

MAGYAR RÉSZVÉTEL A VEGA-ŰRMISSZIÓBAN

Tátrallyay Mariella
Wigner Fizikai Kutatóközpont

Űrszondák a Halley-üstökösnél

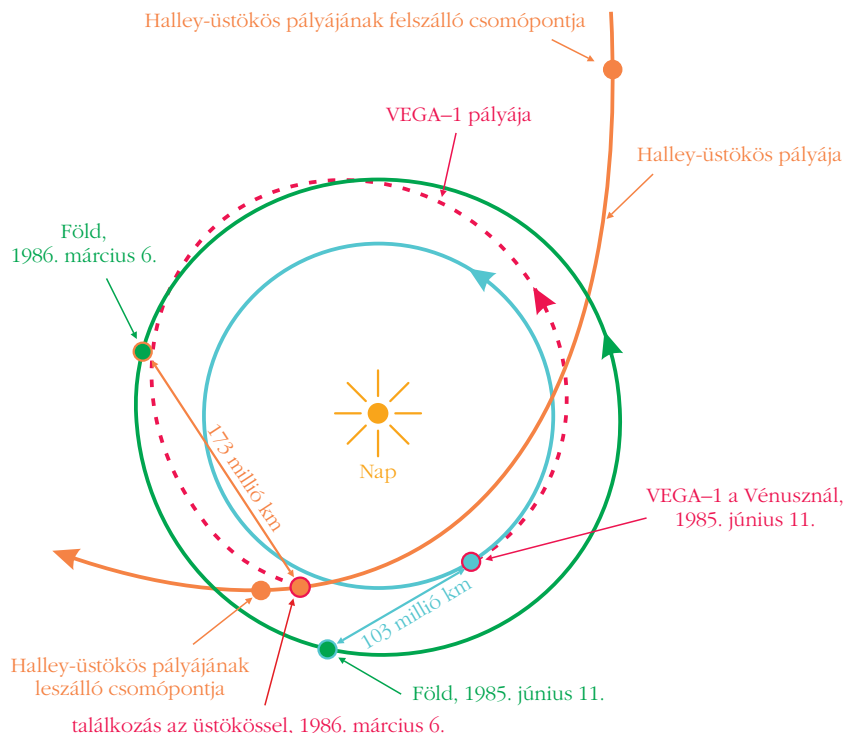
A 18. század elején *Edmond Halley* angol csillagász egy 1682-ben észlelt üstökös pályájának vizsgálata alapján arra a megállapításra jutott, hogy az 1531-ben és 1607-ben feljegyzett látványos égi jelenséget ugyanaz az üstökös okozta, amely körülbelül 76 évenként tér vissza a Nap közelébe, és következő megjelenése 1758-ban várható. A prognózis igaznak bizonyult, így az üstököst róla nevezték el.

A Halley-üstököst 1910-ben szabad szemmel is jól láthatták az emberek, mivel a Föld az üstökös csóvájába került. Következő visszatérése a Nap közelébe 1986-ban nem ígérkezett különösen látványosnak a Föld felszínéről, viszont az űrkutatás akkor már annyira fejlett volt, hogy több ország űrügynöksége fontolóra vette, hogy űrszondát küldjön az üstökös közelébe.

A szovjet Interkozmosz VEGA-missziójának szervezése 1980 nyarán a budapesti COSPAR-konferencián kezdődött [1]. Ekkor merült fel az ötlet, hogy a szovjet-francia együttműködésben a Vénusz légkörének kutatására tervezett szonda pályája módosítható úgy, hogy 1986. március elején a Halley-üstökös közelébe is eljusson. Ezután *Roald Z. Szaggyejev*, a moszkvai Űrkutatási Intézet igazgatójának vezetésével széleskörű nemzetközi együttműködés alakult két Venyera típusú (korábban a Vénusz kutatására készült) szonda felszerelésére olyan műszerekkel, amelyek alkalmasak az üstökös magja, valamint a környezetében található por, gáz és plazma vizsgálatára. A Vénusz bolygó és a Halley-üstökös orosz nevének kezdőbetűiből (Ve-Ga) alakult ki a kettős célú misszió neve.



Tátrallyay Mariella okleveles geofizikus (1966, ELTE) és fizikus (1970, ELTE), a földtudomány kandidátusa (1978, MTA). Jelenleg a Wigner FK Űrfizikai Csoportjának nyugalmazott főmunkatársa. Kutatási szakterülete az űrplazmafizika: a Föld, Vénusz, Mars és üstökösök környezetében található plazma és a napszél kölcsönhatásának vizsgálata űrszondák mérései alapján. 1993 óta részt vesz az ESA jelenleg is futó Cluster programjában, a Cluster Magyar Adatközpont munkatársa, korábban vezetője.



1. ábra. A VEGA-1 szonda pályája (szaggatott görbe) a Vénusztól a Halley-üstökösig. A Vénusz helyzete 1985. június 11-én, a Halley-üstökös helyzete – pályáját narancsszínű görbe jelzi – 1986. március 6-án látható [2].

