

A páralepte óriáshold

Naprendszerünk második legnagyobb holdja, a Szaturnusz körül keringő Titan, igazi kutatni való csemege mind a hivatásos csillagászok, mind a lehetőségeiket feszegető amatőrök számára. Cikkünkben rövid áttekintést adunk a különleges holdon megfigyelhető alakzatok és jelenségek természetéről, majd az első magyar amatőr Titan-korongszeléseket mutatjuk be.

A Merkúrét is meghaladó, 5150 km átmérőjű, szilikát magra rakódó jeges köpenyt és kérget tartalmazó Titan egyedülálló a Naprendszer holdjai között: vastag légkörre van! Az 5–600 km magasra emelkedő légkör 1,5 atmoszféra nyomással nehezedik a hold jeges felszínére. Összetétele 98% nitrogén, 1,6% metán és kevés molekuláris hidrogén. A légkör jellegzetesen narancsos-barna színű, ami már a kisebb távcsövekben is feltűnően látszik, és eltakarja előlünk a hold felszínét.

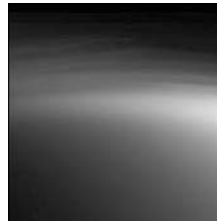
Ezért a narancssárga lepelért a sztratoszférában (50–300 km) található sűrű színes jégpáraréteg felelős. A fő páraréteg 100–210 km között húzódik. Keletkezését tekintve fotokemikus szmog. A Titan légkörében található metán és nitrogénmolekulák a nap ultraibolya sugárzása, és a napszél töltött részecskéi hatására gyökökre bomlanak ill.



Név	Észl.	Műszer
Haisch László	1r	20 L
Hegyi Márton	1r	19 T
Keöves Péter	1r	20 T
Kiss Áron Keve	6r	25,4 T
Mayer Márton	2r	20 L
Szabó András	1r	19 T
Szél Kristóf	1r	25,4 T

ionizálódnak. A gyökökből és ionokból fotokémiai reakciók során rövidebb szénláncú, nyílt telítetlen vagy aromás nitrogéntartalmú szénhidrogének, ún. tholinok jönnek létre. Ezek az Urey–Miller-kísérlet szerint földi laboratóriumban is legyárthatók, vizsgálhatók. A Titan légkörében ennél még összetettebb policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) is létrejöhetnek. A tholin és PAH molekulák fagyott halmazállapotú párákat alkotnak, beszínezve a hold légkörét, és átlátszatlanul eltakarva felszínét. Szerencsénkre azonban a sztratoszféra fölött is akad látnivaló!

A mezoszféra (300–600 km) különböző elvált magaslégköri párarétegeknek ad otthont. Az alacsonyan ülő (300 km), sötét, barnás, tholintartalmú elvált párák sötét

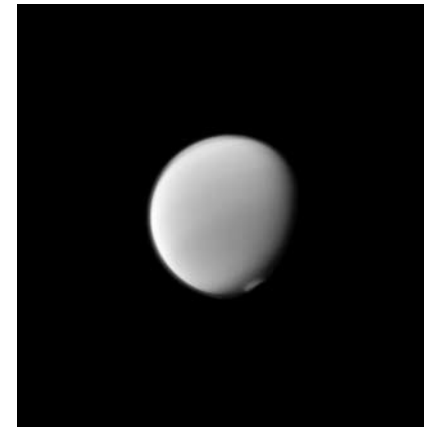


Világos, elvált párarétegek a Titan mezoszférájában. Alul a troposzféra sűrű párája látszik (Cassini-felvétel, NASA)

Az északi (felső) pólussapkán és az északi féltekén ülő téli csuklya. Sötét, magasan ülő párarétegek. A kép a tavaszi napforduló előtt ábrázolja az északi féltekét (a Cassini-űrszonda felvétele, NASA)

alakzatokat hozhatnak létre, pl. poláris csuklyákat és gallérokat. A többrétegű, magasabban fekvő, 500 km-en legsűrűbb elvált párarétegek világosak, kékesek, feltehetően vízjég alkotja őket. A Cassini oldalnézeti képein ezek rendkívül látványosak. Finom fényes poláris csuklyákat, sávokat hozhatnak létre. Különleges jelenség a két éve látható déli poláris örvény, mely a sztratoszféra fölül nyúló sűrűbb, világos felhőkből áll.

