

# A NEW HORIZONS ŰRSZONDA ELSŐ EREDMÉNYEI A PLÚTÓRÓL ÉS HOLDJAIRÓL

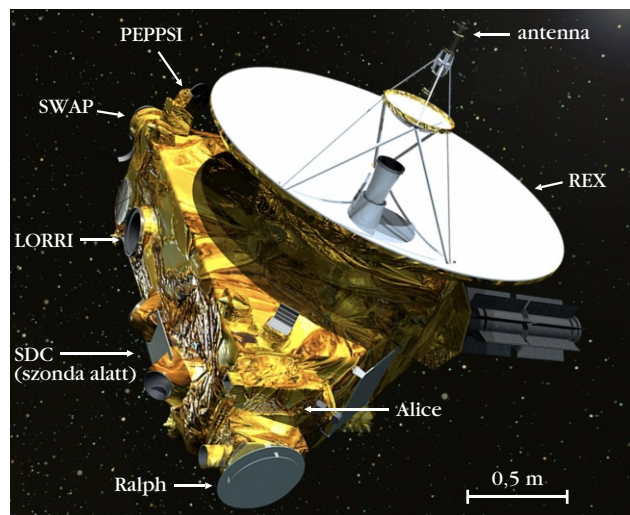
Kereszturi Ákos  
MTA CSFK, Csillagászati Intézet

Sokáig a Naprendszer legtávolabbi bolygójaként tartották nyilván a Plútót, de az elmúlt közel húsz év felfedezései rámutattak, hogy sok hasonló égitest kering a Neptunusz pályáján túl. Ez a Kuiper-öv (pontosabban Edgeworth–Kuiper-öv), amelyben jelenleg közel kétezer égitest ismert. Noha közöttük az egyik legnagyobb a Plútó, a Nemzetközi Csillagászati Unió 2006-ban törpebolygóvá minősítette.

## Gyors és apró űrszonda

A NASA New Horizons űrszondáját 2006. január 19-én indították a Földtől, minden korábbi űreszköznél gyorsabban, 45 km/s sebességgel. Miután elhaladt a Jupiter mellett, az űrszondát hibernálták, majd 4,8 milliárd kilométernyi út megtételét követően ébresztették fel. A Plútó még ekkor is csak apró folt volt a műszerek látómezejében, de látszó mérete napról napra növekedett, így elkezdődött a műszerek tesztelése, felkészülés a találkozóra. A tesztek rendben zajlottak, azonban a szonda automatikus rendszere néhány nappal a találkozó előtt hibát jelzett, ám hamarosan ez is megoldódott. A New Horizons már a közeledés során elemezte a Plútó rendszerét, részben mert felmerült, hogy a holdak pályasíkjában egy porkorong lehet. Egy ilyen porfelhőn történő gyors áthaladás igen veszélyes, ezért a LORRI kamerával poranyagot kerestek, de nem akadtak a nyomára. Nem mutatkozott további kísérő sem a legkisebb ismert holdnál, a Styxnél 15-ször halványabb fényességig – így az eredeti útvonal biztonságosnak bizonyult. Hasonlóan megnyugtató eredményt kapott a Kiss Csaba (MTA CSFK) vezette kutatócsoport is, amely a Herschel-űrtávcső mérései alapján zárta ki számottevő por előfordulását a rendszerben [1].

1. ábra. A New Horizons űrszonda és műszerei (NASA).



A közeli elhaladás során a megfigyeléseket több kamerával (LORRI, Ralph, Alice) végezte a szonda, a töltött részecskéket pedig a SWAP és PEPSSI detektorokkal érzékelt, emellett a poranyag előfordulását (SDC pormérő) és rádiókommunikációval a Plútó és légköre nyomán előálló változását (REX műszer) is elemezték (1. ábra). Mivel a kamerák rögzített felfüggesztésűek, ennek megfelelően az egész rendszert kellett forgatni a közelítés során. A találkozó ugyanakkor nagy (14 km/s) sebességgel történt, és rövid idő alatt kellett a célpontokat elemezni – a New Horizons e szerint pontosan tervezett műveletsort hajtott végre. A találkozó idején ezért az űreszköz teljesen „néma” volt, ekkor semmilyen adat nem érkezett róla a Földre. Néhány felvételt részben PR céllal a közelítés után nem sokkal már a Földre sugárzott, de a legtöbb adat csak szeptembertől érkezik. Akkortól ugyanis további megfigyelési feladat a Plútó rendszerénél nincs, és a szondát a nagy parabolaantennájával a Föld felé lehet fordítani az adatátvitelhez.

