

Projekt **SPOLEČNÉ VZDĚLÁVÁNÍ PRO SPOLEČNOU BUDOUCNOST**

# NoGravity 2014

## Kosmonautika, kosmický výzkum a technologie





# *ROSETTA – prvýkrát v histórii: Ako pristáť na kométe ?*



motto:

*Načo vyhadzovať peniaze na drahé kozmické sondy, keď „náš domov“ na Zemi má mnoho oveľa vážnejších problémov ?*

---

*Aby nám pomohli pochopiť:*

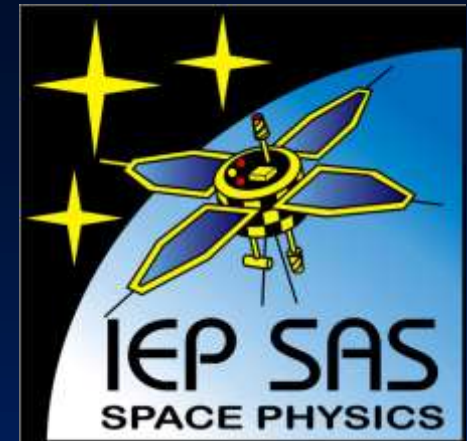
*ČO je „náš domov“ a  
KDE sa vlastne nachádza ...*

[ ] National Geographic



# Ústav experimentálnej fyziky SAV

## Oddelenie kozmickej fyziky



# Z histórie košického kozmického výskumu

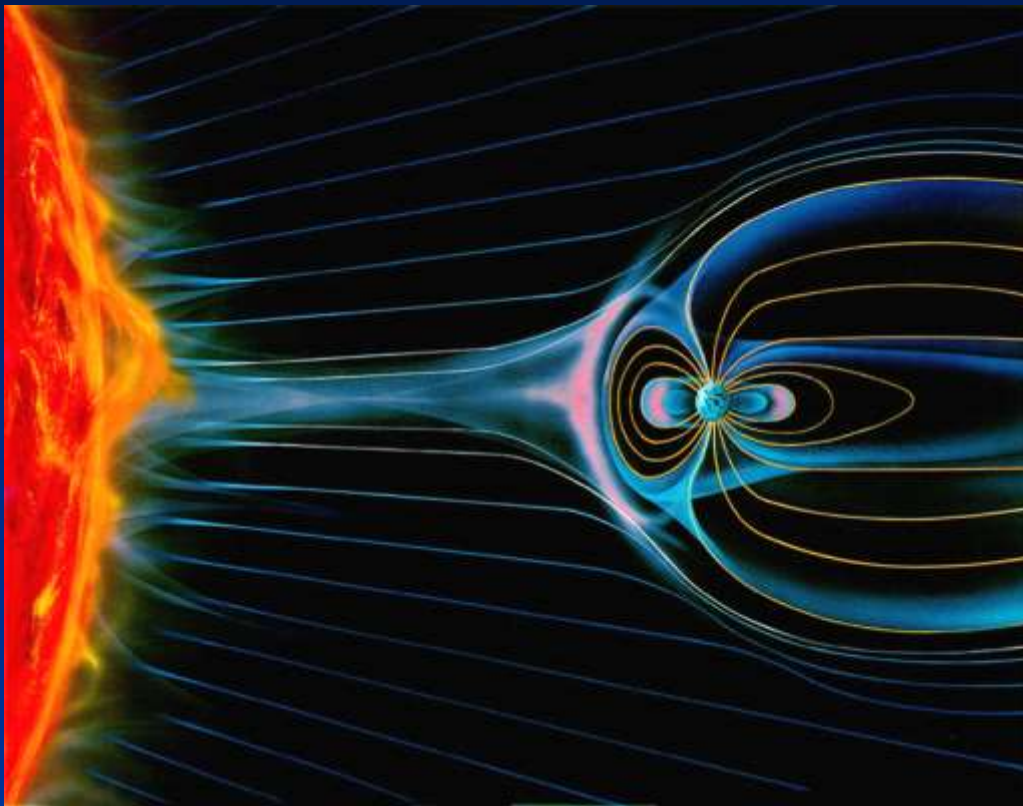


Prof. Juraj Dubinský  
(\*1914 – †1994)

- ❑ 1957/58 – Medzinárodný geofyzikálny rok: Pozemné merania KŽ – Neutrónový monitor na Lomnickom štíte
- ❑ 1966 – Prihlásenie do programu Interkozmos
- ❑ 1970 – prvé vedecké experimenty na orbite s účasťou ÚEF (PG-1, vývoj UK Praha, Interkozmos-3)
- ❑ 1977 – prvá automatická vedecká aparátúra skonštruovaná na ÚEF na orbite (SK-1 na palube satelitu Interkozmos-17)
- ❑ Odvtedy viac ako 20 vedeckých aparátúr v kozme skonštruovaných priamo na ÚEF, prípadne so spoluúčasťou ÚEF.