A mezoszféra alakzatai érdekes évszakos változásokat mutatnak. Az északi póluson 2009-ig tél volt. Ekkor az északi pólusrégiót széles, messze délre leérő sötét poláris csuklya borította. Az északi félteke 2009-es tavaszi napfordulója után a sötét csuklya lassan eloszlott, helyette világos magaslégköri sapkát lehetett többször megfigyelni. Az északi pólus alatt sötét gallér is előfordult. A télbe forduló déli póluson ugyanakkor megjelent az apró, de igen látványos poláris örvény, mely a mezoszférába nyúló világos felhőktől feltűnő a Cassini képein.

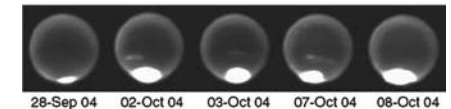


Az északi félteke világos sapkája (fent) és az apró világos déli poláris örvény (lent). A Cassini-szonda felvétele a metán 889 nm-es sávjában készült (NASA)

A Titan sztratoszférájának tholinpárája elzárja szemünk elől az alsóbb troposzférát és a felszínt. A bolygó spektruma erősen vörös felé tolódott, a metán jellegzetes elnyelési sávjaitól csipkézett. A metán miatt 619 és 735 nm-en is van egy-egy elnyelési sáv, a legerő-

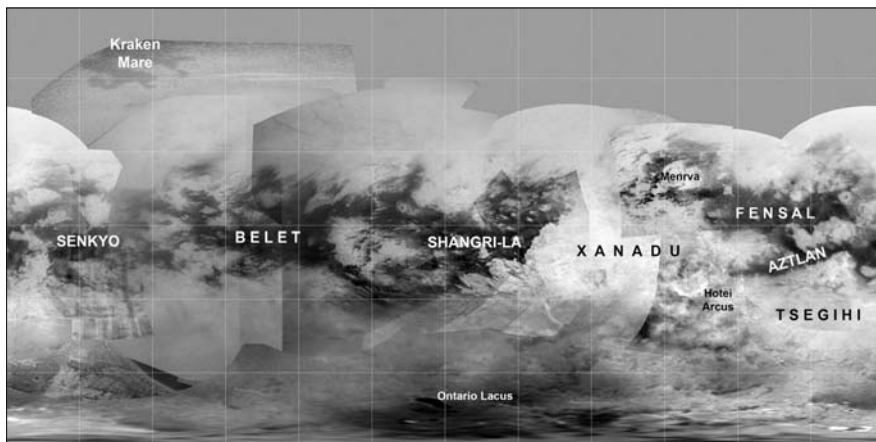
sebb természetesen a 889 nm-es metánsáv. Ezeken a hullámhosszakon a fényt elnyelő felsőlégköri metán miatt sötét a korong. Az infravörös tartományban azonban több ablakban is átlátszóvá válik a légkör. Ez lehetőséget teremt a troposzféra és a felszín tanulmányozására! A legkedvezőbb ablak 939 nm-en van, de közelebbi, amatőr eszközökkel is elérhető ablakok is vannak: Míg a 740 nm-es metánsávban csak a mezoszféra magas felhői vizsgálhatók, 794 nm-en már a troposzféra sűrű felhői és a felszín is kezd előbukkanni.

Az 50 km alatti troposzféra sűrű, fehér, világos metánfelhőket hordoz 15–30 km magasságban, melyek átlagosan a felszín 1%-át borítják. A felhők lehetnek egyenlítő környékiek, vagy polárisak is. A felhők mozgási sebessége (34 m/s) alapján feltételezik, hogy a felhőzet kb. 5–6 napos periódussal forgásirányban szuperrotálhat az egyébként 16 napos forgási idejű felszín fölött. A pólusok fölött nagyobb kiterjedésű, magasabban fekvő (44 km) etánfelhők is kialakulhatnak, melyek nagy méretet is elérhetnek (a felszín 8%-a). Ilyen jelenség volt például a 2004 szeptemberében és októberében jelentkező, egy hónapig tartó déli poláris felhőkiterítés. Oka feltehetően a melegebb déli pólus szénhidrogén-tavaiból eredő kipárolgás.



