

Illés Erzsébet: A Vénusz bolygó meglepetései
Föld és Ég 79/11, 328-333. old., 1979. nov.
Online: Oktatási segédanyagként.
ELTE TTK Planetológiai Kör – <http://planetologia.elte.hu>
Digitalizálás: MTA Konkoly-Thege Miklós
Csillagászati Kutatóintézet



A Vénusz bolygó meglepetései

A Vénusz a Naprendszer Naptól számított második bolygója. Föld-típusú bolygó, méretei nagyon hasonlóak a mi égitestünkéhez. A Vénusz közepes sugara 6050 km (0,95 földszugár), tömege 0,81 földtömeg, Naptól való távolsága 0,72-szerese a Földének, átlagos sűrűsége $5,25 \text{ g/cm}^3$.

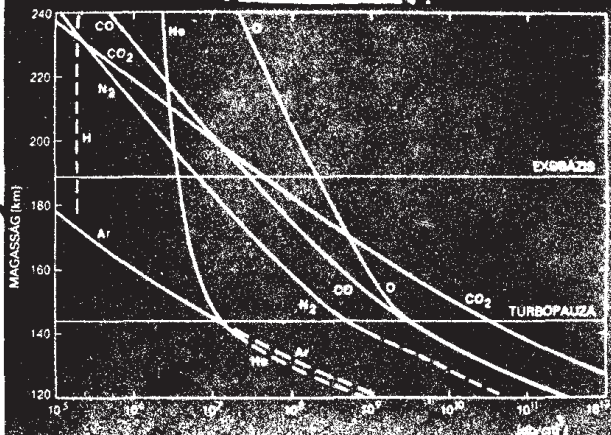
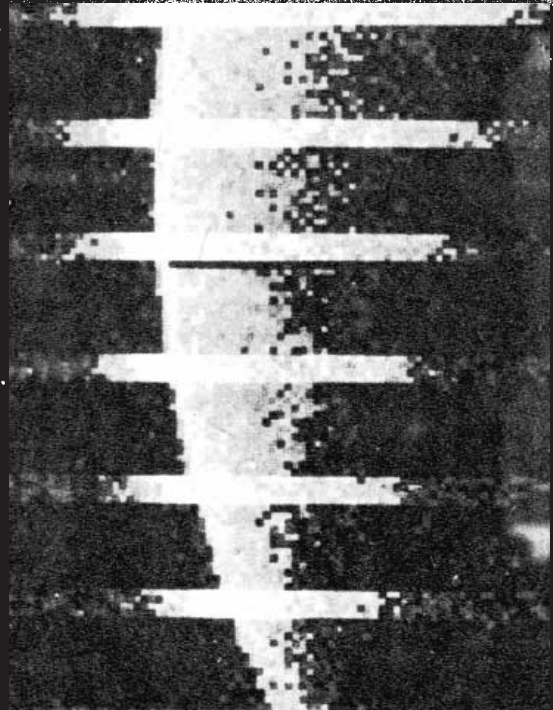
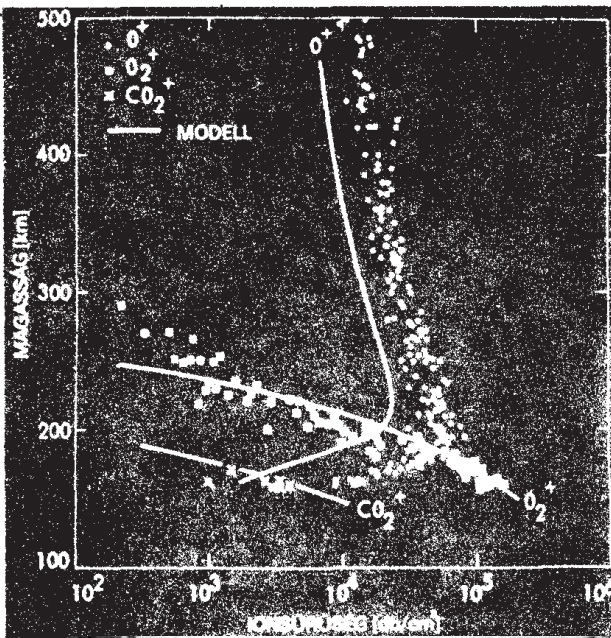
Csillagászati mérésekből a felszínére és a légkörére vonatkozóan meglehetősen kevés adatot sikerült összegyűjteni, mert a légkört vastag felhőtakaró koronázza, amely nem teszi lehetővé az „átlátást”. A Vénuszhoz indított űrszondák révén sikerült sok új ismeretet és részletet megtudni a légkörről, a felhőről, a bolygó körüli mágneses viszonyokról és a felszín alakzatairól is. A felszín vizsgálatában a földi radarcsillagászat is igen aktívan részt vesz, különösen az utóbbi években (1975–77.).

