

Űrkutatási sikertörténet: Budapesten zárult a Rosetta- küldetés

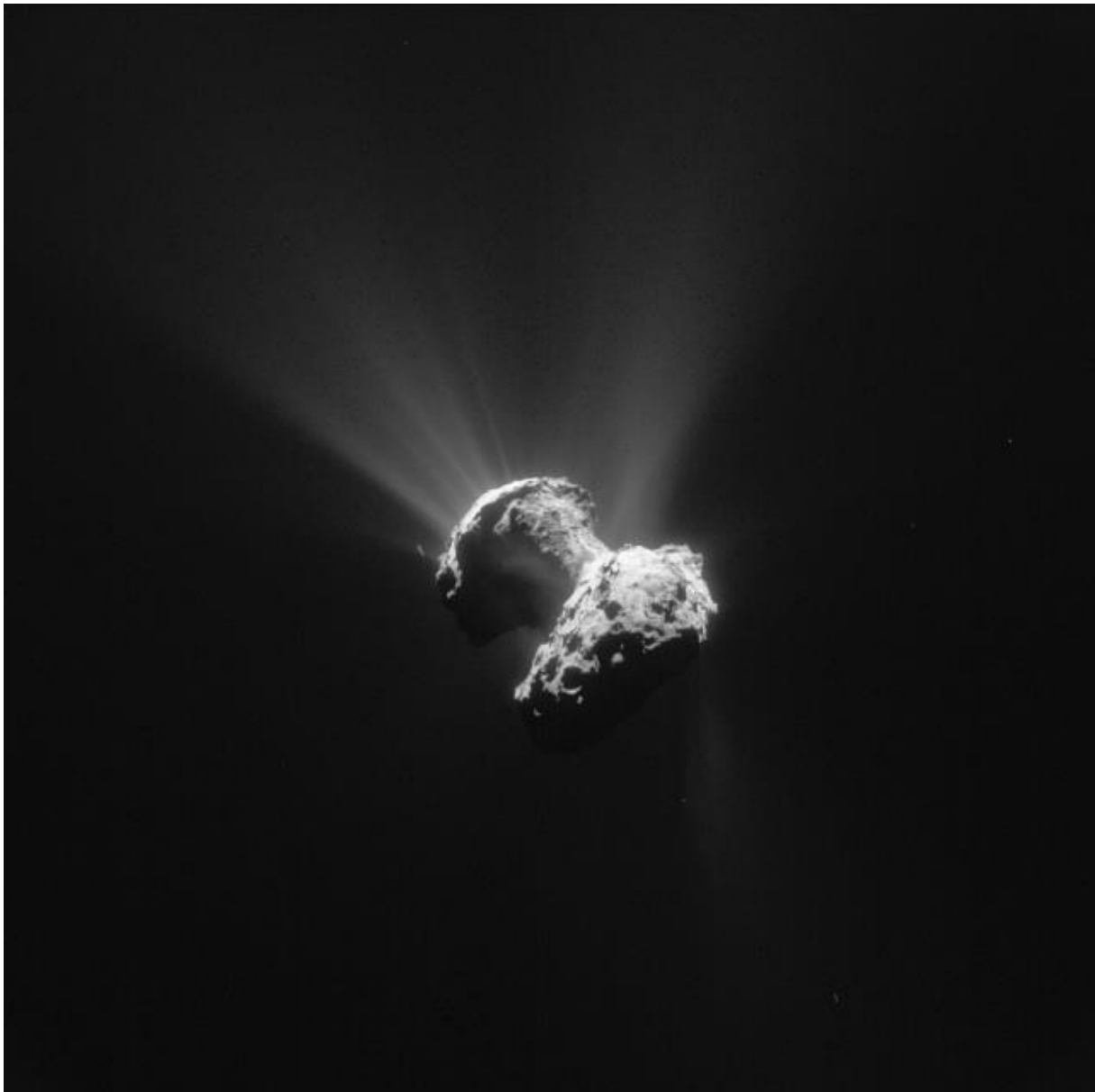
A magyar kutatók munkájának elismerése, hogy Budapesten rendezték meg a Rosetta-küldetést lezáró konferenciát. Szalai Sándor űrkutató cikke összefoglalja az eredményeket, és részletesen beszámol a magyar részvételről.