A déli poláris felhőkiterítés 2004 októberében. Sűrű, világos, alacsony troposzférikus felhők a tholinpára alatt, a pólus felett. Keck-távcső, adaptív optikák, H₂ szűrő (2140 nm)

A Titan felszíne nagyobb skálán nézve is feltűnő albedóalakzatokat hordoz. Az egyenlítőn a világos jeges alapfelszínen nagy sötét foltokból álló alakzatsor fut végig (Senkyo, Belet, Shangri-La, Fensal, Aztlan). Ezek párhuzamos sorokba rendeződött homokdűnék vidékei, talán fagyott, összeállt szénhidrogén- és szmogrészecskékből állnak. Egy igen világos alakzat is elnyúlik az egyenlítőn: a Xanadu. Összetört, árkolt felszíne talán

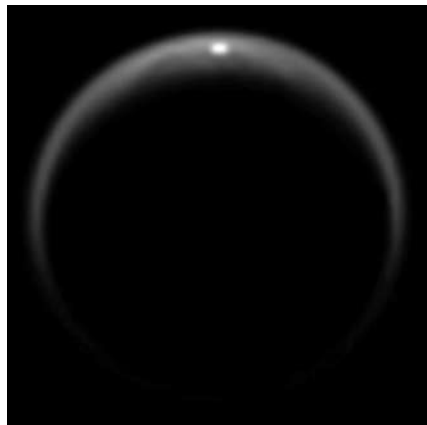


A Titan felszínének albedótérképe (Cassini-szonda, 939 nm-es felhőablak)

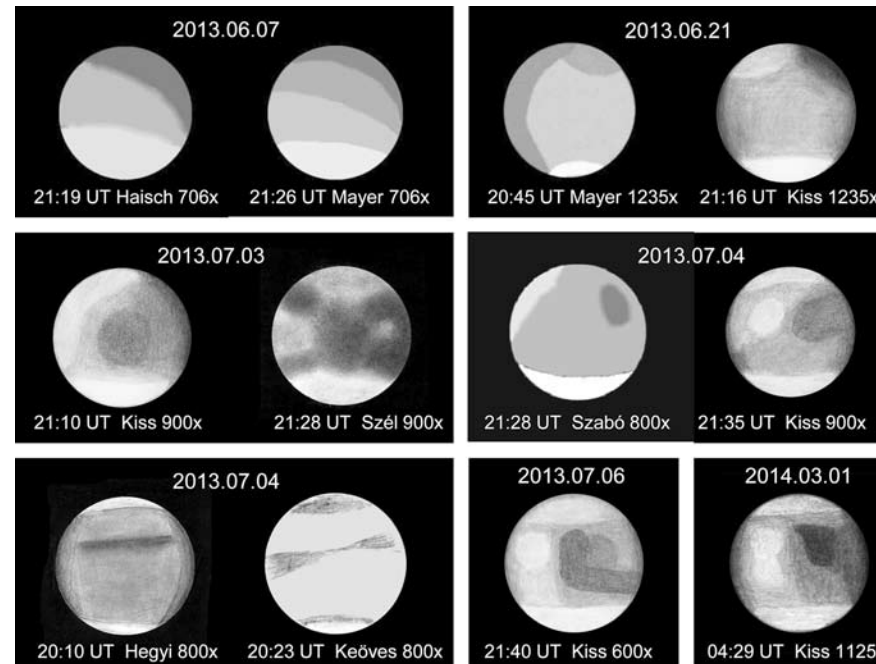
jégtettonikus mozgások eredménye lehet. A világosabb alapszínű mérsékelt és poláris régiókban szénhidrogén (metán, etán) tavak és óceánok sötét mozaikja fekszik. A szénhidrogének rendkívül érdekes körforgása valósul meg itt: a tavakból elpárolgó szénhidrogének troposzférikus felhőket képeznek, melyekből eső hullhat vissza a felszínre. Az eső patakokat, folyókat alkot, melyek visszashállítják a folyékony szénhidrogéneket a tavakba, tengerekbe. A szénhidrogének körforgása így a Titanon a víz földi körforgásához hasonlóan mehet végbe. A Cassini-szonda infravörös felvételei a poláris tavakon megcsillanó napfény szpekuláris reflexiójáról az űrkatatás legszívmelengőbb képei közé tartoznak...