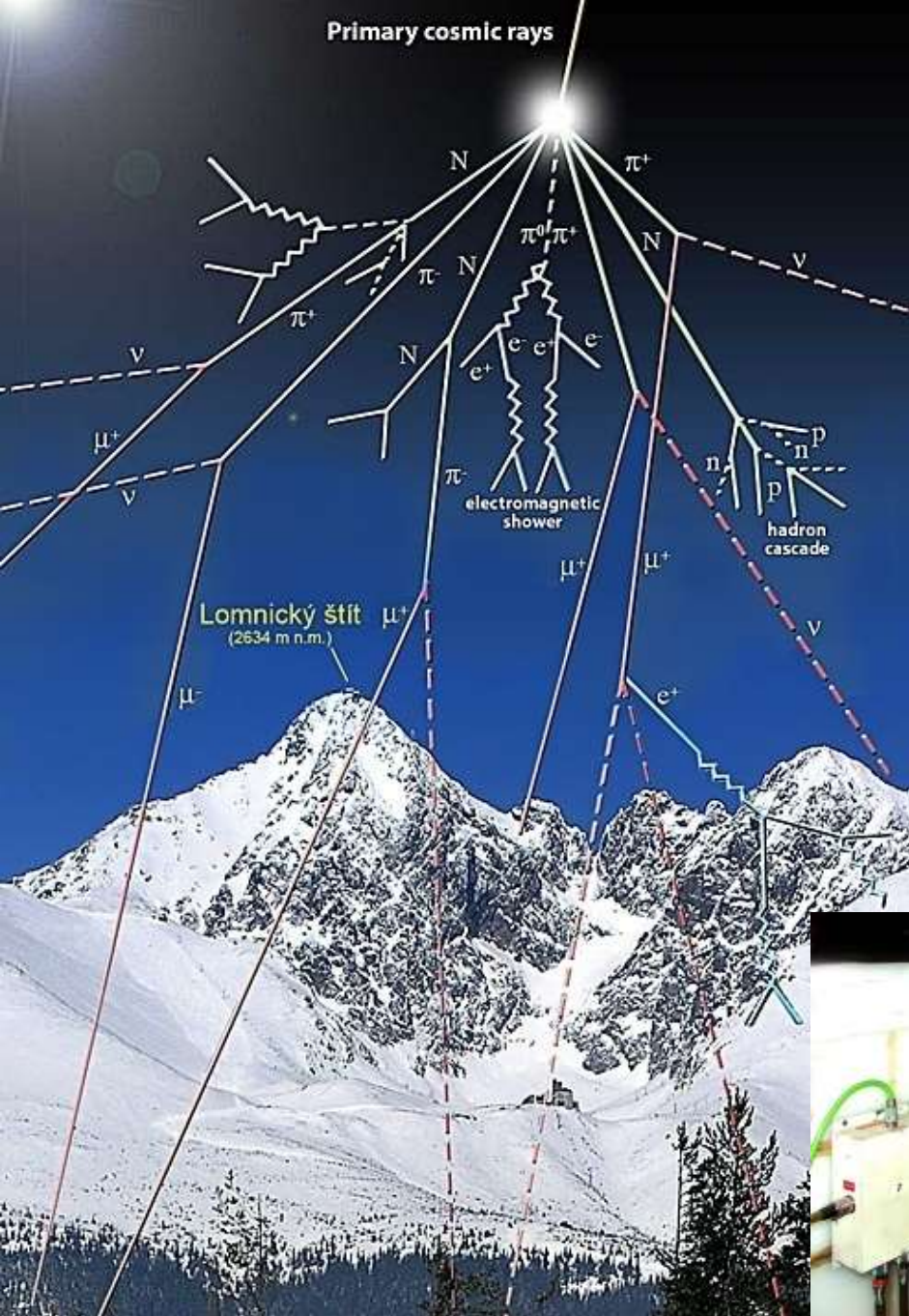
# *Vedecko-výskumné zameranie Oddelenia kozmickej fyziky ÚEF SAV*



## *Kozmická fyzika:*

Výskum fyzikálnych vzťahov v Slnčnej sústave, predovšetkým v systéme Slnko – Zem a to najmä prostredníctvom slnečných energetických častíc a galaktického kozmického žiarenia.