2016. JÚLIUS 4. SZALAI SÁNDOR

2014. november 12. történelmi dátum az űrkutatásban: ekkor szállt le először emberkéz által készített objektum egy üstökös mag felszínére. A Philae leszállóegység viszontagságos, de összességében sikeresnek mondható története 2015 júliusában lezárult, mostanra pedig a Rosetta küldetése is a vége felé közeledik.

Magyar részvétel, budapesti zárás

Az űreszközök fejlesztésében komoly részt vállalt az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont (Wigner FK), az MTA Energiatudományi Kutatóközpont (EK), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME), valamint az SGF Technológia Fejlesztő Kft. Munkájuk elismerésének is tekinthető, hogy a nemzetközi kutatóközösség és az ESA 2016. június 1–3. között Budapesten rendezte a Rosetta-Philae üstökös-kutató űrprogram záró konferenciáját.

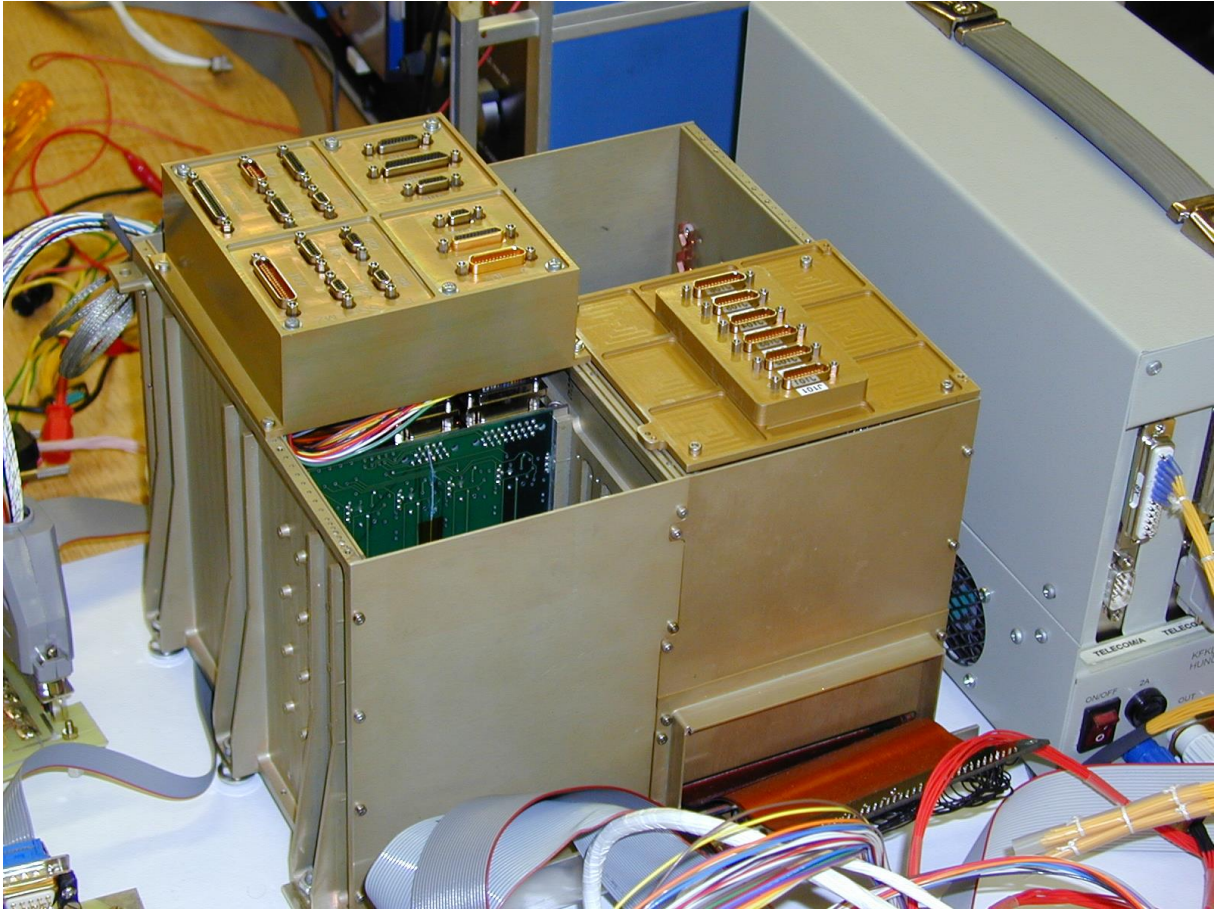


Az üstökös aktivitását jelzik a magból kiáramló por- és gázcsóvák a Rosetta felvételén *Forrás: ESA*

A konferencia Európa számos országából érkező, mintegy 80 résztvevővel, sűrű programmal, sok tudományos és technikai jellegű előadással sikeresen lezajlott. A kutatók és a fedélzeti műszerek, valamint szolgálati alrendszerek készítői részletesen beszámoltak a naprendszer- és üstökös kutatásban elért új tudományos eredményekről és a technikai-technológiai jellegű sikerekről is. A konferencia tanulságokat összefoglaló „Lessons learnt” szekciójában elhangzott előadásokon a tapasztalatok levonásán túl a jövőben alkalmazható javaslatokat is ismertettek.