A két VEGA-szondát 1984. december 15-én, illetve 21-én indították Bajkonurból, majd 1985. június közepén elérték a Vénuszt, ahol ballont bocsátottak a bolygó sűrű légkörébe. Az 1. ábra [2] mutatja a VEGA-1 pályáját a Vénusztól a Halley-üstökössel 1986. március 6-án bekövetkezett találkozásig. A Föld és a Vénusz közötti távolság 103 millió km volt 1985. június 11-én, amikor a VEGA-1 elhaladt a bolygó mellett. A Föld és az üstökös közötti távolság a VEGA-1 találkozó idején 173 millió km, a VEGA-2 találkozó idején 162 millió km volt, mindkettő nagyobb a Nap-Föld-távolságnál.

Az Európai Űrügynökség (European Space Agency, ESA) és a japán Űrkutatási és Űrhajózási Intézet (Institute of Space and Astronautical Science, ISAS) is küldött űrszondát a Halley-üstököshöz. Az amerikai NASA nem tervezett űrmissziót, de földi megfigyelésekkel támogatta a nemzetközi „Halley-armadát”. Az öt szonda üstökösmegközelítésének legfontosabb adatai az 1. táblázatban szerepelnek: a maghoz legközelebbi pont elérésének ideje, a távolság a magtól és a relatív sebesség.

1986. március 6-án a VEGA-1 volt az első űrszonda, amely közelről fényképeket készített egy üstökös

1. táblázat			
Az öt Halley-szonda 1986. évi üstökös-megközelítésének adatai.			
a szonda neve, űrügynökség	az üstökös-maghoz legközelebbi		relatív sebesség (km/s)
	időpont (GMT)	távolság (km)	
VEGA-1, Interkozmosz (szovjet)	márc. 6. 07:20	8 890	79,2
Suisei, ISAS (japán)	márc. 8. 13:06	151 000	~ 73
VEGA-2, Interkozmosz (szovjet)	márc. 9. 07:20	8 030	76,8
Sakigake, ISAS (japán)	márc. 11. 04:18	~ 7 000 000	
Giotto, ESA (európai)	márc. 14. 00:03	~ 596	68,4

magjáról. A maghoz legközelebb az Európai Űrügynökség Giotto-szondája jutott, köszönhetően az Interkozmosz, ESA, ISAS és a NASA korábban soha nem tapasztalt együttműködésének. A „Pathfinder” projekt keretében a VEGA-szondák észlelései alapján pontosítani lehetett az üstökös pályáját, a NASA VLBI adatai alapján pedig a szondák helyzetét tudták nagyon pontosan meghatározni. Így az üstököshöz néhány nappal később érkező Giotto 596 km-re tudta megközelíteni az üstökös magját. A Halley-üstökös retrográd pályán kering a Nap körül, ezért a szondák nagy relatív sebességgel haladtak el az üstökös-mag mellett, annak Nap felőli oldalán és csak néhány órát töltöttek a magot körülvevő gáz- és porkómában.

Magyar részvétel a műszerek fejlesztésében

A két egyforma VEGA-szonda 3 tengelyre stabilizált űreszköz volt, fedélzetükre a Vénusz légkörébe küldött ballonon kívül az üstökös-kutatásra alkalmas optikai berendezések, pormérő műszerek, semleges- és töltött-részecske-detektorok, valamint elektromos és mágneses teret érzékelő műszerek kerültek. A tudományos berendezések tervezésében és építésében az Interkozmosz tagországain kívül nyugat-európai, sőt amerikai kutatók is részt vettek, így ez az űrmisszió a szovjet űrkutatás legnagyobb és legsikeresebb nemzetközi programja lett. 1986. március 6-án és 9-én különböző országokból származó kutatók, köztük neves tudósok figyelhették a VEGA-1, majd a VEGA-2 szonda sikeres találkozásjáról valós időben érkező adatokat a moszkvai Űrkutatási Intézetben. Az első találkozót az egyik jelentős amerikai televíziós társaság, az ABC is élőben közvetítette [2, 3].