A Vénusz légköre a bolygóhoz viszonyítva százszor nagyobb tömegű, mint a Földé (10^{-4} vénusztömeg, míg a Földé 10^{-6} földtömeg). A bolygó fényes felhőinek fényvisszaverő tulajdonsága és az alattuk lévő sűrű levegőben történő elnyelődés miatt a beeső napsugárzásnak csak két százaléka éri el a felszínt, de az üvegházhatás következtében nagyon magas (750 K) hőmérséklet alakult ki. Ilyen hőmérsékleten minden vörösen izzik, éjjel még a legsötétebb völgyben is olvasni lehetne, olyan világos van. Természetesen így minden víz elpárolgott, ha volt is valaha a Vénuszon. A hőmérséklet az egész bolygó felszínén majdnem azonos, az éjszakai és nappali oldal közötti hőmérsékletkülönbség nem haladja meg az egy fokot.

1. ábra. A Vénusz-ionoszféra fő összetevőinek sűrűsége a magasság függvényében

2. ábra. A Pioneer-Venus-1 Vénusz-műhold UV-spektrométerének mérése: a vízszintes sávok (hidrogén vonal) jól mutatják a Vénusz hidrogén koronájának létét a felsőlégkör ionizált oxigénzónájához (korong) képest

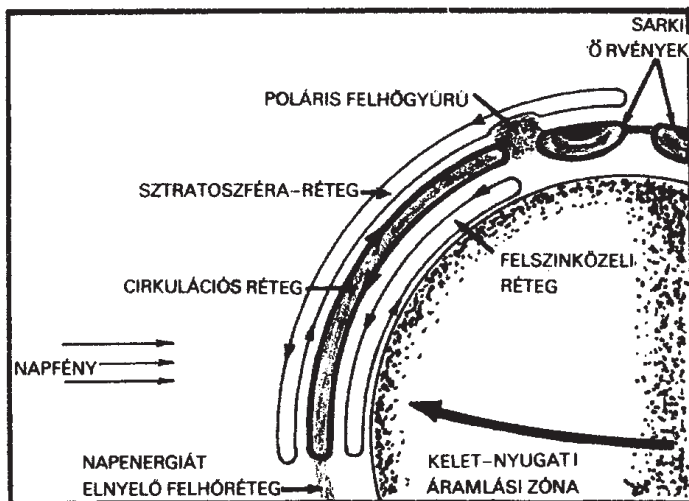
3. ábra. A Vénusz felsőlégkörének összetevői a Pioneer-Venus mérések alapján.



A Vénusz ionoszférája

Az ultraibolya sugárzás a Vénusz felsőlégkörében is ionizálja az atomokat, létrehozva a bolygó *nappali ionoszféráját*. A 145 km-es magasságban, ahol a maximális ionsűrűség található, a leggyakoribb ion a molekuláris oxigén ionja, míg nagyobb magasságokban az atomi oxigén ionja dominál (1. ábra).

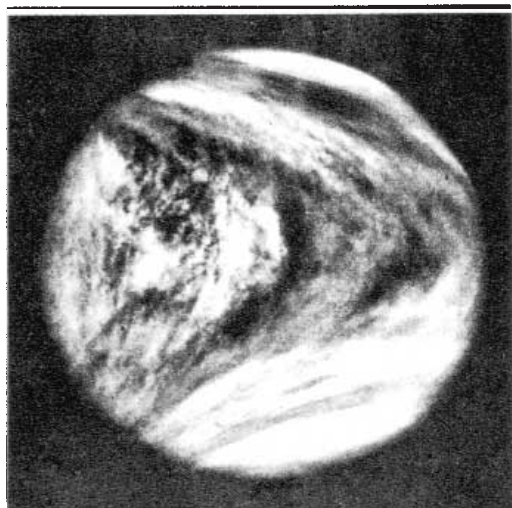
Miután a Vénusznak nincsen saját mágneses tere, ami megvédje légkörét a napszél közvetlen bombázásától, a napszél közvetlenül a légkörrel, illetve annak ionoszférájával kerül kölcsönhatásba. A napszél egy jól meghatározott határ, az ún. *ionopauza* alá szorítja a Vénusz ionoszféráját. E határnak a bolygó felszínétől való távolsága a napszél erősségének függvényében változik. Nagy napaktivitás idején, mikor a napszél sebessége elérte az 500 km/s-ot, 250 km magasságra szorult be az ionopau-



4/a. ábra. A Vénusz légkörének cirkulációs modellje



a Földön, a kripton kétszázszor kevesebb, míg a hélium néhány ezerszer több. *Vizből* is lényegesen kevesebb van, a Föld vízkészlete három km vastagon borítaná be egyenletesen bolygónkat, a Vénuszé csak bokáig. Az egyes elemek izotópjai is különböző mennyiségben vannak képviselve. A Vénuszon az argon 40-hez képest több az argon 36-os izotópjá mint a Földön (a Marson viszont kevesebb). Ez a mérési eredmény vagy arra enged következtetni, hogy az eredeti szoláris ködben, melyből a Naprendszer kialakult, kifelé csökkent az argontartalom (pedig az ellenkezőjét várnánk, mivel a Nap szele a gázokat kifújja); vagy arra, hogy az elemek eloszlása az ősködben nem volt egyenletes.