Registrácia kozmického žiarenia na  
**Lomnickom štíte (2634 m. nm)** má  
 tradíciu už od 50-tych rokov 20. storočia,  
 OKF ho zabezpečuje dodnes  
 ( <http://neutronmonitor.ta3.sk> )







**SK-1**  
Interkozmos-17 (1977)



**DOK-T**  
Prognoz-10 (1981)



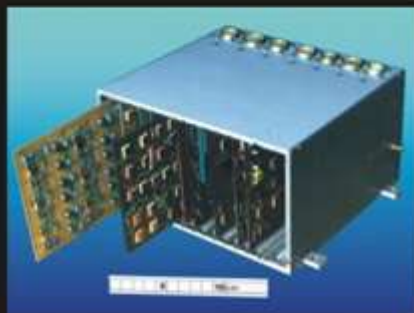
**DOK-1**  
Intershock (1985)



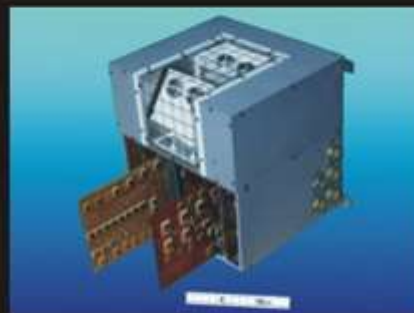
**SPE-1**  
Active (1989), MIR (1996)



**DOK-S**  
Active (1989)...1996 (4x)



**SONG-E**  
Coronas-I (1994), -F.(2001)



**DOK-2**  
Interball (1995, 1996)



**SLED-2**  
MARS-96 (1996)



**ESS**  
ESA-Rosetta (2004)



**NUADU**  
Double Star (2004)



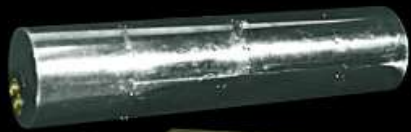
**PEEL**  
HotPay-2 (2008)



**MEP-2**  
Spectrum-R (2011)



# Satelity typovej série **AUOS-Z**



**SK-1**  
**INTERKOZMOS - 17**  
(1977)



**SPE-1**  
**ACTIVE**  
(1989)



**SONG**  
**CORONAS-I**  
(1994)  
**CORONAS-F**  
(2001)



# Satelity typovej série **PROGNOZ**

**DOK-T**

**PROGNOZ-10**

(1981)

**DOK-1**

**INTERSHOCK**

(1985)