## Hányatott sorsú égitest

A Plútó több szempontból is különleges égitest. 1930-as felfedezése után először nem akarták a nagybolygók közé sorolni, hiszen látszott, hogy igen apró (a mi Holdunknál is kisebb), pályája elnyúlt (napközben a Neptunusz pályáján belülré kerül), és pályasíkjá bolygótársaiénál nagyobb szöveget zár be az ekliptikával. Szoros dinamikai kapcsolatban is van a Neptunusszal. Később azonban holdat fedeztek fel körülötte, több hasonló égitest pedig nem mutatkozott a térségben – ezért a nagybolygók közé számították. Az elmúlt két évtizedben azonban egyre több objektumot azonosítottak a térségben. Közöttük az Erist nagyobbak tekintették a Plútónál, azonban ez az újabb adatok fényében kissé bizonytalan. Emellett sok, a Plútóhoz hasonló pályán mozgó kisebb égitest létezik a Kuiper-övben, ezeket plutínóknak nevezik. Mindezek fényében a Nemzetközi Csillagászati Unió 2006-ban „visszaminősítette” a Plútót törpebolygóvá (amely kategória létjogosultságát többen is kétségbe vonják). Jelenleg kisbolygóként is megtalálható a katalógusokban 134 340-es sorszámmal.

A 2370 km átmérőjű Plútó átlagsűrűsége 2 g/cm<sup>3</sup>, anyagának 65%-át H<sub>2</sub>O, a maradékot kőzet alkothatja. Tengelyforgási ideje 6,4 nap, forgástengelye 120 fokos szöveget zár be pályasíkjá merőlegesével, ezért erős évszakos ingadozások lépnek fel rajta, amelyeket tovább fokoz elnyúlt pályája. Naptávolban a légkör nagyobb része kifagyhat a felszínre. Felszínét főleg nitrogén- és metánjég borítja, amelyek a –220 °C alatti hőmérséklet miatt szilárd halmazállapotúak. A felszíni jegekből főleg nitrogén szublimál, ritka légkört alkotva a Plútó körül.



2. ábra. A Plútó, középen a Tombaugh-régióknak nevezett világos, jeges alakzat, fent a sötétebb vidék a pólussapka térsége (NASA, JHUAPL, SWRI).

Legnagyobb holdját, a Charont 1977-ben fedezték fel, majd az ezredfordulót követően még négy apró kísérőt azonosítottak körülötte. A Charon körülbelül feleakkora, mint a Plútó, tömege pedig körülbelül 12%-a, ezért sokan kettős égitestnek is tartják a rendszert. A Charon felszínén vízjég is van, és mintha hidratált ammónia is akadna rajta a színképi mérések alapján. A két égitest tengelyforgása kölcsönösen kötött („farkasszemet néznek egymással”), egymás egén nem változik a látszó helyzetük. A többi négy hold – Nix, Hydra, Kerberos és Styx – 10 és 130 km közötti átmérőjűek, és 20-40 nap közötti keringési idővel, azonos pályasíkokban járják körbe a Plútó–Charon-rendszer közös tömegközéppontját. Az égitestek között pályarezonanciák is fellépnek: a Styx, a Nix, a Kerberos és a Hydra 3:1, 4:1, 5:1, és 6:1 arányban állnak a Charon keringési idejével.

## Villámrandevű a Földtől 4,5 milliárd kilométerre

A New Horizons az öt hold pályájánál közelebb haladt el a Plútó mellett, a törpebolygó felszínétől 12 500 km-es távolságban, a Földtől egyébként ekkor 7,5 milliárd kilométerre volt. A közelítés egyértelműen sikeres volt, minden a tervek szerint zajlott, a teljes megfigyelési programot sikerült végrehajtani. Bár még csak néhány adatot sugárzott haza a szonda, már az első képek is látványosak és meglepőek (2. ábra). Azok várakozása igazolódott, akik érdekes, változatos objektumra számítottak – azonban a Plútó fiatalos és aktív megjelenése még közülük is sokakat meglepett.