A Titanról amatőr felszereléssel is igen értékes megfigyeléseket végezhetünk. Az apró korongátmérőjű (maximum 0,8–0,85") hold megfigyelésének története nem túl hosszú. Először a katalán Josep Comas i Solà figyelte meg a hold részleteit, kiváló leképezésű 18 cm-es refraktorával 1907-ben. A holdon egy-két halvány, nagyobb skálájú alakzat mellett peremsötétedést figyel meg, melyből – utólag kiderült, helyesen – erősen elnyelő légkör jelenlétére következtetett. Később Dollfus és Lyot rajzoltak finom felhőalakzatokat a Titan korongján a Pic du Midi 60 cm-es refraktorával. Ezeket az észlelése-

ket mások is megerősítették, ugyanezzel a műszerrel. Napjainkban meglepően részletes korongészlelések állnak rendelkezésünkre a HST és a legnagyobb, adaptív optikával felszerelt földi távcsövek nyomán, sokféle hullámhosszon. A Titan korongját amatőrök kisebb távcsövekkel (25–30 cm) több ízben is sikeresen felbontották. Rendszeres, esetleges alakzatokat feltáró észlelések azonban még nem állnak rendelkezésre.



A Jingpo Lacus felszínén megcsillanó napfény a Cassini-szonda felvételén, 2009. július 8-án (NASA/JPL/University of Arizona/DLR)



Hazai Titan-észlelések 2013-ból és 2014 elejéről. Észak lefelé, a planetografikus nyugat jobbra van

Ennek fényében is izgalmas és tanulságos áttekinteni az első hazai korongészleléseket. A Titan korongjáról hazánkban először Haisch László és Mayer Márton készített alakzatokat is rögzítő észlelést a Polaris csillagvizsgáló 20 cm-es refraktorával, 2013. június 7-én. A szimultán észlelés során 706x-os nagyításon megfigyelt apró narancssárga korong északi pólusvidéke világosabb volt, míg a déli pólus felé fokozatosan sötétedett. Június 21-én Kiss és Mayer végzett szimultán észlelést szintén a Polarisból, 1235x-ös nagyításon. A világos északi csuklya és egy sötét délnyugati folt egyezik az észleléseken, a délkeleti perem mentén különbségek vannak. A februári Nagy-Hideg-hegyi csillagásztábor sikeres korongbontásait követően a júliusi tarjáni ifjúsági táborban többször is távcsővegre került az apró hold. A 20-25 cm-es műszerekkel, 8–900x-os nagyításon megfigyelt holdlégkör nem szűkülőködött alakzatokban. Ebben az időszakban a fényes

északi poláris csuklya látványosan megfigyelhető volt, minden észlelésen szerepel. A látványt egy félmondat kitűnően illusztrálja: Tardos Zoltán 25 cm-es Newtonjával beállítottuk a Titant 900x-os nagyításon, hogy lerajzoljuk. Észlelőnk mindenféle szűrő nélkül egy pillanatra belenézett távcsővébe. Öt másodpercnyi minimális szemszoktatás után csak ennyit mondott: „Te, ennek az alja világos.” A korongon látott többi alakzat jóval halványabb és bizonytalanabb volt. A kontrasztviszonyok összességében az Uránusz és Neptunusz alacsony kontrasztú felhőalakzataihoz hasonlítottuk. Július 3-án Szél Kristóf és Kiss végeztek szimultán észlelést. A korong közepén kerek sötét folt ült, melyet Szel őrvény alakúnak, tekeredőnek látott. A keleti perem mentén világos foltok terpeszkedtek. Július 4-én a déli pólus is enyhén világosabb volt, és sávszerű, rézsútos sötét folt sejtett a déli trópusi övben. Július 6-án Kiss a déli pólust is enyhén világosnak ész-

lelte, a nyugati perem felől pedig egy felfelé görbülő sötét felhősávot látott. Július 16-án a Pizskés-tetői 1 m-es RCC távcsövel Kissnek sikerült pár percre megfigyelnie a holdat, mielőtt elnyelték volna a felhők. Az északi fényes csuklya rendkívül plasztikus látványt mutatott: a narancsos alapon kékesfehéren világító sapka alsó határa mintha kettős, cirruszerű sávval végződött volna, és a sapka sarkai enyhén túlnyúlni látszottak oldalra, a kisebbnek tűnő narancs korongon. A 2014-es év első észlelésén, februárban Kiss már nem látta a jellegzetes északi csuklyát. Nagyon halvány északi és déli pólusvilágosodás sejtett csak. A korong nyugati felén finom sötét, a keletin összetett világos foltok látszottak.