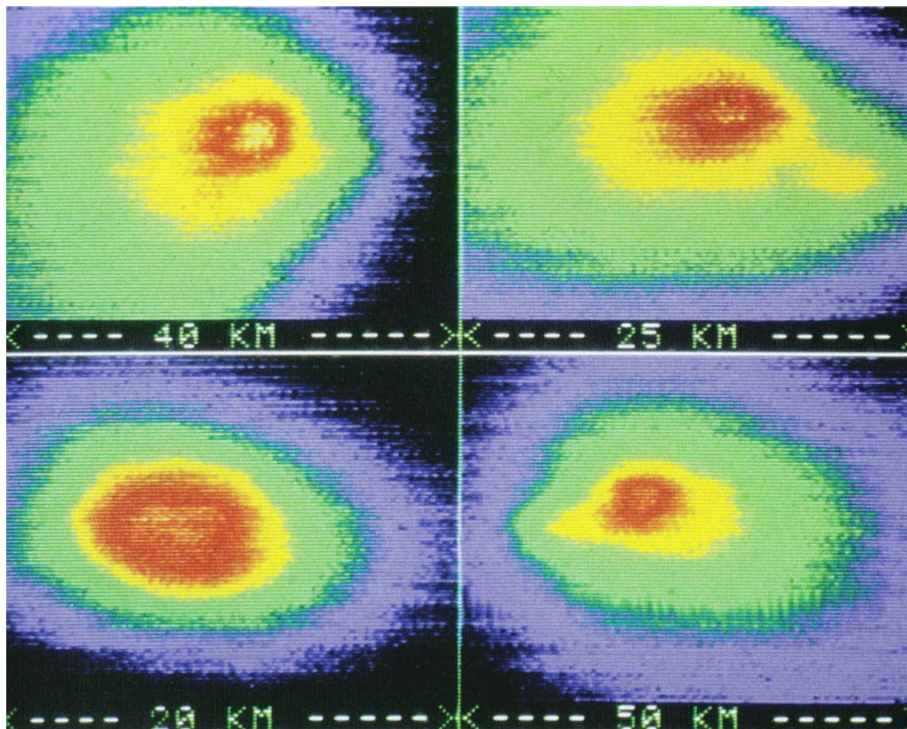
A sok kutatóhelyen, párhuzamosan folyó munkálatokat a VEGA Nemzetközi Tudományos és Technikai Bizottsága irányította, amelynek több magyar tagja volt, köztük *Szegő Károly*. Az űrmisszióról és a szondák tudományos berendezéseiről részletes magyar nyelvű ismertetés jelent meg a *Fizikai Szemle* 1985/7. számában [4]. Jelen írás csak a magyar részvétellel készült műszereket mutatja be röviden.

A VEGA-űrmisszió legfontosabb berendezése a televíziós rendszer (TeleVision System, TVS) volt, készítésében a magyar szakemberek komoly feladatokat vállaltak szovjet és francia kutatókkal együttműködésben [5]. A TVS vezető kutatója, egyúttal az űrmissziót irányító bizottság elnöke R. Z. Szaggyejev volt. A KFKI Részecske- és Magfizikai Kutató Intézetének munkatársai fejlesztették a TVS elektronikus rendszerét, amelynek egyik mikroszámítógépe az üstökös felismerését és követését, a másik a képfelvételt irányította. Erről a munkáról részletes ismertetés található a jelen cikk-

gyűjteményben *Szalai Sándor* és *Nagy János* írásában. A Budapesti Műszaki Egyetem Mikrohullámú Tanszékén készült a TVS kifestésű tápellátását biztosító egység. A BME mérnökei részt vettek a szondák fedélzeti adatgyűjtő és adattovábbító egységének (BLISZI) fejlesztésében is.

A moszkvai Űrkutatási Intézet vezetésével, a KFKI Atomenergia Kutató Intézet és a nyugatnémet Max-Planck-Intézet (Lindau) szakembereinek közreműködésével készült a PLAZMAG plazmaanalizátor, amely hat érzékelő egységből állt [6]. Egy félgömb-szelet-alakú elektrosztatikus spektrométer a Nap irányából (Solar Direction Analyzer, SDA), egy hasonló analizátor (Cometary Ram Analyzer, CRA) az üstökös-mag irányából érkező pozitív ionokat észlelte. A $38^\circ \times 30^\circ$ látószögű SDA-spektrométer 60 (logaritmikus léptékben egyenlő) energiasávban detektálta az 50 eV és 25 keV közötti energiájú napszéliionokat. A $14^\circ \times 32^\circ$ látószögű CRA-analizátor 120 energiasávban mérte az üstökösből származó ionokat a 15 eV és 3500 eV közötti tartományban. Mindkét ionspektrométer energiefelbontása $\Delta E/E = 0,055$ volt. A hengerpalást-szelet-alakú, $7^\circ \times 7^\circ$ látószögű elektronspektrométer az ekliptika síkjára merőleges irányból érkező elektronokat észlelte a 3 eV – 10 keV energiatartományban. A PLAZMAG-berendezés része volt két fékező-potenciál-analizátor (Faraday-kalitka), amelyek közül a $84^\circ \times 84^\circ$ látószögű SFC a Nap irányából érkező teljes ionfluxust mérte, a $25^\circ \times 25^\circ$ látószögű RFC az üstökös-mag irányából érkező ionfluxuson kívül a semleges részecskeáram intenzitását is mérni tudta. Magyar kutatók készítették a PLAZMAG-berendezés elektronikáját, majd részt vettek az adatok feldolgozásában és értelmezésében is.