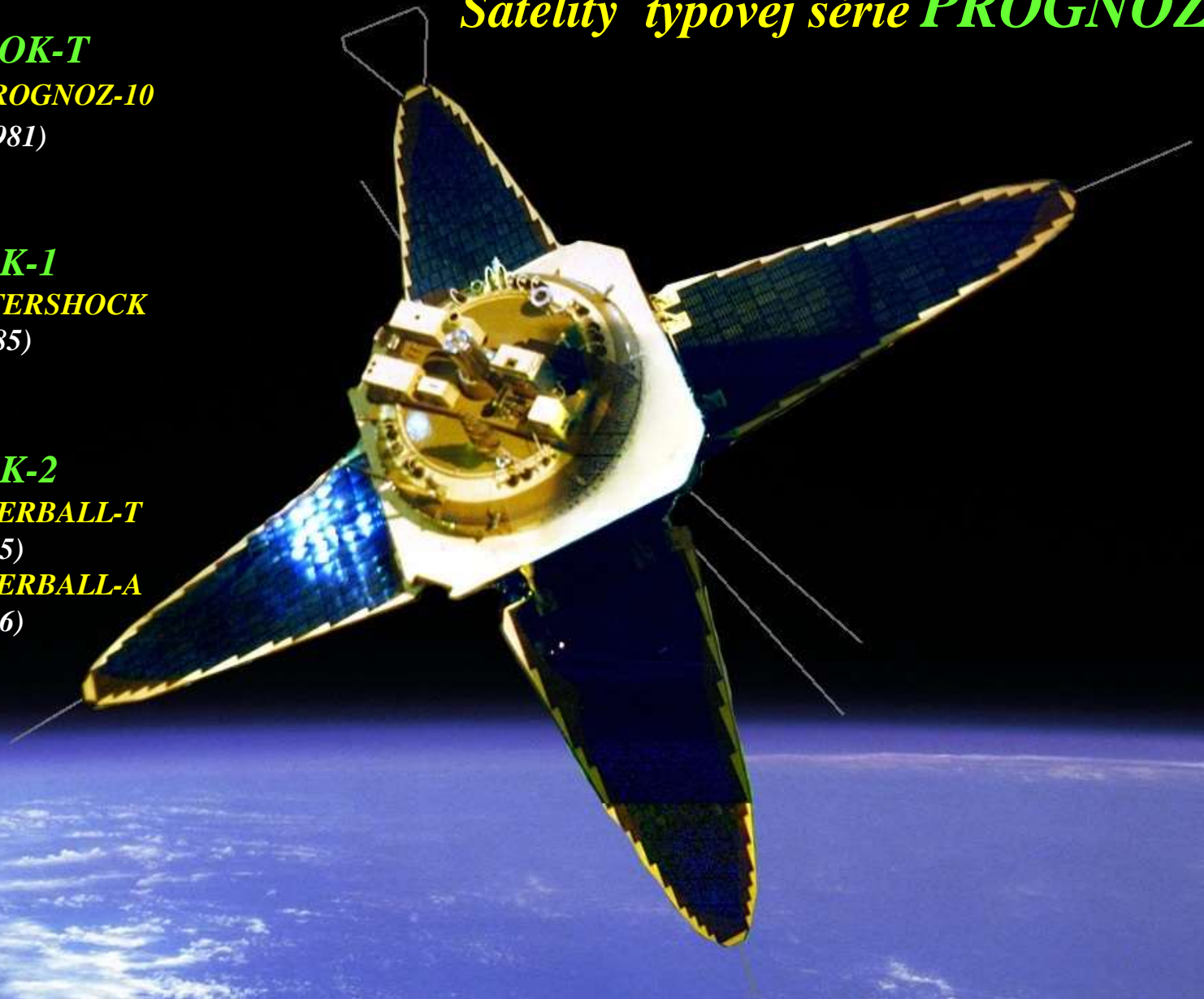
**DOK-2**

**INTERBALL-T**

(1995)

**INTERBALL-A**

(1996)