A Titanon észlelt alakzatok talán a következőképpen azonosíthatók. A 2013 június-júliusában megfigyelt fényes északi poláris csuklya egy sztratoszféra fölötti, világos, levált páráréteg lehetett. Az 1 m-es távcsövel végzett nagyfelbontású megfigyelésen a csuklya sarka enyhén túllógni látszott a narancs perem peremsötétedésén – a látványba akár a tényleges fizikai leváltság, fölrétegződés is belezátszhatott. A többször észlelt déli pólusvilágosodás is lehet elvált világos páráréteg, a déli pólusra egyre kevésbé látunk rá. Világos alakzatként néhány halvány trópusi folt is előkerült. A sötét alakzatok közül a sávok és pólussötétedések feltételezhetően a mezoszféra alsó részén ülő, elvált, tholintartalmú sötét párák. Ezeknél is izgalmasabbak a sötét, összetett alakú foltok, kanyarodások. Ezek talán szintén magasabban ülő, igen halvány felsőlégköri alakzatok, melyek alakjáról, formálódásáról nagyon keveset tudunk. A hold K-Ny irányú, sötét-világos bipolaritását is többször sejteni lehetett. A Cassini űrszonda felvételein előfordulnak nagyobb, nagyon halvány sötét vagy világos folterületek. Ezek forgása, időbeli változása azonban halványságuk és diffúzóságuk miatt nehezen követhető, és nem ismert.

A fenti összefoglalóból kiderül, hogy a Titan nem csak a hivatásos csillagászok számára lehet rendkívül izgalmas és népszerű célpont. Bár amatőr megfigyelésének kevés hagyománya van, létjogosultsága annál

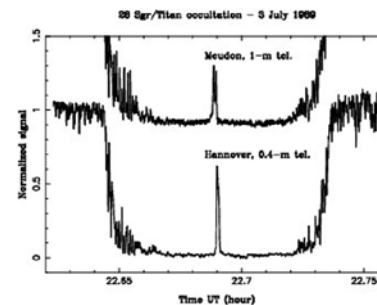
inkább: A mai modern és nagyméretű amatőr műszerekkel élvonalbeli, tudományos érdeklődésre is számot tartó észleléseket végezhetünk. A felsőlégkör felhőinek rövid és középtávú változásai még nagyon kevésbé ismertek. Korongbontáshoz és esetleges korongrészletek megfigyeléséhez legalább 20–25 cm-es objektívátmérő szükséges. A nagyítást 600x-os fölé állítsuk. Vizuális színszűrős adatunk kevés van, de a halványkék szűrő talán segít a sötét alakzatok kiemelésében. Szélesebb áteresztésű zöld szűrő ideális a legtöbb alakzat hatékony kontrasztosításához és a kép élesítéséhez, a sárga szűrő szintén jól működhet. Webkamerás képrögzítésnél is mindenképp használjunk színszűrőket. Az RGB-sor általános munkára ajánlható. Távoli vörösben és közeli infravörösben interferenciaszűrők használatával különösen értékes képrögzítési és fotometriai munkát végezhetünk. Ennek lényege, hogy a metán elnyelési sávjában készített képet (a korong sötét, csak a felhőtetői alakzatai látszanak) összehasonlítjuk a tholinpára áteresztési ablakaiban készített képpel (itt a troposzféra fehér felhői és a felszín jelennek fel). Hatékony lehet már a 740 nm-es metánsáv és a 800 nm-es páraablak összevetése. Nagyon tiszta képet ad, de halványsága miatt nehezen elérhető a 889 nm-es metánsáv és a 939 nm-es, legtisztább ablak. A Cassini felszínmegfigyelései is az utóbbi hullámhosszon készülnek. Esetleg próbálkozhatunk a 619 nm-es gyengébb metánsáv és 690 nm körüli gyenge ablak összevetésével. A hold halványsága miatt az interferenciaszűrők legalább 50–70 nm szélességben eresszenek át. A HST felvételei alapján UV és ibolya tartományban is kontrasztos képet kaphatunk, itt a halványság lesz a fő probléma. Észlelési programként a napi szintű változások, forgás kimutatása kiemelt terület, hetes-hónapos szinten pedig a felhőzet hosszabb távú változásairól kaphatunk adatokat (lásd pl. az északi világos csuklya). A narancsos hold felénk kacsingat – készítsük el az első hazai amatőr Titan korongfelvételeket!