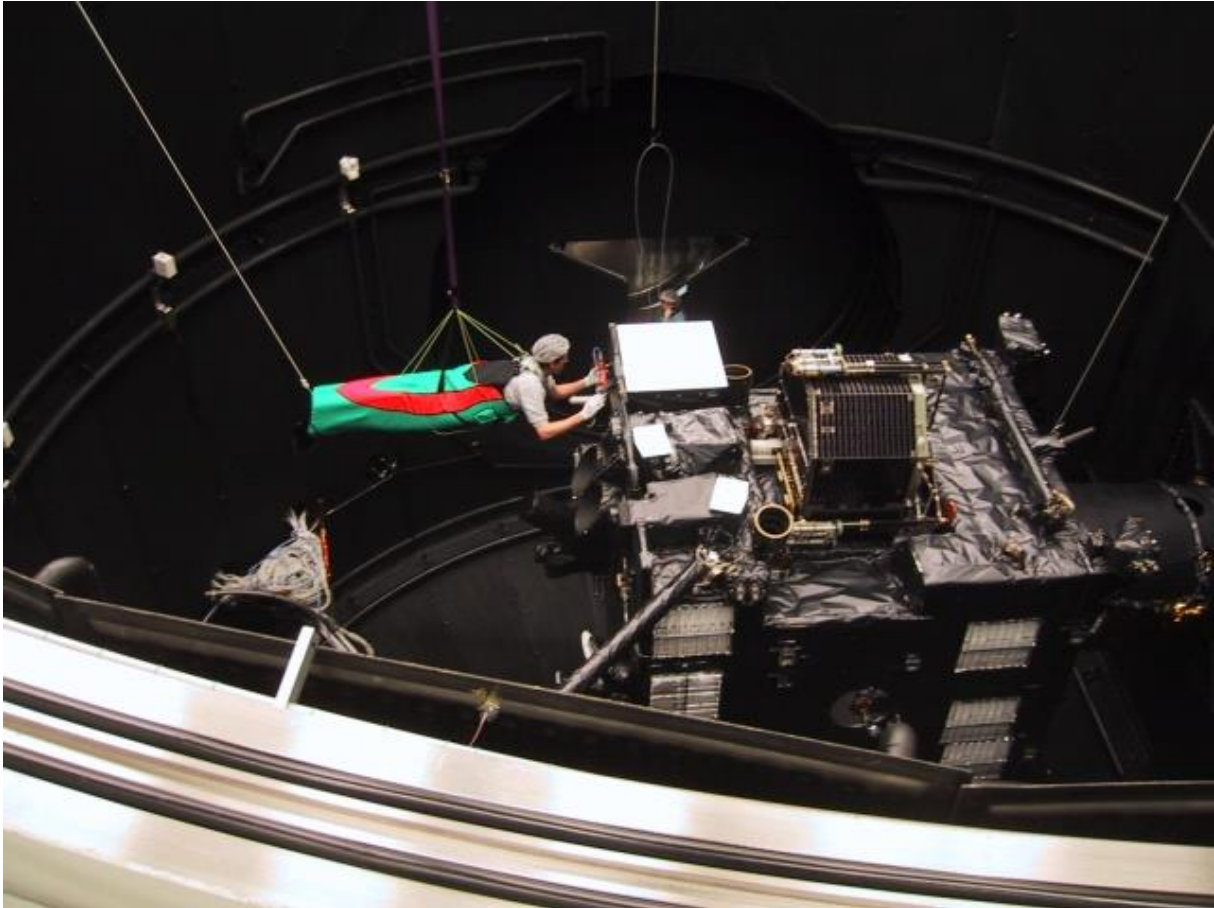
Leszállóegység magyar aggyal

A fent említett magyar intézmények és ipari kisvállalkozás meghatározó szerepet játszottak a leszállóegység fejlesztésében. A leszállóegység „agyát”, a működését irányító számítógépet (Command and Data Management System – CDMS) a **Wigner FK** és az **SGF Kft.** fejlesztette.



A CDMS beszerelt állapotban *Forrás: MTA EK*

A valós idejű, sokfeladatos szoftver és a hibatoleráns hardver teljes egészében magyar fejlesztésű, az igen költséges, tényleges repülő hardvert ugyanakkor Németországban gyártották, a magyarok pedig a bemérését és a tesztelését végezték. A BME Szélessávú Hírközlés és Villamosság Tanterv **Úrkutató Csoport**jának tagjai az MTA kutatóival együttműködésben a leszállóegység fedélzeti energiaellátó és tápelosztó rendszerének fejlesztésében vettek részt. A tápellátó rendszer repülő példánya a központi vezérlő és adatgyűjtő számítógéphez hasonlóan Németországban készült el. Az **MTA EK** mérnökeinek és kutatóinak részvételével két műszer készült: a SESAME kísérlet DIM pordetektora és a ROMAP műszeregyüttes SPM plazmadetektora.



Teszteléshez készítik elő a Philae *Forrás: ESA*

Bolygóközi odüsszeia rendkívüli eredményekkel

Az ESA Rosetta űrszonda és a Philae leszállóegység 2014-ben indított párosa az űrkutatás történetének kiemelkedően sikeres programja, mivel most először sikerült hosszú időn keresztül megfigyelni egy üstökös aktivitásának változását a napközeli pályaszakasz során, valamint először sikerült leszállni egy üstökösmag felszínén, és ott helyszíni méréseket végezni.

A Rosetta és rajta a Philae leszállóegység tízéves bolygóközi barangolása során összesen 6,4 milliárd kilométert repült, majd közel két és fél éves hibernált állapot után mindkét kutatóegység hibátlanul működésbe lépett 2014 tavaszán. A Philae 2014. november 12-én 500 millió km távolságra a Földtől sikeresen leszállt az üstökösmag igen tagolt felszínére. A Philae részben szintén magyar kutatók által készített műszerei rendkívül értékes adatokat gyűjtöttek közvetlenül a felszínről. A Philae az első mérések után, 57 órás működésének befejeztével energia hiányában elhallgatott, és a későbbi kapcsolatfelvételi kísérletek már nem

jártak érdemben sikerrel, mivel a kétszeri elpattanás után sajnos árnyékos helyre került.