A KFKI RMKI irányításával készült az energikus (a PLAZMAG-berendezéshez viszonyítva nagyobb energiájú) töltött részecskéket mérő TÜNDE-spektrométer, amely a pozitív ionokat a 40–630 keV energiatartományban észlelte az üstökös közelében [7]. Az energiefelbontás 490 keV alatt 10 keV, felette 20 keV volt. A berendezés alkalmas volt nagyobb energiájú elektronok és pozitív ionok mérésére is. A műszer elektronikáját magyar kutatók fejlesztették, a szilíciumdetek-



2. ábra. A VEGA-1 hamis színezésű felvételei az üstökös magról különböző távolságokból: felül közeledéskor (bal oldalon 22 000 km, jobb oldalon 12 000 km), alul bal oldalon 9300 km (a legnagyobb megközelítés körül), alul jobb oldalon távolodáskor 23 000 km. A színek kéktől vörös felé a növekvő fényintenzitást jelölik [2].

torokat tartalmazó két teleszkóp szovjet és nyugat-német szakemberek közreműködésével készült. A teleszkópok tengelye az ekliptika síkjában feküdt, a látószög egy 50° nyílásszögű kúp volt. Az üstökös közelében fontos méréseket végző teleszkóp a Nap irányára merőlegesen, a szonda haladásával közel ellentétes irányba nézett.

Szegő Károly aktív tagja volt mind a három magyar közreműködéssel készült berendezés munkacsoportjának. A misszió kezdeti szakaszától részt vett a feladatok koordinálásban, a műszerek építésének felügyeletében, az üstökösök tanulmányozásával kapcsolatos elméleti felkészülésben, végül a VEGA-szondák által mért adatok feldolgozásában és értelmezésében is. Szerzője, illetve társszerzője lett számos tudományos publikációnak, amelyek a VEGA-szondák észleléseit használták fel.

Magyar részvétel a képfeldolgozásban

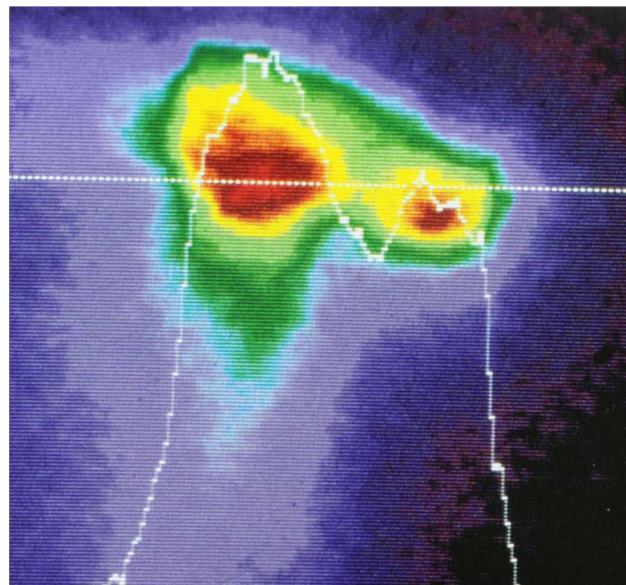
Már két hónappal a Giotto- és a VEGA-űrszondák üstökössel történt sikeres találkozási után publikáltak néhány képet a magról a *Nature* folyóirat 1986. május 15-i 321/6067. számában. A három szonda által készített összes felvétel feldolgozása azonban hosszú ideig tartott, végül az ESA 1995-ben adta ki a legjobb felvételeket. Ez a kétkötetes monográfia (*ESA SP-1127*) méltó lezárása volt a Halley-üstökös kutatására szerveződött nemzetközi, űrügynökségeket ösz-

szefogó együttműködésnek, amely az 1980-as évek elején kezdődött. A 2. kötetben a VEGA-misszió különböző fázisaiban részt vevő kutatók bemutatták a képalkotó berendezéseket, azok kalibrálását a földön és az űrben, irányítását a repülés során, valamint az alkalmazott képfeldolgozási eljárásokat és azok eredményeit is.

A VEGA-szondák az üstökös mag mellett elhaladva több mint hetven felvételt készítettek annak környezetéről 50 000 km-nél kisebb távolságból, a Nap-irányhoz képest különböző látószögekből [5]. A két VEGA-szonda üstökös-maghoz közeli észlelései között 3 nap telt el, ez okozta, hogy a két megfigyelési időszakban készült felvételeken a fényintenzitás eloszlása nagyon különböző képet mutatott. A 2. ábra [2] mutatja a

VEGA-1 négy hamis színezésű felvételét, amelyek az üstökös-maghoz legközelebb töltött körülbelül 9 percen belül készültek. A bal oldali alsó kép 9300 km távolságban készült, néhány másodperccel a legnagyobb megközelítés előtt. A színek a fényerősséget jelzik, külön méretarány található mindegyik kép alatt. A 3. ábrán [2] látható a VEGA-2 8300 km távolságból készült felvétele a magról, amely jelentősen eltér a VEGA-1 által