A felszínen viszonylag kevés a nagy kráter, ami arra utal, hogy keletkezése óta a Plútó jelentősen változott, tehát valamilyen aktív folyamatok megújították. A korbecslés ugyanakkor nehéz, mivel nem tudni, hogy a

Naprendszer belső részére érvényes kráterstatistikai adatok mennyire relevánsak a Naptól ilyen nagy távolságra. Kevesebb vagy akár több egykori becsapódó égitest is lehetett a Plútó térségében a Föld környezetéhez viszonyítva, emellett a becsapódási sebességek is sokkal kisebbek ilyen messze, aminek következtében kisebb krátert üt egy adott tömegű objektum. Mindezekről függetlenül a Plútó felszínének sík területei egészen fiatalok, akár 100 millió évesek is lehetnek – sőt az sem zárható ki, hogy egyes területeken ma is aktív felszínalakító folyamatok zajlanak.

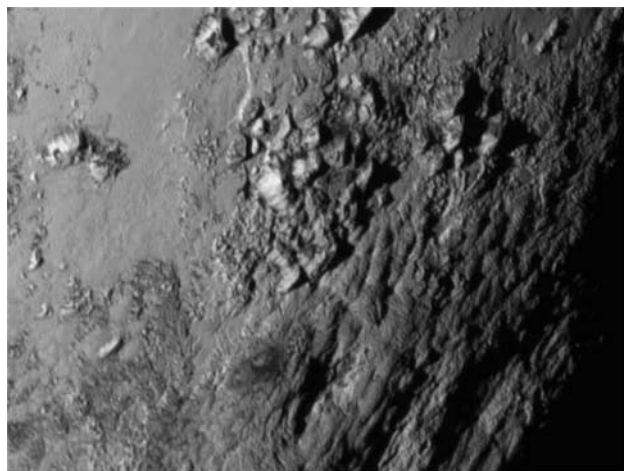
## Változatos felszínformák

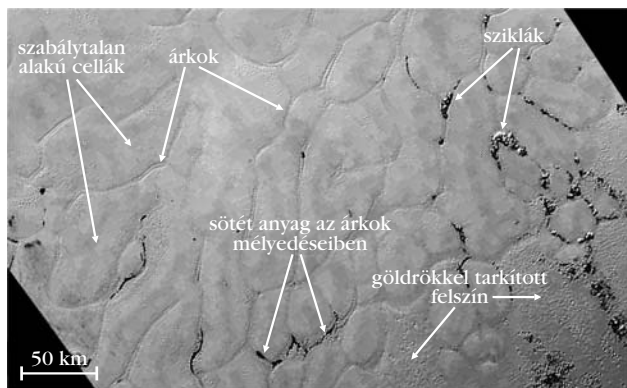
Sok *hegyvonulat* látszik a Plútó felszínén, amelyek magassága néhol a 3,5 km-t is eléri (3. ábra). Néhány blokk közel szögletes, esetenként elnyúlt alakú, ami alapján töréses, tektonikus folyamatok hozták létre azokat. A meredekebb hegytömbök peremén lejtős tömegmozgással, omlással keletkezett sávok mutatkoznak. Ezek mellett akadnak lankásabb, összefüggő hegyvonulatok is, amelyek nem külön blokkokból állnak, inkább összekapcsolódó, helyenként ívesen görbülő hajlatokból tevőnek össze, tetőszintjük pedig a fentiekkel ellentétben lapos. Párhuzamos mélyedések is sejthetők rajtuk a felbontóképesség határán, amelyek valamilyen eróziós folyamatra utalnak. Néhol pedig nagy mélyedések akadnak az íves vonulatok között – eredetük egyelőre ismeretlen.

*Síkterületek* is vannak a Plútón, amelyek valamilyen feltöltő folyamat révén keletkeztek, sokan a vulkanizmust, pontosabban a kriovulkanizmust valószínűsítik itt. Utóbbi igen alacsony hőmérsékleten zajló vulkáni folyamat, a benne résztvevő anyagok általában folyadékok vagy gázok a földfelszíni viszonyok között. Egyik legjobb jelölt rájuk a H<sub>2</sub>O és az NH<sub>3</sub> keveréke, amely igen nagy hidegben is cseppfolyós maradhat.