4/b. ábra. A Vénusz ultraibolya képe 1979. február 19-én; a Pioneer-Venus-1 felvétele

za; míg fele akkora napszélsebességnél 1500 km-re is eltávolodhat a bolygó felszínétől.

Meglepő megfigyelést továbbított a Pioneer-Venus magnetométere: az *ionoszféra alatt mágneses tér jelenlétét mutatta ki*. Valószínűleg a napszél által hozott bolygóközi mágneses tér valahogyan mégis behatol az ionopauza mögé. Hogy hogyan, az még magyarázatra szorul.

A Vénusz légköre

A Vénusz légköre 96,5%-ban *széndioxidból* áll, e mellett nitrogént (3,5%) és nemesgázokat (0,01%), klórt, ként és kénvegyületet tartalmaz (3. ábra). A bolygók fejlődésének különbözőségére vagy azonosságára utalhat a kisebb összetevők aránya, ezért érdemes megnézni, hogy a nemesgázokból mennyi található a Vénuszon. A neon tízszer kevesebb mint

A Vénusz felhői

A felhők nagyon egyenletesen borítják be az egész bolygót. *A napkorong a Vénusz felszínéről nem látható*: már 63–67 km-es magasságban eltűnt a lezálló műszerek „szeme” előtt. A felhők a látható tartományban egyenletesen fényesek, csak ultraibolya fényben lehet szerkezetet látni: ekkor sötétebb és fényesebb alakzatok tűnnek fel. A sötét helyeken valószínűleg az elemi kén nyeli el az ultraibolya sugárzást.

Az UV-képeken látható fekvő V, illetve Y alakú fényesebb sávok közé ágyazott sötét alakzatok (4/b ábra) olyan benyomást keltenek a szemlélőben, mint egy folyón felfelé haladó hajó által keltett V alakú hullámfront. A pólusok körül mintegy torlódnak ezek a hullámok, egy vastag, sokkal magasabbra feltornyosuló, hidegebb, gyűrű alakú felhőréteget hozva létre, amely az ibolyántúli fényben tízszer fényesebb, mint a legfényesebb felhőelemek

másutt. A sarkokon egy körülbelül ezer km átmérőjű felhőmentes lyuk van, mely leszálló mozgásokra enged következtetni.

A Venyerák méréseiből tudjuk, hogy a felhők nappal magasabban vannak és hidegebbek, éjszaka alacsonyabban helyezkednek el és melegebbek. A mérések négy felhőréteget különböztettek meg, a 32–70 km magassághatárok között (5. ábra). Valószínűleg mindegyik kénsavcseppecskékből és tiszta kénkristályokból áll, csak a részecskék mérete változik egyik rétegről a másikra. Igazából nem is felhők ezek a szó földi értelmében, hanem inkább olyanok mint a nagyvárosok fölött télen kialakuló füstköd, néhány kilométer láthatósággal. A felhőrétegek alatt a Venyerák leszállás közben további rétegeket találtak, 14–17 és 5–10 km környékén, míg a Pioneer-Venus leszálló szondák nagyon tisztának látták a levegőt. Nagyon valószínű, hogy ezek az alsó rétegek nem mindig léteznek, tudnillik az őket alkotó „anyag” lehullik belőlük a felszínre, úgy mint az eső. Nemcsak ez utal időbeli változásokra, hanem a sötét Y alakzatok sem mindig ugyanúgy jelentkeznek.