Kiss Áron Keve

Titan-fedés negyed századdal ezelőtt

1989. július 3-án a Titan elfedte az 5,4 magnitúdós 28 Sagittarii-t. A ritka jelenséget országszerte többen észlelték, a jelenségről a Meteor 1989/9. számában közöltünk cikket:

„A reggeli órákban a bolygó és gyűrűi fedték el a csillagot. Ez a jelenség Amerikából volt megfigyelhető, ahonnan fantasztikus látványt nyújthatott a gyűrűrendszer mögött „elhaladó” vibráló csillag. A számítások azt mutatták, hogy közel ahhoz az időponthoz, amikor nálunk a bolygó delel, pontosabban 22:42 UT-kor, a csillag 1,2"-re megközelíti a Titant a Föld középpontjából nézve. A Titan látszólagos átmérője 0,78" (5150 km-es átmérővel számolva), a csillagé pedig 0,0014", ami 9 km-nek felel meg a Szaturnusz távolságában. A Szaturnuszrendszer látszó sebessége 11,08"/óra, így a centrális vonalban levők 265 másodperces fedést láthatnak. Az első előrejelzés (D.W. Dunham, 1989. március) szerint azonban ez a vonal kb. 1800 km-re elhalad az északi pólus felett. Eszerint a jelenség déli határa éppen Magyarország közelében húzódik. A Lick Observatórium április 16-i publikációja a centralitást a Mauritánia-Líbia vonalra teszi. Így az északi sávban lettünk volna. Lássuk, mi is történt valójában!



A centrális kifényesedés fénygörbéje párizsi (Meudon) és hannoveri mérések alapján

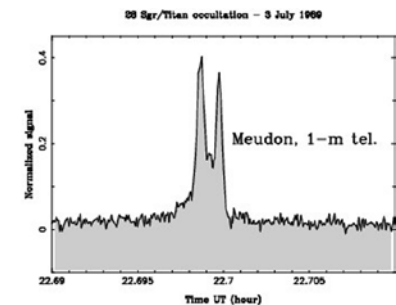
Öt megfigyelőhelyről tíz értékelhető észlelést kaptunk. Sajnos néhányan csak a fedés időtartamát mérték meg, ami a zavaró vonuló felhőzet és a párás levegő miatt hamis eredményeket adott. Négy eseményt kellett megmérni: a légkör okozta halványulás kezdetét és végét (I. és IV. kontaktus), valamint a holdperem okozta halványulás kezdetét és végét

(II. és III. kontaktus). Az atmoszféra okozta elhalványodás nehezen volt követhető, és a csillag eltűnése sem volt egyértelmű, ugyanis a 28 Sgr fokozatosan halványodott, mígnem a 8,4 magnitúdós Titan látszott csak. A páráság miatt kisebb távcsövekkel a Titan láthatatlan maradt, így hamarabb eltűnt az észlelő szeme előtt, mielőtt teljes fedésbe került volna.

Annyi mindenesetre megállapítható adatainkból, hogy közel volt hozzánk a centralitás vonala, hiszen közel 290 másodpercig tartott a teljes fedés, amit több, mint 5300 km-t eredményez a Titan átmérőjére. A Titan-atmoszféra okozta halványodás 10–13 másodpercig tartott, ami (centralitást feltételezve) 200–250 km vastagságú légkört ad.”

A jelenséget a következő helyszínekről figyelték meg: Budapest (Spányi Péter), Kecskemét (Szarka Levente, Szöllősi Attila), Nagyszalonta (Gál Sándor, Kósa-Kiss Attila), Pécs (Kondorosi Gábor), Ráktanya (Bátor Attila, Fidrich Róbert, Hevesi Zoltán, Imre Zoltán, Kocsis Antal, Lauer Katalin, Lauer Zoltán, Osvald László, Szabó Sándor, Tenkei Olga, Tepliczky István, Voith Petra és Zaleszák Tamás).

„Az IOTA/ES körlevegőben E. Brender a hazaiakhoz hasonló eredményeket említ.



Csoportjával az NSZK északi-tengeri partvidéke közelében helyezkedett el, közel 290 másodperces időtartamot mért, és az okkultáció közepén néhány másodperces felfénylést észlelt, amit centrális fedés esetén a Titan-légkör okozhat. H. Bode videokamerával rögzítette is a jelenséget.

Szabó Sándor