A Philae elválik a Rosettától egy fantáziaképen *Forrás: ESA*

Hova pattant a kis Philae?

A konferencián a kutatók többek között beszámoltak a pontos leszállóhely megtalálására tett erőfeszítésekről. Tudományos műszerek (elsősorban a magnetométer és az üstökösrag átvilágítására kifejlesztett rádióberendezés – ennek egységei mind a Rosetta keringőegységen, mind a Philae leszállóegységen helyet kaptak) mérési adatait elemezve sikerült behatárolni azt a területet, amelyen a végső leszállás megtörtént. Ezt a területet most a keringőegység kamerájának képeit vizsgálva fésülik át, hogy meghatározzák, hol is állapotott meg végül a Philae. A munkát a mért napsugárzás segítségével létrehozott felszínmodellek, valamint a közeli felszínről a leszállóegység által készített fényképek is segítik.



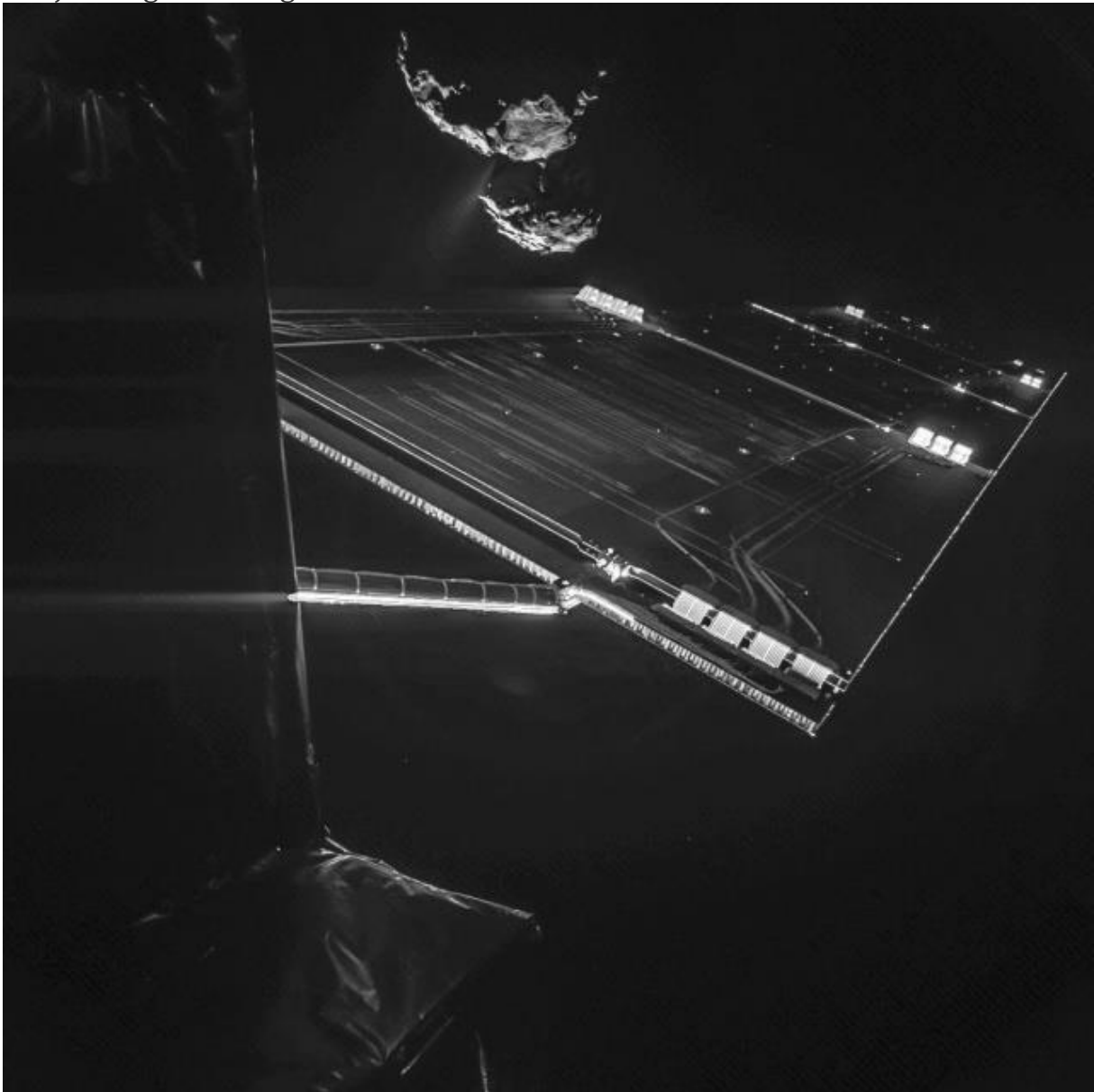
Fantáziakép a Philae feltételezett végső pozíciójáról az üstökös mag felszínén *Forrás: FMI*