# Satelity typovej série **MAGION**



**DOK-S** (s FEI-TUKE)



**MAGION-2, ACTIVE** (1989)

**MAGION-3, APEX** (1991)

**MAGION-4, INTERBALL-T** (1995)

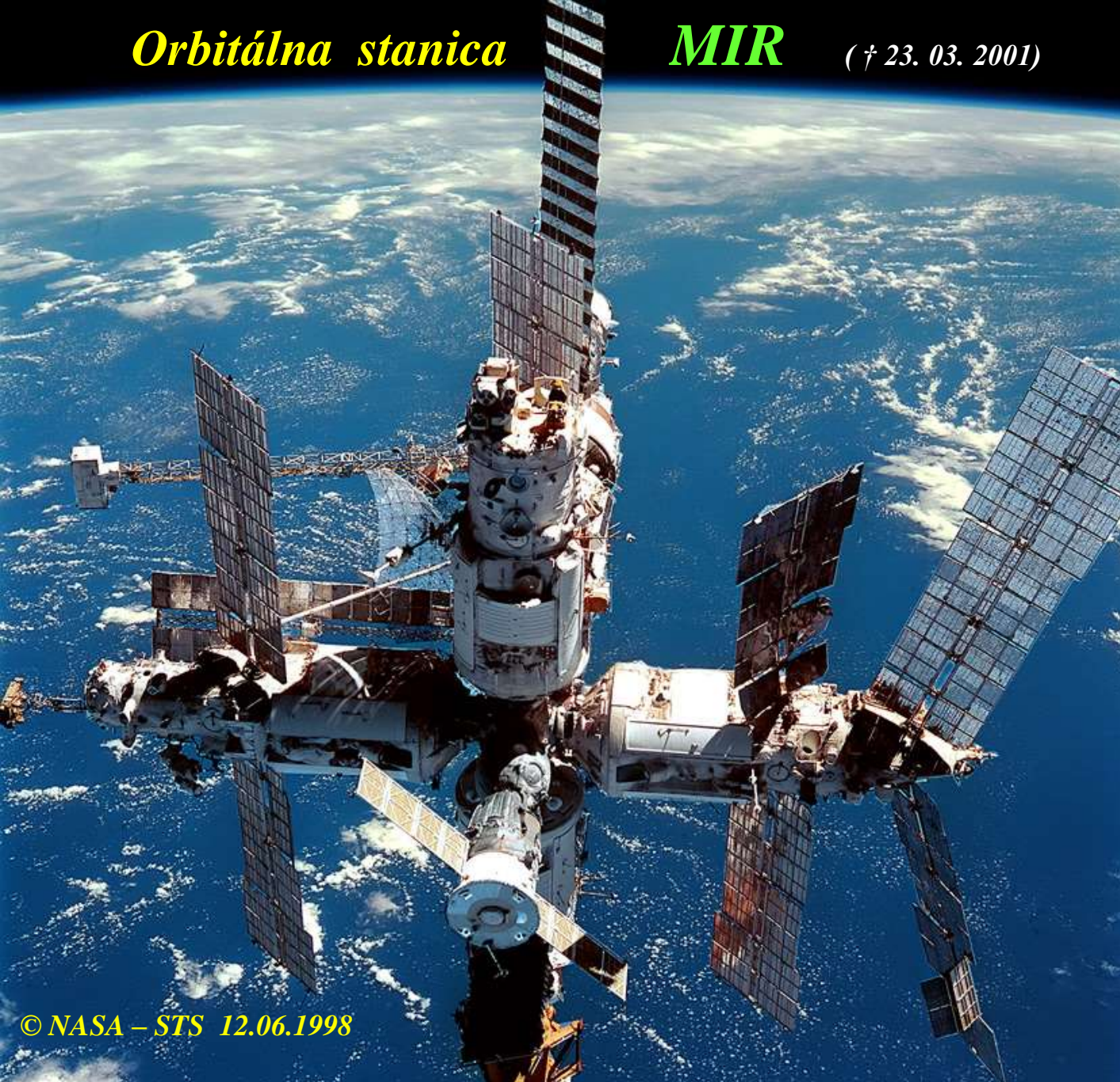
**MAGION-5, INTERBALL-A** (1996)



*Orbitálna stanica*

*MIR*

( † 23. 03. 2001)



*SPE-1M* (1996)