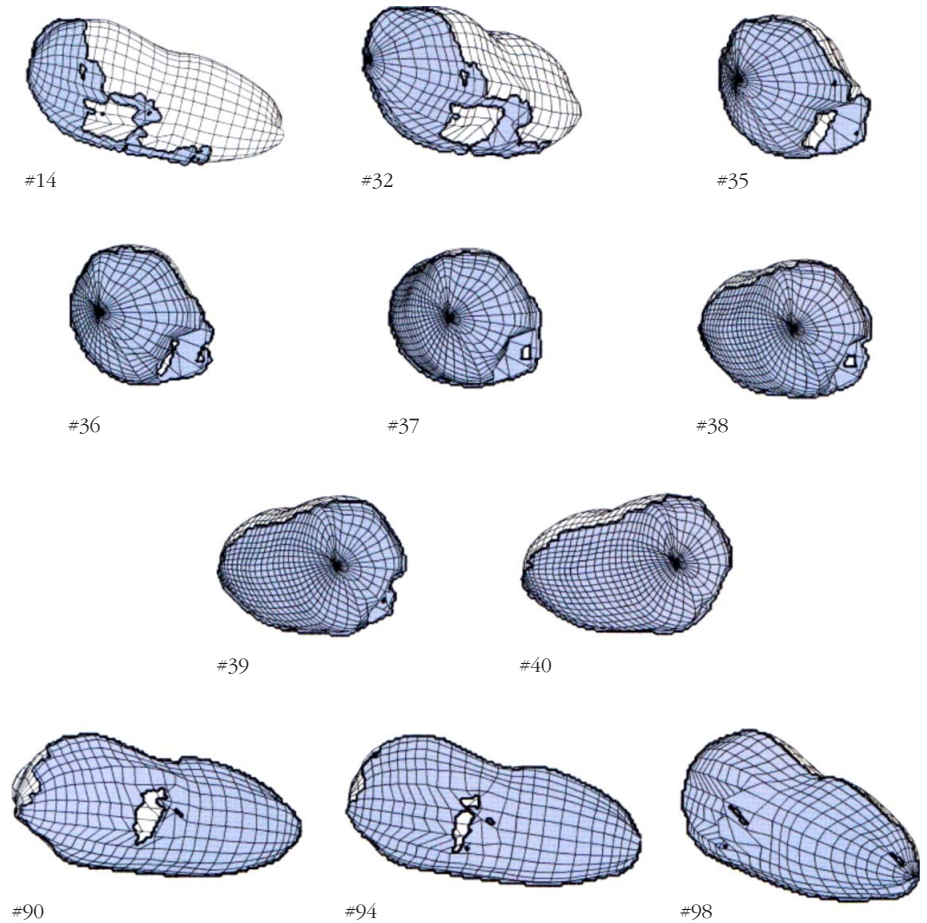
3. ábra. A VEGA-2 hamis színezésű felvétele 8300 km távolságból. A színek kéktől vörös felé a növekvő fényintenzitást jelölik. A fehér görbe a szaggatott egyenes mentén mért teljes fényerőt mutatja [2].



látott képtől. A felvételek első elemzési szakaszában megállapították, hogy az üstökös magja szabálytalan burgonya alakú, amely forog és leghosszabb tengelye közelítőleg a szonda felé irányult a VEGA–1 találkozáskor, míg a VEGA–2 inkább a hossz-tengely mentén haladt [5].

Az üstökös mag közelében készült felvételeken a mag felszínéről sugárirányban kiáramló porfelhők látszanak a legfényesebbnek a porszemcséken történő erős fényszóródás miatt. A 3. ábrán egy lefelé irányuló porkilövellés által okozott fényintenzitás-növekedés látszik. A mag kontúrja egy-egy kép alapján nem határozható meg, mivel a napsütötte oldalon a mag felszíne és peremvonalai a fényes porfelhők miatt alig láthatók, míg az árnyékos oldalon a sötétségbe vesznek. Ezért az üstökös mag alakjának pontosabb meghatározása modellszámítások segítségével történt. A tudományos eredményeket Szegő Károly foglalta össze az ESA-monográfia 2. kötetében megjelent írásában [8].

Az üstökös mag kontúrvonalainak megtalálása fontos kiindulópont volt a mag alakjának és méretének meghatározásához. Első lépésként a kutatók kiválasztottak 63 magközei felvételt, amelyeket a VEGA–1 szonda különböző látószögekből készített. Az első és az utolsó felvétel közötti látószög különbsége körülbelül 160° volt, közelítőleg szimmetrikusan a mag leghosszabb tengelyére. A napsütötte peremvonalak és az árnyékhatarok helyzetét körülbelül 0,5 km pontossággal sikerült meghatározni, ha azokat nem fedte el fényes porfelhő. A mag alakjának rekonstruálása céljából egy 1000 felszíni pontot tartalmazó hálómodellt illesztettek a képekre. Ezután az így kapott modellt a VEGA–2 által a maghoz nagyon közel készített három felvétellel hasonlították össze, amelyek 70° -os látószögtartományban készültek. Végül egy Giotto-képen is tesztelték a modellt, feltételezve, hogy a mag forog az alábbiakban részletezendő módon. A 4. ábra [8] mutatja a mag háromdimenziós modelljét a VEGA–1 63 felvétele közül nyolc pozícióból, valamint a VEGA–2 három magközei helyzetéből nézve. Az összes felvétellel legjobban illeszkedő hálómodell a mag méretére a