Ez utóbbi, nagy felbontású közelképek információt adnak az üstökös mag keletkezéséről és a felszín formáló folyamatokról is. A simább területeken megfigyelt repedéshálózatok illóanyagvesztésből és termikus anyagfáradásból fakadó aprózódásra utalnak. A durvább felületű szemcsés agglomerátumok

méreteloszlásából következtetni lehet az üstökös mag keletkezésének körülményeire, a Naprendszer létrejöttének legelső lépéseire.

Jégből és porból préselt szilárd héj

A felszín tulajdonságaira dielektromos állandójának megméréséből is lehet következtetni. Ilyen mérések alapján állítják a kutatók, hogy az üstökös magnak összepréselt porból és jégből álló, szilárd héja van. Ezt az eredményt erősítik a penetrátor mérései is, melyek a felszín rugalmassági és szilárdsági tulajdonságairól szolgálnak adatokkal.



A Rosetta „szelfije” *Forrás: ESA*

Több műszer analizálta a felszín anyagának összetételét is. A jégen kívül komplex szerves vegyületekben gazdag port sikerült kimutatni, melynek összetétele jól modellezhető a Földön is megszokott vegyületek keverékeként. Kimutatták, hogy a keverék nem tartalmaz savakat, ként és aromás vegyületeket, viszont az élő anyag egyszerűbb építőkövei nagy valószínűséggel megtalálhatók benne. A leszállás során a pordetektor felső korlátot határozott meg a porfluxusra, továbbá a mérés milliméter körüli méretű, rendkívül porózus szerkezetű porszemcsét talált.

A leszállóegység és a keringőegység együttműködésében sikerült meghatározni az „üstökös dalának”, azaz a megfigyelt koherens mágneses hullámoknak a terjedési irányát és sebességét. A hullámok az üstökösrag felől indulnak kifelé, a sebesség 2,8 km/s értékűnek adódott.