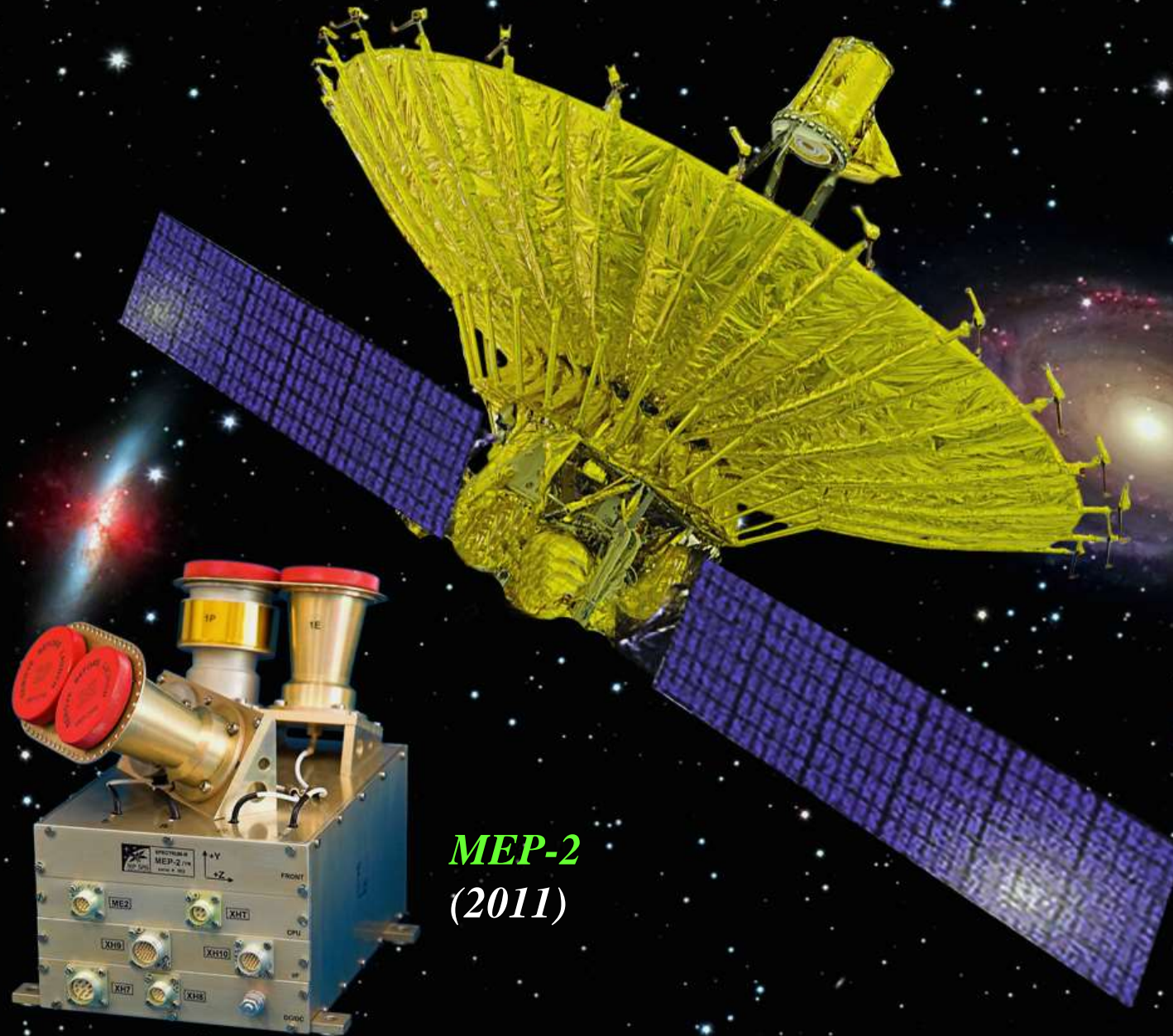


*DOZIMETRIA*  
*Misia ŠTEFÁNIK*  
(1999)