4. ábra. A Halley-üstökös magjának háromdimenziós modellje, ahogyan a két VEGA-szonda különböző távolságokból láthatta. A napsütötte részek a sötétebbek. A felső sorban a VEGA–1 közelítésekor #14: 33 398 km, #32: 10 500 km, #35: 8904 km; a 2–3. sorban a VEGA–1 távolodásakor: #36: 8943 km, #37: 9297 km, #38: 9809 km, #39: 10 327 km, #40: 11 412 km. Az alsó sorban a VEGA–2 legközelebb: #90: 8030 km, távolodáskor #94: 11 038 km, #98: 16 462 km [8].

következő értékeket adta: hossza a három fő tengely irányában $15,3 \times 7,2 \times 7,22$ km, térfogata 365 km³. A hosszúka alakú mag két végének átmérője különbözik, a vastagabb széle mellett volt a VEGA–1 szonda pályájának üstököshöz legközelebbi pontja.

A magfelület albedóját a találkozó előtt a Jupiterről készült felvételekkel történt összehasonlítás útján állapították meg $0,04 (+0,02, -0,01)$ értékben [8]. Az albedóra kisebb, a mag méretére viszont nagyobb értéket kaptak az előzetesen vártnál, ez egyezik a geometriai keresztmetszet és az albedó szorzatára vonatkozó adattal, amely ismert volt már a találkozó előtt. A mag felülete semleges színűnek, de inhomogénnek látszott. A VEGA-szondák által készített képek alapján négy, a felületből kiemelkedő alakzatot lehetett azonosítani, magasságuk körülbelül 100 m, vízszintes kiterjedésük 1 km körül lehetett. Ezek a kiemelkedések a 4. ábra modellképein is láthatók.

Az üstökös mag forgását sok kutató vizsgálta, és részben egyező, részben egymásnak ellentmondó eredményekre jutottak [8]. Az 1910-ben készült képeken látható porkilövedések görbületének alapján feltételezték, hogy a mag direkt (az üstökös pálya

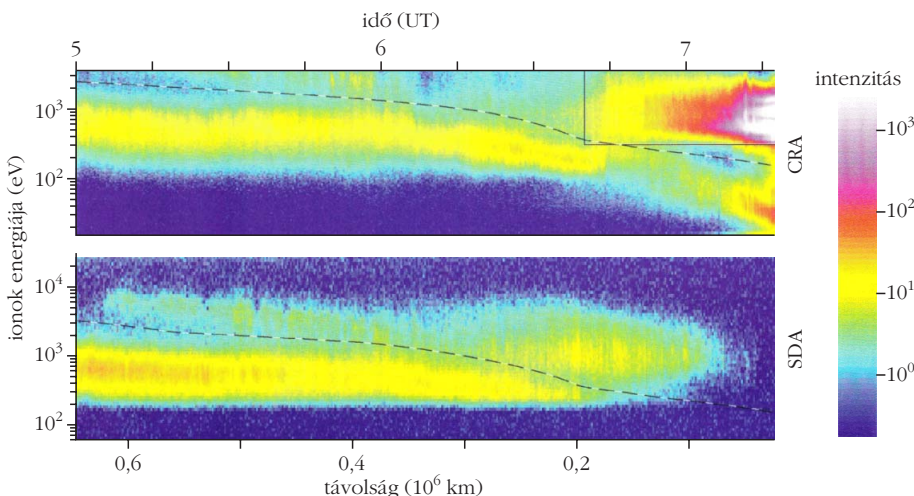
menti mozgásával ellenkező) irányban forog körülbelül 2,2 nap periódussal. Ezt az értéket az üstökös 1986-os visszatérésekor több kutatás megerősítette, míg más vizsgálatok körülbelül 7,4 napos periodicitást találtak földfelszínről mért adatokban. Magyar kutatók egy $16 \times 8 \times 7$ km méretű tehetetlenségi ellipszoidra vonatkozó forgási egyenletek megoldása útján arra a megállapításra jutottak, hogy a mag többféle mozgást végez: 2,24 napos periódussal forog a legkisebb tengelye körül, miközben a leg-hosszabb tengely mentén forog és billeg fel-le 7,66 napos periódussal [8, 9].

A mag anyagának sűrűségére többféle becslés született, Szegő Károly [8] a VEGA-adatok alapján az 1 g/cm^3 körüli értéket tartotta a legjobb közelítésnek, ami megfelel Whipple korábbi „piszkos hógolyó” modelljének (lásd Tóth Imre írását ebben a számban).