Az „üstökös dala” itt meghallgatható

Forrás: Youtube/The Cosmos News

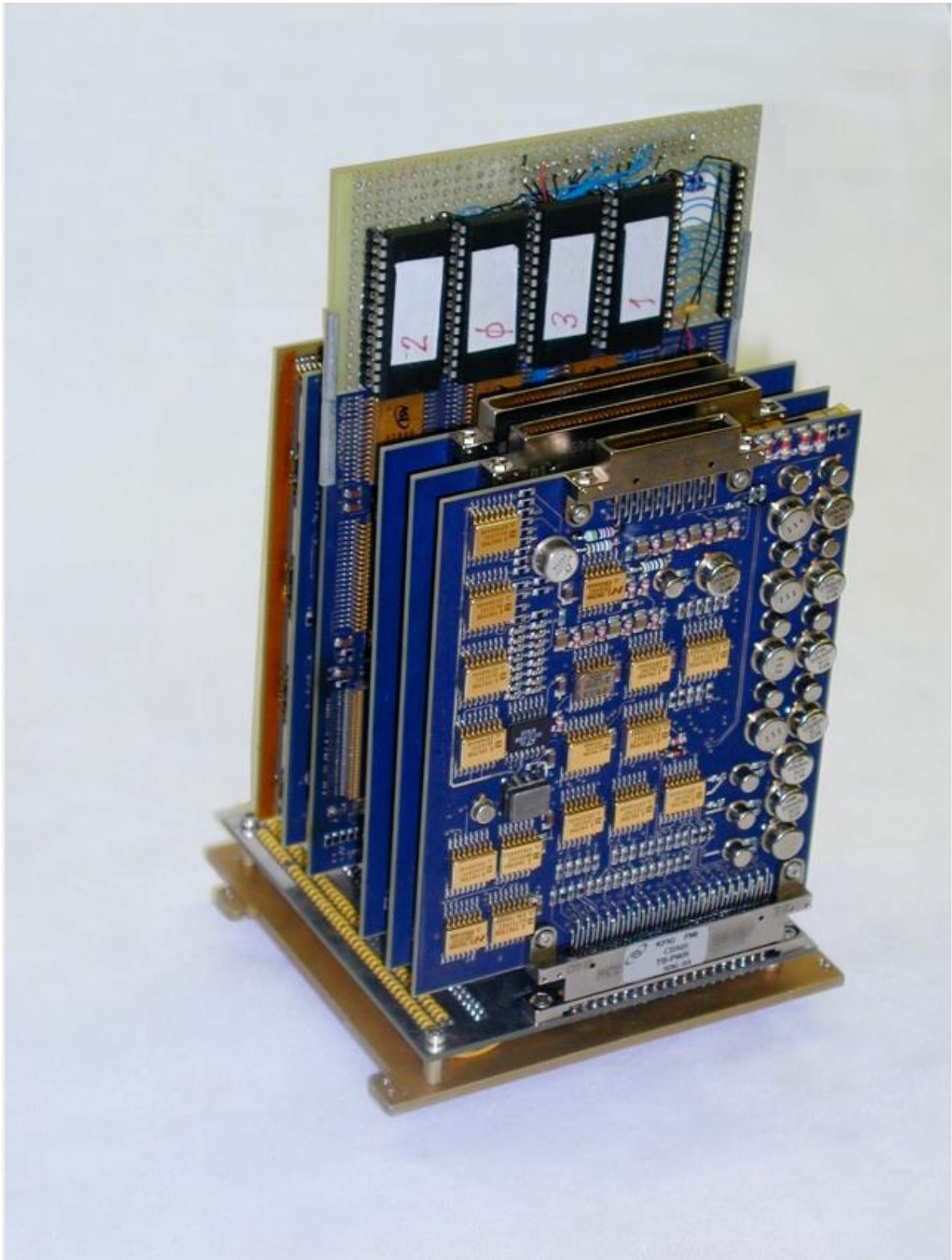
Porózus mag nagyobb üregek nélkül

Szintén a leszálló- és keringőegység együttműködéséből származnak a mag belső szerkezetére vonatkozó információink. A magot átvilágító rádióberendezés adataiból kitűnik, hogy a mag kis skálán rendkívül porózus, viszont nagyobb üregeket nem tartalmaz. Sikerült pontosítani a jég és por arányára, valamint a por lehetséges összetételére vonatkozó információkat is.

Az eredmények jelentőségét az egyik résztvevő ezekkel a szavakkal foglalta össze: „Soha ezelőtt még nem szálltunk le ilyen ősi objektumra, mely a Naprendszer születésének és korai fejlődésének legrégebbi és talán legjobban megőrződött tanúja.”