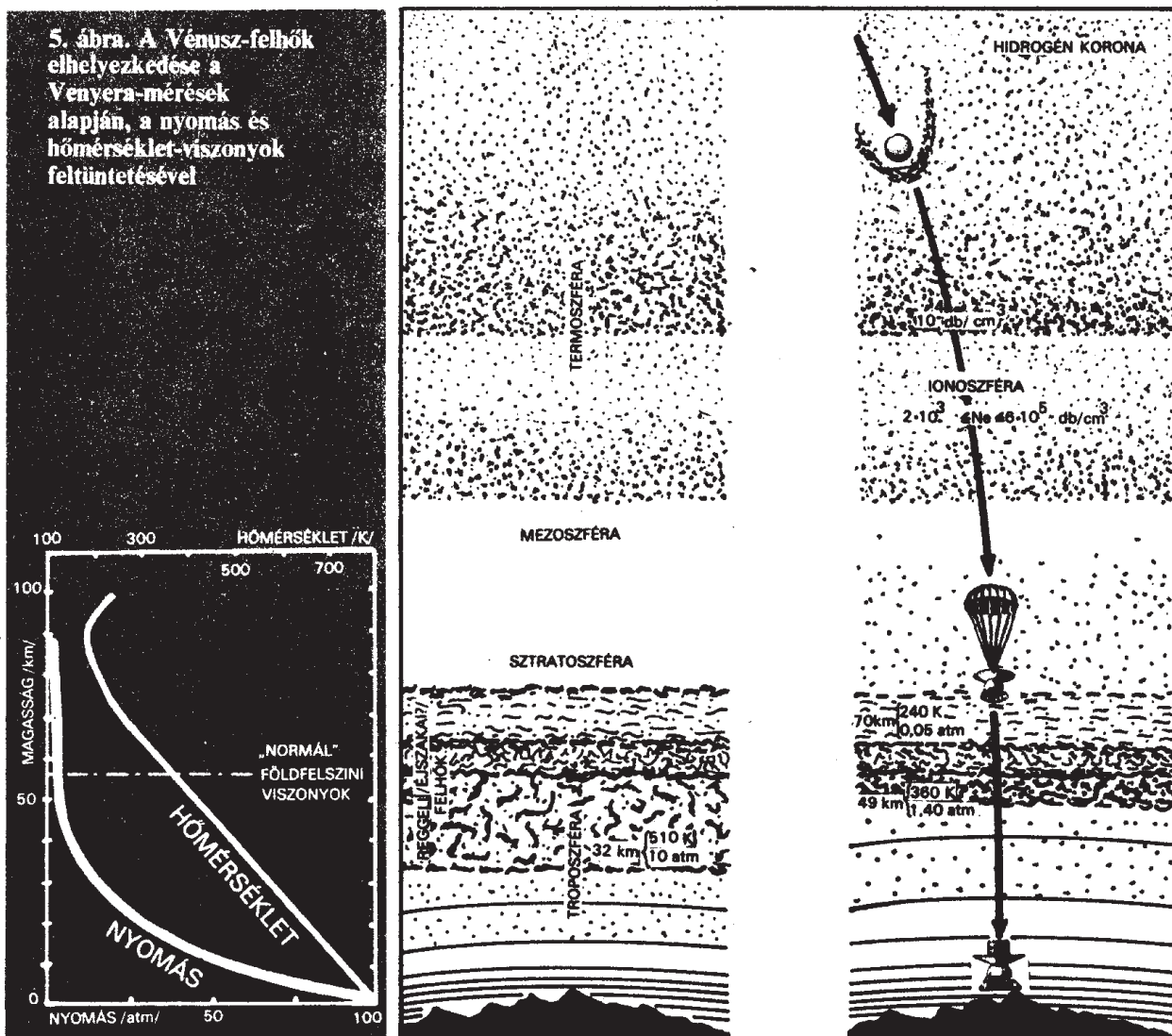
Az egyes felhőrétegekről (5. ábra) a következők ismeretesek: az 58 km felett elhelyezkedő legfelső felhőréteg néhány km vastag, és kis, 1–1,3 μm -es méretű, valószínűleg kénsavcseppecskékből áll. Fellette egy vékony páráréteg található.

Alatta harmadára csökken a sűrűség, bár a cseppecskék nagyobbak lesznek és 10–20 μm -es szilárd magocskák (valószínűleg kénkristályok) is megjelennek. Ebben az 52 km-ig terjedő rétegben konvekciót figyeltek meg, mely magyarázatul szolgálhat arra, hogy a felhőrétegek miért ilyen éles határral érnek véget, és köztük miért van vékony részecske-mentes réteg.

49–52 km között található a harmadik, legsűrűbb felhőréteg, melyben egy km-nél nem nagyobb a láthatóság. Vastagságában a Vénusz felhőzete csak itt hasonlítható össze a földivel, a többi réteg olyan mint a híg füstköd.

49–32 km között található a negyedik felhőréteg. Itt néhány cseppecskét regisztráltak csupán, míg 32 km alatt a Pioneer-Venus légkörszondák műszerei egyetlen részecskét sem észleltek.