A síkságokon néhol cellákra emlékeztető, 20-60 km átmérőjű alakzatok sorakoznak egymás mellett, ame-

3. ábra. Kiemelkedő hegycsúcsok a Plútón, amelyek közül a nagyobbak a kép közepe felé mintegy háromszor magasabbak a Mátánál. Lejtőjükön omlás- és csuszamlásnyomok sávjai mutatkoznak (NASA, JHUAPL, SWRI).





4. ábra. Furcsa sejtes szerkezet, amelyeket elválasztó árok területéről elszublimáló jég sötét sávokat rajzol ki (NASA, JHUAPL, SWRI).

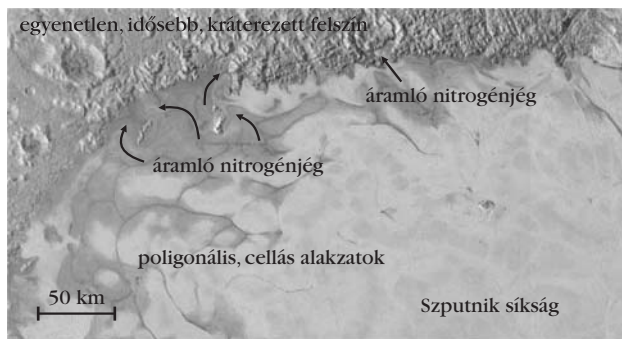
lyeket árok választanak el, utóbbiakban helyenként sötét területek látszanak, feltehetőleg elszublimált jég vagy felhalmozódó por nyomán (4. ábra). A sejtekre emlékeztető mintázat részben a földi iszapos területek száradással repedéseire hasonlít. Elképzelhető, hogy zsugorodással jöttek létre, mint például a hűlő bazaltláva oszlopos elválása is. Az is felmerült, hogy felszín alatti konvektív anyagáramlástól születtek a cellák.

A jég közvetlenül a felszínen látszik áramlani a Tombaugh-régió peremvidékén, ahol részben a földi *gleccserekre* emlékeztető morfológiájú alakzatok is mutatkoztak – noha a hasonlóság nem feltétlenül jelent azonos eredetet. Ugyanakkor valószínűsíthető, hogy a képződményeket az áramló és lassan deformálódó nitrogén-, szén-monoxid- és metánjég hozta létre.

## Egzotikus jegek keveréke a Plútón

A Plútót elsősorban nitrogén- és metánjég borítja, amelyeket a  $-220\text{ °C}$  körüli hőmérséklet tart szilárd állapotban. A fenti cellás alakzatok a Tombaugh-régió területén mutatkoznak, amelynek nyugati és központi részén *szén-monoxid-jeget* sikerült azonosítani, ennek koncentrációja nő a szív alakú terület belseje felé (5. ábra). A színképi mérésekkel továbbá sikerült igazolni a felszíni metánjég létezését a Plútón.

Néhol olyan sötét, diffúz sávok is mutatkoztak a síkságokon, amelyekhez hasonló a Neptunusz Triton nevű holdján azonosítottak korábban. Ez utóbbi égitest egyébként mérete, tömege és sűrűsége alapján erősen hasonlít a Plútóhoz. Ez is Kuiper-objektum volt egykor, de a legkülső óriásbolygó befogta és holdjává tette a múltban. A Tritonon ezek a sávok egymással közel párhuzamosak, és feltehetőleg a nitrogénjégből kitörő gázsugarak által felkapott por visszahullásával jöttek létre. Hasonló irányukat a Tritonon uralkodó szelek okozzák. További érdekesség, hogy a néhol „gejzirszerű kitöréseknek” titulált folyamatot a napfény okozhatja: besüt az áttetsző nitrogénjégen, 1-2 méter mélyen elnyelődik, majd az elszublimáló nitrogéngáz utat talál magának felfelé. Talán a Plútó esetében is működik a jelenség, de a mérések további vizsgálata szükséges ennek megállapításához.



5. ábra. A szív alakú Tombaugh-régió részlete. Ennek belső területén látszanak a cellás kinézetű alakzatok, peremvidékén pedig a nyilak a feltételezett jégáramlás útját mutatják (NASA, JHUAPL, SWRI).