Magyar részvétel a plazmafizikai kutatásokban

Az üstökös mag felszínéről 1 km/s körüli sebességgel kilépő semleges részecskék nagy távolságba eljuthatnak. Miután ezek a protonoknál nagyobb tömegű molekulák ionizálódnak, felgyorsulnak a napszél által hordozott mágneses tér hatására, és beépülve a napszéláramba lassítják azt. A magyar közreműködéssel készült töltött részecske-detektorok az üstökös magtól már több millió km távolságban észleltek az üstökösből származó ionokat. A TÜNDE-berendezés az üstökös felé haladva körülbelül 10 millió km távolságban jelentős intenzitásnövekedést mért az 50–60 keV energiatartományban, ami az üstökösből származó nehéz ionok jelenlétére utalt. Ezek a fluxusnövekedési csúcsok az üstököshöz közeledve egyre nagyobbakká váltak, majd a 40–50 keV tartományban is növekedett az ionok fluxusa [7].

5. ábra. A PLAZMAG-berendezés üstökös irányú (CRA) és Nap-irányú (SDA) ionanalizátora által mért spektrogramok a VEGA-2 találkozója előtti 2 óra 18 percben. A függőleges tengelyeken az ionok energiája, a vízszintes tengelyeken lent az üstökös magtól mért távolság, fent a világidő. A színek a jobb oldali skála szerint a részecskék számát mutatják [10].



A PLAZMAG-berendezés üstökös irányába néző ionspektrométere (CRA) a magtól körülbelül 6 millió km távolságban észlelt először üstökös eredetű ionokat [6]. A Nap irányába néző analizátor (SDA) mind a két VEGA-szondán zavarokat észlelt a plazmaáramban a magtól 1,1-1,2 millió km távolságban, miközben a napszél sebessége csökkent. Ekkor haladtak át a szondák a fejhullámon, ahol a paraméterek nem ugrásszerűen, hanem fokozatosan és fluktuációkkal zavartan változtak meg. Ezt egyrészt a napszélbe beépülő nehéz ionok hatása, másrészt az észlelés helye okozta. Ugyanis a VEGA-szondák az üstökös–Nap iránytól körülbelül 110° -kal elhajló pályán közeledtek a maghoz, ezért a terminátor síkja mögött haladtak át a közelítőleg paraboloid alakú fejhullámon, amely itt sokkal messzebb volt a magtól, és szélesebb átmeneti tartományként jelentkezett, mint a nappali oldalon. Kifelé haladva, a hasonlóan zavart fejhullám a maghoz közelebb volt észlelhető, mivel ez az átmenet a nappali oldalon történt (zenitszög körülbelül 70°). A TÜNDE-berendezés a fejhullám körüli több százezer km széles tartományban észlelte a legkiemelkedőbb csúcsokat az energikus részecskék intenzitásában [7].

A fejhullámon belüli tartományban a PLAZMAG-berendezés mindkét analizátora észlelte a lelassult és felmelegedett napszél energiaspektrumait. Az 5. ábra mutatja az üstökös irányú CRA- és a Nap-irányú SDA-ionanalizátorok által mért spektrogramokat a VEGA-2 találkozója előtt 1986. március 9-én 5 órától, amikor a szonda az üstökös magtól körülbelül 650 ezer km távolságra volt [10]. A szaggatott vonal alatti energiatartományban a napszélből származó ionok láthatók, a magasabb energiákon a nehezebb, üstökös eredetű ionok. 6 óra 45 perc körül, a magtól körülbelül 160 ezer km távolságban az üstökösionok száma hirtelen megnövekszik a CRA mérései szerint, a napszél ionjai pedig viszonylag gyorsan eltűnnek mindkét analizátor látómezőjéből.

Látszólag egy viszonylag vékony átmeneti réteg választja el a külső, napszél által dominált tartományt a belső térrésztől, ahol már az üstökös eredetű ionok vannak többségben. Mivel a Giotto-szondán fokozatosabb átmenetet észleltek, a gyorsabb változás oka az lehetett, hogy a 3 tengelyre stabilizált szondán a két analizátor látószöge nem fedte le a Nap iránya és az üstökös iránya közötti teljes térszöveget, ezért nem észlelhetők a teljes ionpopulációt.

A CRA-spektrum jobb felső sarkában bekeretezett tartományban jól látszik, hogy a maghoz közeledve egyre több

a maghoz képest alig mozgó ion, amelyek csak a szondához viszonyítva mozogtak. 400 eV és 600 eV között a vízcsoportból származó ionok okozták az intenzitásmaximumot, magasabb energiákon a szén-monoxid, szén-dioxid, sőt még nagyobb tömegű ionok csoportjai is megkülönböztethetők. A találkozói előtti utolsó percekben a 30 eV körüli intenzitásnövekedést a néhány km/s sebességű protonok okozták, amelyek feltehetően nagyrészt az üstökösből származtak. A fejhullámtól a mag felé haladva a TÜNDE-berendezés egyre csökkenő számú energikus részecskét mért, csak a mag közelében volt lokális intenzitásnövekedés [7].