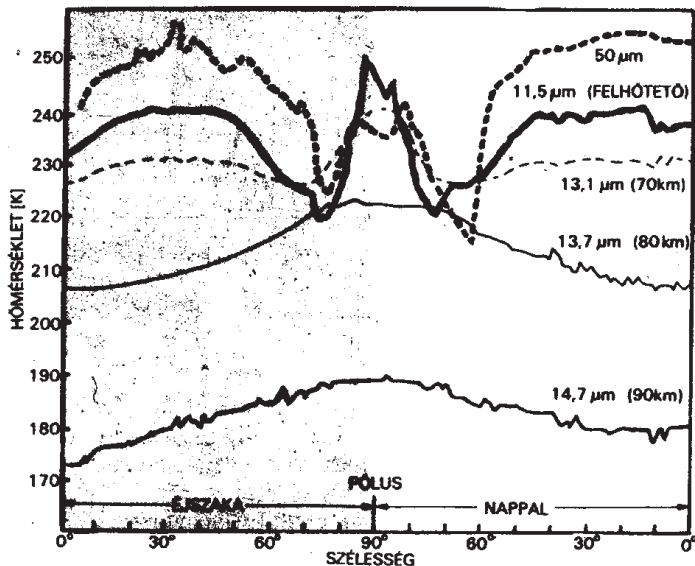
5. ábra. A Vénusz-felhők elhelyezkedése a Venyera-mérések alapján, a nyomás és hőmérséklet-viszonyok feltüntetésével



A Vénusz időjárási gépezete

Mivel a hőeloszlás egyenletes a bolygó felszínén, a tengelyhajlás hiánya miatt a Vénuszon nincsenek évszakok, nincsenek felhőmentes és felhővel borított területek közti besugárzási különbségek, a Vénusz időjárása rendkívül egyszerűnek tűnik. Légköri modelljeink kipróbálása a Vénusz extrém feltételei között minden bizonnyal segíteni fogja a földi légköri folyamatok megértését is. *A Vénusz felhőinek fő összetevője a kén.* Nem teljesen tisztázott még, hogyan került a légkörbe, bár minden valószínűség szerint vulkáni tevékenység révén. Miután a Vénuszon nem esik víz-eső, mely a Földön azonnal visszamossa a tengerekbe a vulkánokból kikerült halogéneket, így ezek a Vénusz légkörében felhalmozódnak. A földi vízkörforgáshoz hasonlóan a Vénuszon a kén körforgásáról beszélhetünk, bár nem értjük még teljesen e körforgás minden láncszemét.

A felhők felett – valószínűleg az ultraibolya sugárzás hatására – a kénsavcseppecskékből elemi



6/a. ábra. A Vénusz légkörének hőmérsékleteloszlása különböző magasságokban, a vénuszrajzi szélesség függvényében (egy, az egyenlítőtől a sarkon át az egyenlítőig futó fél délkör mentén)

kén, vízgőz, atomi oxigén és szénmonoxid keletkezik. A nagy kénrészecskék lassan ülepednek, 52 km környékén kezdenek elpárologni, majd 49 km környékén a maradék megolvad. Ez utóbbi képezne a legalsó ködréteget. A kénsavcseppecskék a 70–58 km közötti sávból szintén lassan haladnak lefelé, vízre és SO_3 -ra bomlanak, közben méretük egyre csökken. Majd H_2O -val, SO_2 -vel és SO_3 -al találkozáva képezik a harmadik, legsűrűbb felhőréteget, mely hígított kénsavból, kénsavból áll és 0,2% vízgőzt tartalmaz. A 30 μm -nél nagyobb részecskék mérete a második és harmadik felhőrétegben megközelíti az esőcseppek méretét. A harmadik felhőrétegen

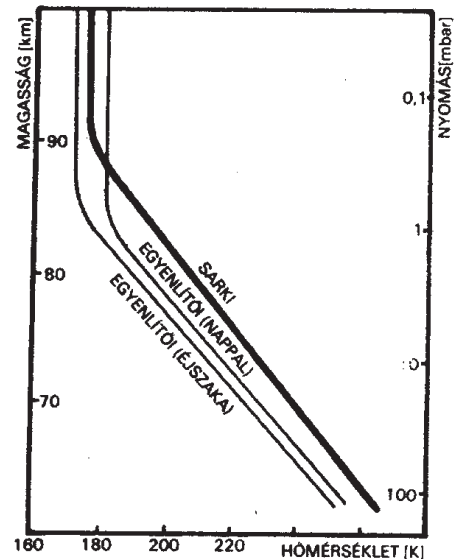
VENUSZ '79



való átesés közben összetapadás révén még nagyobbak válhatnak, és csapadékot képezhetnek. Így módon időbeli változások sem kizártak a felhőrétegek sűrűségében.