Magyarok a parancsnoki hídon – a Command and Data Management System

A CDMS feladata volt a leszállóegység összes műveletének irányítása. Ide tartozott a hosszú időtartamú küldetés során a hasznos teher (tudományos műszerek, fedélzeti alrendszerek) ellenőrzése, a megközelítést követően a leszállóegység és a keringőegység szétválasztásának előkészítése, a felszínre történő leszállás és a felszínhez rögzítés vezérlése, továbbá a hőmérséklet-szabályozás megoldása és az energiaelosztás vezérlése az üstökösön végzett műveletek során. A CDMS a Rosetta közvetítésével vette a földi irányítás parancsait, és végrehajtotta őket. Gyűjtötte, majd visszaküldte az alrendszerek működése során keletkező és a tudományos műszerek által mért adatokat.



A CDMS *Forrás: MTA EK*

A CDMS moduláris felépítésű. Mivel létfontosságú feladatokat látott el, fontos volt felépítésénél a hibatoleráns architektúra alkalmazása. A legfőbb tervezési szempont az volt, hogy a fedélzeti számítógép a funkcionális alrendszerek meghibásodásának bármely kombinációja esetén is funkcióvesztés nélkül

elláthassa feladatait. Mivel a jelentős jelterjedési idő miatt a küldetés során nem volt lehetőség gyors és közvetlen földi beavatkozásra, a számítógépnek autonóm módon fel kellett volna felismernie, ha egy egység hibásan működik, és ki kellett volna iktatnia, egyben aktiválva a megfelelő tartalék rendszert.

A processzor (DPU) pillanatnyi állapotát leíró kritikus adatokat – változók, paraméterek, hivatkozások, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a másodlagos (tartalék) processzor ott tudjon folytatni egy megkezdett folyamatot, ahol az elsődleges befejezte – az aktuális elsődleges processzor meghatározott időnként elmenti a másodlagos processzorba. A másodlagos processzor ezeket az adatokat veszi alapul egy esetleges szerepcsere esetén. A DPU megvalósítására a tervezők a kis fogyasztású, úrminősítésű és sugárzásálló Harris RTX2010 processzort választották.

The screenshot shows the EEPROM Tool interface with the following data in the memory dump table:

EFF34	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
EFF44	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
EFF54	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
EFF64	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
EFF74	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	0000	0000	0000
EFF84	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
EFF94	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
EFFA4	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
EFFB4	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
EFFC4	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
EFFD4	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
EFFE4	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
EFFF4	0000	0000	0000	0000	0040	0000	0000	0000
F0004	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
F0014	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
F0024	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
F0034	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

The value '0040' at address EFFF4 is highlighted in red, and the text 'No Data!' is overlaid in red on the row containing it.

A CDMS egy tesztkimenete *Forrás: MTA EK*

Ez a 16 bites processzor Forth programozási nyelvre optimalizált struktúrájú, a Forth-utasítások végrehajtását hardveresen támogatja, ez biztosítja gyors működését. A Forth ma már feledésbe merült veremorientált (stack oriented) programozási nyelv. A nyelv két vermet használ, az egyiket az adatok tárolására, a

másikat az utasítás-végrehajtáshoz. Az aritmetikai kifejezéseket RPN szintaxissal (Reverse Polish Notation) kell megadni, melynek lényege, hogy az adatokat a műveleti sorrend szerint a verembe kell írni. Meghívva a szükséges műveletet, az eredmény az adatverem tetejére kerül. A működtető programot tömörítve, négyszeresen tárolták az újraírható memóriában (EEPROM), az indítási és öntesztelést végző program csak olvasható memóriából (PROM) fut, és az elsőnek talált hibátlan működtető programot a RAM memóriából futtatja. Az EEPROM és RAM memóriákat Hamming kódolású hibavédelemmel látták el.

A CDMS feladatainak ütemezésére, párhuzamos futtatására saját fejlesztésű, valós idejű, preemptív, többfeladatos operációs rendszerre volt szükség. A földi parancsok számának csökkentésére a leszállóegység műveleteinek irányítása a statikus és dinamikus működést leíró paramétertáblák segítségével történt. A táblázatokat még a leszállás előtt fel lehetett tölteni, és a körülmények pontosabb ismerete alapján a megfelelő működtető szekvenciát földi paranccsal kellett indítani.