A PLAZMAG-berendezés üstökös irányába néző fékezőpotenciál-analizátora mérni tudta a semleges részecskék intenzitását. Az üstökös felé haladva észlelt részecskeszám-növekedésből – bizonyos feltételezésekkel – ki lehetett számítani az üstökös gázki-bocsátási mértékét. A VEGA-1 mérései alapján a magból kilépő semleges részecskék számára kapott bec-sült érték $1,3 \cdot 10^{30}$ molekula/másodperc volt [6].

A VEGA-misszió lezárása

Az üstökösrel való sikeres találkozásuk után a VEGA-szondák befejezték küldetésüket, bár a tudományos berendezések egy része működőképessé maradt a találkozás után is. A tévékamerával felvételt is készítettek a Jupiterről tesztelés céljából. A részlegesen sérült nap-elemek használhatók voltak, maradt elég üzemanyag is, de nem találtak a szondáknak olyan további célpon-tot, amellyel érdemes lett volna folytatni a VEGA-misz-sziót [2]. A PLAZMAG napszélionokat észlelő detektora a találkozás utáni hónapokban is szolgáltatott hasznos mérési eredményeket a bolygóközi térből. 1986. ok-tóberben érkeztek az utolsó adatok a VEGA-1-ről.

A VEGA-szondák küldetése a tudomány és a Nap-rendszer kutatása történetében valóban úttörő jelen-tőségű űrprogram volt, hiszen először sikerült lefény-képezni egy üstökös magját, és tanulmányozni lehetett annak közvetlen környezetét a kóma belsejében. Az űrkutatás történetében első alkalommal vezéreltek űr-szondákat a fedélzeten történő képfeldolgozás alap-ján. A szondák által gyűjtött adatokból számos publi-káció született a következő évtizedekben.

1986. augusztus 19-én a VEGA-program hat magyar szakmai vezetője a program előkészítésében és sike-res végrehajtásában való magyar részvételért Állami Díj kitüntetésben részesült (6. ábra). A Központi Fizi-kai Kutató Intézet főigazgatója Szabó Ferenc, a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutató Intézetének igazga-



6. ábra. Az 1986. augusztus 19-én Állami Díjjal kitüntetettek az ünnepség után. Balról: Szabó László, Szabó Ferenc, Szalai Sándor, Szegő Károly, Apáthy István és Hetényi Tamás (MTI Fotó: Weber Lajos).

tója Szegő Károly, valamint a KFKI RMKI műszaki igazgatóhelyettese Szabó László tagja volt a VEGA-missziót irányító Nemzetközi Tudományos és Techni-kai Bizottságnak. Elsősorban ők voltak felelősek a magyar kutatóhelyeken készült tudományos berende-zések határidőre történő elkészítéséért megfelelő mi-nőségben. Szalai Sándor az RMKI kutatójaként a TV-rendszer, Apáthy István az Atomenergia Kutató Inté-zet kutatójaként a PLAZMAG-berendezés fejlesztésé-nek vezető mérnöke volt. A BME Mikrohullámú Tan-szék Űrkutató Csoportjának laborvezetője Hetényi Tamás vezette a VEGA-űrszondák adatgyűjtő rend-szerének fejlesztését. A VEGA-misszióban résztvevő több magyar kutató 1987-ben a KFKI-ban Jánossy-dí-ját, 1988-ban magyar–szovjet tudományos együttmű-ködési díjat kapott.

Irodalom

1. T. I. Gombosi: Manifesto of a space scientist. *Perspectives of Earth and Space Scientists* 3/1 (2022) <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2022CN000174>
2. R. Z. Sagdeev: The Vega mission to Halley's comet. *ESA Monograph SP-1127: Images of the Nucleus of Comet Halley*. (1995) 12–19., ESA Publications Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands
3. <https://www.upi.com/Archives/1986/03/06/The-Soviet-spaceship-Vega-1-fulfilled-its-destiny-today-penetrating/7709510469200/>
4. Szegő K., Tóth I.: A VEGA program. *Fizikai Szemle* 35/7 (1985) 241–249.
5. R. Z. Sagdeev et al.: Television observations of comet Halley from Vega spacecraft. *Nature* 321/6067 (1986) 262–266.
6. K. I. Gringauz et al.: First in situ plasma and neutral gas measurements at comet Halley. *Nature* 321/6067 (1986) 282–285.
7. A. J. Somogyi et al.: First observations of energetic particles near comet Halley. *Nature* 321/6067 (1986) 285–288.
8. K. Szegő: Discussion of the scientific results derived from the near-nucleus images. *ESA Monograph SP-1127: Images of the Nucleus of Comet Halley*. (1995) 68–80., ESA Publications Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands
9. L. Földy, K. Szegő, I. Tóth: On the rotation of comet Halley. *Preprint KFKI (1990-26C)*.
10. M. Tátrallyay, K. Szegő, M. I. Verigin, A. P. Remizov: Cometopause revisited. *Advances in Space Research* 16/4 (1995) 435–439.