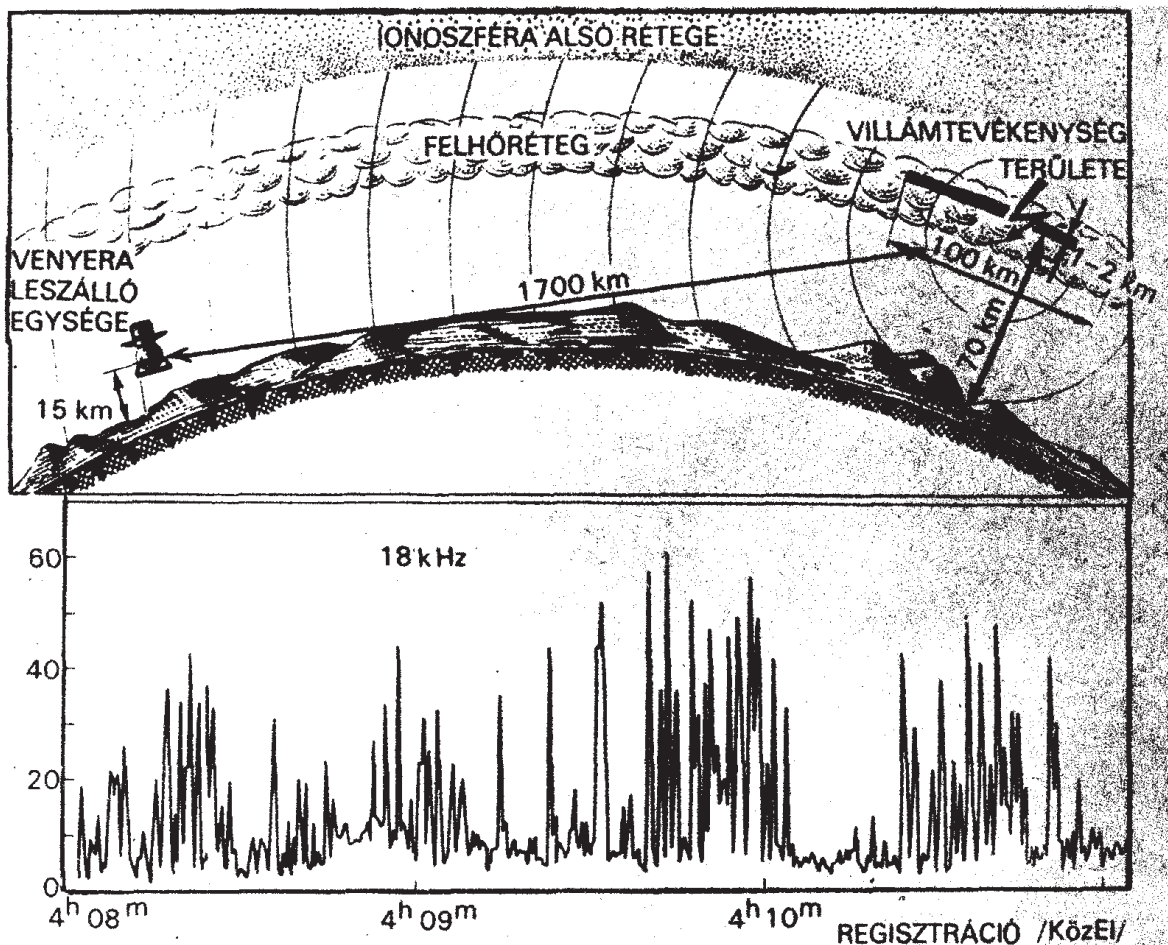
Villámok a Vénusz légkörében

Elég váratlan felfedezés volt a villámok léte a Vénusz légkörében. A tudósok egyáltalán nem számítottak olyan légköri jelenségekre, mint a földi zivatar. Pedig voltak már korábban is furcsa megfigyelések, melyekből egyesek zivatar-tevékenységre következtettek. Néha például a Vénusz éjszakai korongja gyengén világít. Kozirev 1954-ben meg volt győződve, hogy egy villám spektrogramját sikerült észlelni. 1975-ben a Venyera-9, -10 műszerei szintén láttak villámot a bolygó éjszakai oldalán, de az igen halvány volt, így kizárták tünet, hogy az



6/b. ábra. A Vénusz légkörének hőmérséklete a magasság függvényében, a sarkon, illetve az egyenlítő vidékén.

ilyen erősségű villám a Földről látható legyen. A Földön egy-egy villám által felszabadított energia átlagosan 300 kWh, és másodpercenként száz villámmal lehet számolni. Ha a Vénuszon ezerszer nagyobb a villámok által felszabadított energia, akkor várható, hogy fénylésük a Földről is megfigyelhető. *A Venyera-12 rádióvevője leszállás közben két alkalommal észlelt impulzussorozatokat.* A felszínhez közeledve a rádió zaj egyre gyengült, majd a felszínen a vevő saját zajának a szintjére csökkent. A leszállás utáni 32. percben ismét nagyerejű impulzussorozat érkezett be, mely már csakis villámmal volt magyarázható.