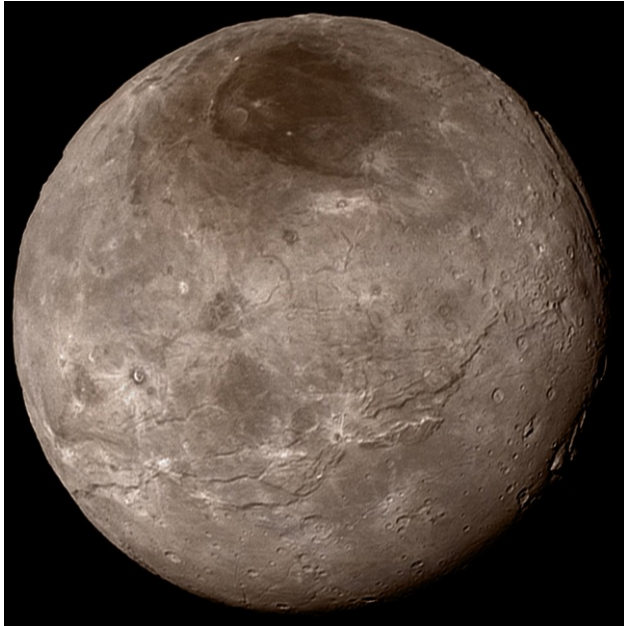
## Lassan elszökő, kiterjedt atmoszféra

A Plútó felszíni jegeiből főleg nitrogén szublimál, így ritka légkör keletkezik a Plútó körül. A folyamat révén az égitest születésétől napjainkig akár 0,5-1 km vastag nitrogénjég is eltűnhetett a felszínről. A bolygó sajátos pályaelemei hatására a légkörben élénk évszakos változások mutatkoznak. Naptávokban az atmoszféra nagyobb része kifagyhat a felszínre, és a forgástengely térbeli helyzete miatt (majdnem a pályasíkban fekszik) sajátos a jég szublimációjának és kicsapódásának térbeli viszonya.

Néhány órával a közelítés után a szonda „visszatekintve” a Plútó *légkörén* áthaladó napfényt is megfigyelte, ami az összetétel pontos becslésére ad lehetőséget. A 6. ábrán így, hátsó megvilágításból látható a légkör, amelyben aeroszolok és köd is van legalább 130 km magasságig. Két sűrűbb ködréteget sikerült azonosítani, a felszín felett 50 és 80 km körüli magasságban. Az utóbbiak főleg etánból és etilénből állnak, feltehetőleg a felszínről elszublimáló metánból keletkeznek a Nap UV sugárzásának hatására. Az így létrejött ködből a felszínre kicsapódó anyag is közreműködhet az ott megfigyelt vörös árnyalat kialakításában.

6. ábra. Ködréteg a Plútó légkörében, hátsó megvilágításban, amikor a szonda már 3 millió km távol volt az égitesttől.





7. ábra. A hatalmas törésekkel szabdalt, szintén fiatalos kinézetű Charon hold felszíne. A kép felső részén lévő sötét terület a pólus-sapka vidéke (NASA, JHUAPL, SWRI).

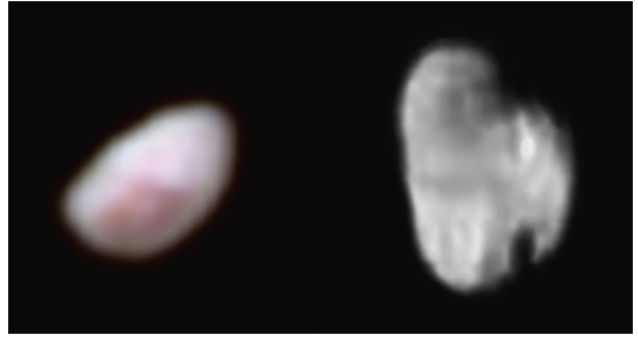
A nitrogénléggör egyébként a felszín fölé legalább 1600 km-ig terjed, azaz a várakozásoknak megfelelően igen kiterjedt (korábban a felszíntől csak 270 km magasságig volt biztos nyoma a gázoknak). Mágneses tér hiányában az anyagot a napszél intenzíven „fújja”, amely így hideg, ionizált felhőként üstököscsóvára emlékeztetve a Plútótól a Nappal ellentétes irányban közel 10 ezer kilométer távolságig elnyúlik.