A Vénusz légkörének felépítése (felül) és elektromosérzékeny detektorjának regisztrátuma

A Venyera-11, -12 adatainak kiértékelése azt mutatja, hogy a 10–100 kHz frekvenciasávban néhány ezer rövid impulzust regisztráltak, melyek 50–60 másodpercenként csoportosultak. Földi méretű villámot feltételezve a villámok keletkezésének magassága 70 km-nek adódott, ami körülbelül a felhők magassága. A villámlás 100 km-nél nem szélesebb és 1–2 km-nél nem vastagabb rétegből jöhetett, tehát nem egyenletesen elszórt forrás, hanem nagyon is *lokális zivatar okozta a villámtevékenységet*, éppúgy mint a Földön (7. ábra).

Lehetséges, hogy – ha a zivatar nagy területet foglal el – a gyakori villámlás okozta kifényesedés a Földről is megfigyelhető. Így tehát a korai megfigyelések valóban magyarázhatók villámlással is.

A légkör fénylése a Vénusz felszínének közelében

A Pioneer-Venus leszálló szondákon elhelyezett infravörös érzékelők a felhőréteg alá érve, az éjszakai oldalán, a felszínhez közeledve egyre erősebb sugárzást észleltek. Annyira irreálisnak tűnt ez a mé-

resi eredmény a NASA kutatói számára, hogy nem is merték komolyan venni, amíg újabb kontrollnak nem vetik alá. A villámlás nem magyarázza meg a felszín felé növekvő fényesedést, mert abban az esetben éppen intenzitáscsökkenést kellett volna tapasztalni. Valószínűbb valamilyen, a légkörben gyakori kénnel kapcsolatos fotokémiai folyamat, vagy a talaj izzása a magas felszíni hőmérséklet miatt.

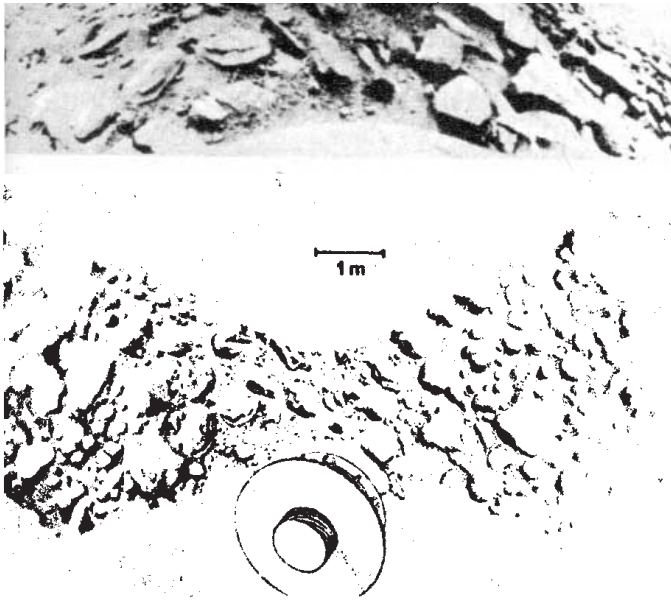
A Vénusz felszíne

Mivel a Vénusz mindig sűrű felhőbe burkolódik, felszíni alakzatairól régebben semmit sem sikerült megtudni, annak ellenére hogy tizenöt űrszonda megközelítette, sőt négy a felszínére is eljutott. A különböző Venyera szondák méréseiből meg lehetett állapítani, hogy léteznek *magaslatok*, s a panorámaképeken látható *szikladarabok* is utalnak a hegyek létére (8. ábra). A bolygó felszínének a megismerését a radartérképezés tette lehetővé, mégpedig két forrásból. Egyrészt sikerült a földi rádiótávcsövekkel a felbontást 1975-re tíz, majd 1977-re öt km-re javítani, és a Vénusz földközelségét kihasználva feltérképezni a felénk forduló félgömböt a



+50° és -70° szélességek között. Másrészt a *Pioneer-Venus-1* altimétere folyamatosan méri a holdacska felszín feletti magasságát (vénuzközelben felbontása kb. 100 m). Ilyen módon *folyamatosan a felszín 90%-át térképezi fel*. A kétféle adatsor összevetéséből áll elő a Vénusz felszínének reliefje.

Kráterekre és medencékre utaló kisebb-nagyobb kör alakú struktúrákat fedeztek fel a képeken, köztük 160–280 km átmérőjűeket is. A talált 16 kör alakú alakzat 70%-ának van *központi csúcsa* (a Mars és a Merkúr hasonló méretű krátereinek 80%-ánál találtak központi csúcsot, és ez elég jó



8. ábra. A *Venyera-9* panorámaképe és a központi csúcsú „kiterítés”

egyezésnek mondható.) A radarmérésekből úgy tűnik, hogy a kráterek alját *porréteg* borítja.

Medenceszerű alakzatok is felismerhetők a térképeken, melyeknek szintje alacsonyabban helyezkedik el, mint a környezet. Ezek a nagy alakzatok valószínűleg ugyanakkor keletkeztek, mint a Hold tengerei, a Merkúr Caloris medencéje, a Mars Argyre medencéje, és a Voyager által a Calliston talált koncentrikus gyűrűrendszer. Azt hihetnénk, hogy a Vénusz sűrű légkörében minden becsapódó test elég, mire a felszínig ér. Hogyan lehetnek mégis kráterek, medencék a felszínén? Legalább 10^{11} g tömegű kell, hogy legyen egy test, amely nem ég el teljesen a Vénusz légkörében, tehát százezerszer akkora, mint a Földre eső átlagos tűzgömbök. Ilyen nagy test ritka manapság, de nem volt az néhány milliárd évvel ezelőtt. Valószínűbb, hogy a nyomok valóban a távoli múltból maradtak itt, s esetleg a Vénusz légköre akkor még nem is volt ilyen sűrű.

A legelső, gyenge felbontású radartérképeken *Alfának* nevezett objektumról a nagyobb felbontás után kiderült, hogy mintegy *1300 km átmérőjű, kör alakú képződmény*, amelyet sok párhuzamos lineáris alakzat alkot. A „redők” néhány száz kilométer hosszán követhetők, és körülbelül 20 km távolságra

vannak egymástól. A Földön nem nagyon van hasonló alakzat, legfeljebb az Appalache-hegység párhuzamos gerince. A terület közepén lévő sötét rész egy nagy vulkán lehet (B/II. felső képe).

Az Alfától nyugatra két, egymást átfedő, kör alakú, *800 km átmérőjű alakzat* maradványait találták. Töle délre néhol 1000 km hosszan is elnyúló szabálytalan alakú, durva felületű alakzatok láthatók. Az Alfától délre 280 km átmérőjű kráter helyezkedik el közepén fényes területtel, mely *központi csúcsot* sejtet, mint a Hold beütéses krátereinek központi csúcsai.

A *Bétának* nevezett területről kiderült, hogy 10 km magas, 500 km átmérőjű, nagyjából kör alakú fényes terület egy sötét centrális alakzattal. Sugarak és egy 500 km hosszú, vékony, durva felületű fényes „nyelv” nyúlik ki belőle. Valószínűleg ebben a képződményben a *Vénusznak egy hatalmas vulkánját találtuk meg*, ahol a sugarak a lávakifolyások, a sötét folt a kaldera, és a keskeny alakzat dél felé egy repedésrendszer.

A radartérképeken egy, még a Marsénál is nagyobb *kanyon* körvonalai bontakoztak ki, amely K–Ny irányban 1400 km hosszan nyúlik el, és mélysége helyenként a 7 km-t is eléri. A kanyont 50–80 km-enként egy-egy keresztvonal szakítja meg, hasonlóan a földi repedésrendszerek keresztvetődéseihez.

A legizgalmasabb felszíni képződmény, amit eddig találtak a Vénuszon, az *két, 1000 km hosszú, párhuzamos, iv alakú gerinc* az egyenlítő északi oldalán. A déli gerinc mintegy 2 km magas, és a két ív 20 km távolságra van egymástól (B/II. alsó képe). A *Nagy Északi Platónak* nevezett alakzat mintegy 3–5 km-rel magasabb, mint a környezete, mellette a *Maxwellről elnevezett terület* még a platónál is magasabb, kb. 8 km-rel (B/III. képei). Nehéz elképzelni, hogy ennél magasabb hegységet elbír-e még a Vénusz kerge.

A Vénusz felszínének anyagát a *Venyera* szondák méréseiből ismerjük. *A fizikai feltételek a felszínen eléggé állandóak* (alig 1° a napi hőmérsékletváltozás, csapadék földi értelemben nincs, a szél gyenge), erózió hiányában a felszíni alakzatok nem sokat változnak hosszú időn keresztül sem. A felszínt kormoszerű por borítja. A *Venyera-9* és a *Pioneer-Venus-2* leszállásakor felferődött a por, de néhány percen belül már teljesen el is ült. Az anyaga leginkább a *bazalt* tulajdonságaira emlékeztet. A légkör tisztasága a felszín közelében arra utal, hogy a por nem emelkedik fel a levegőbe, hanem a felszínen marad.

Venyerák panorámaképein látható kövek, a vulkánok, repedések és a nagy kanyon létéről arra kell következtetni, hogy *tektonikus* mozgások vannak: a Vénusz belseje a Földéhez hasonlóan aktív, ellenében a Holddal, a Marssal és a Merkúrral.