A Plútó holdjai közül a legnagyobb Charon a legérdekesebb (újonnan nyert átmérője a korábbihoz közeli, 1208 km), felszínén szintén viszonylag kevés becsapódásnyom mutatkozott. Néhány fiatalabb sugársávós kráter is megfigyelhető, valamint egy hatalmas, legalább az égítést felét körbeérő repedésrendszer is látszik (7. ábra). Az eddig közölt részletes felvételeken a 43×33 km méretű Hydra és az átlagosan 35 km-es Nix holdak láthatók, mindkét égítést szabálytalan alakú (8. ábra).

## Mit adhat nekünk távlatilag a Plútó?

A Plútó megismerése több területen gazdagítja a Naprendszerrel szerzett tudásunkat. Ez lett az első meglátogatott Kuiper-objektum, tehát segítségével többi társának jellemzőire is következtethetünk. A becsapódásos kráterek Plútó felszínén megfigyelt méreteloszlása a Kuiper-öv objektumainak méreteloszlására utal, az pedig a Naprendszer peremvidékének fejlődéstörténetéről árulkodik.

A mérések alapján az is pontosodik majd, hogy milyen dinamika jellemzi a két hasonló méretkategóriájú objektum (Plútó és Charon) körüli apró holdak rendszerét, ami az egyedi felépítésű, kettős exobolygórendszerek dinamikai viselkedésének megértésében is segíthet. Emellett a Plútó sajátos helyzetű for-



8. ábra. A Nyx (balra) és Hydra (jobbra) holdak képe (NASA, JHUAPL, SWRI).

gástengelye is hasznos lehet egyes exobolygók megismerésében – sok Naprendszeren kívüli planéta ugyanis annyira közel kering csillagához, hogy annak fénye mindig csak egyik oldalát világítja meg – nem tudjuk, hogy ilyenkor miként viselkednek az illékony felszíni anyagok, esetleg mind az árnyékos oldalra vándorolnak, avagy nem.

A Plútó *belső szerkezetét* leíró modellek választ adhatnak arra a kérdésre, hogy volt-e valamikor cseppfolyós vízréteg a felszín alatt. Ilyen vízréteg megjelenését az olvadáspont-csökkentő ammónia és a Charonnal fennálló (mára feltehetőleg gyengült) árapályhatás generálhatta. Megismerése, illetve nyomának azonosítása fontos támpontot ad az egyre több jeges hold belsejében feltételezett vízrétegek kialakulásához és fennmaradásához, és ezzel összefüggésben a Földön kívüli élet potenciális előfordulási helyszíneinek jobb megértéséhez [2].

A Plútó körüli holdak anyaga feltehetőleg egy ősi ütközés során robbant ki, amikor egy Kuiper-objektum a Plútóval találkozott. A legnagyobb darabból keletkezett a Charon, a kisebbek pedig a többi kísérőt hozták létre. A rendszer elemzése rámutathat, hogy miként játszódott le a Föld Holdjának születése, és mi történt az anyag kirobbanása után – a mi kísérőnk ugyanis szintén becsapódástól kilökött anyagból keletkezett.

Korábban felmerült, hogy a New Horizons űrszonda szerencsés eseten egy további égítést is meglátogathat. Ilyen esetben ideális helyzetű Kuiper-objektum azonosítására célzott kereséseket végeztek a Hubble-űrtávcsővel, valamint a VLT-vel, a Gemini- és a Keck-távcsövekkel. A New Horizons a tervek alapján 2019 januárjában, a Naptól 43,3 CSE-re fogja megközelíteni a 30-45 km-es 2014 MU69 jelű Kuiper-objektumot. Meghatározza méretét, színét, tömegét, sűrűségét, a felszín összetételét és hogy van-e holdja. Az objektum egy ősi, „klasszikus” égítést lehet a térségben, amely jól jellemzi a Kuiper-öv tagjait.

## Irodalom

1. Marton G., Kiss Cs., Balog Z., Lellouch E., Verebélyi E., Klaas U.: Search for signatures of dust in the Pluto-Charon system using Herschel/PACS observations. *Astronomy and Astrophysics* 579 (2015) L9.
2. Kereszturi Á.: *Asztrobiológia*. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2011.