*Ivan BELLA*



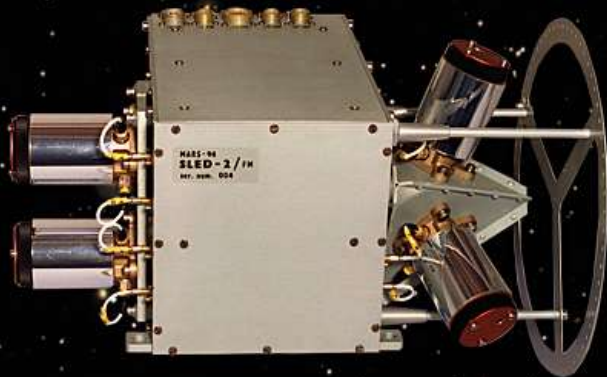


***MEP-2***  
***(2011)***

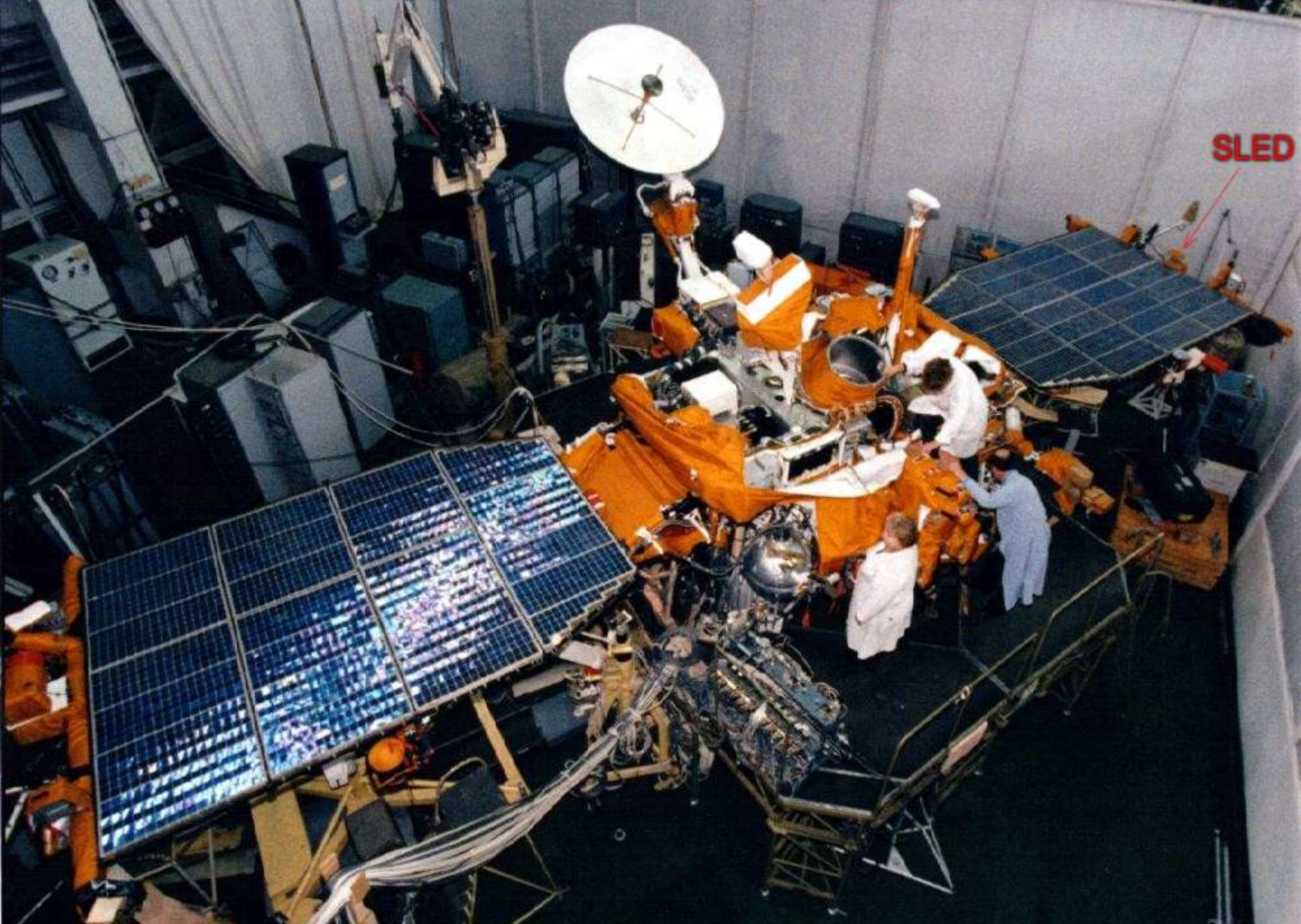
# Misia MARS-96

*STIL (IRL)*  
*MPS (DE)*  
*ÚEF SAV (SK)*  
*AÚ-AVČR (CZ)*  
*KFKI (HU)*  
*IKI (RF)*

**SLED-2**  
(1996)









# Štart MARS-96 z kozmodrómu Bajkonur 16. 11. 1996



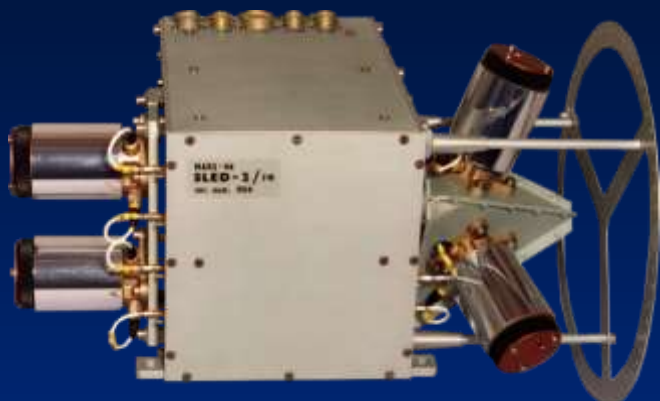


Sonda **MARS-96** nedosiahla únikovú rýchlosť zo Zeme kvôli poruche raketového motora.

Spoločný vývoj aparatury **SLED-2** so „západnými“ pracoviskami kozmického výskumu (**STIL, MPS**) však položil základy ďalšej spolupráce a umožnil ÚEF podieľať sa na projektoch ESA (**Double Star, Rosetta, BepiColombo, JUICE**).

# Vesmírne misie ÚEF-SAV so STIL

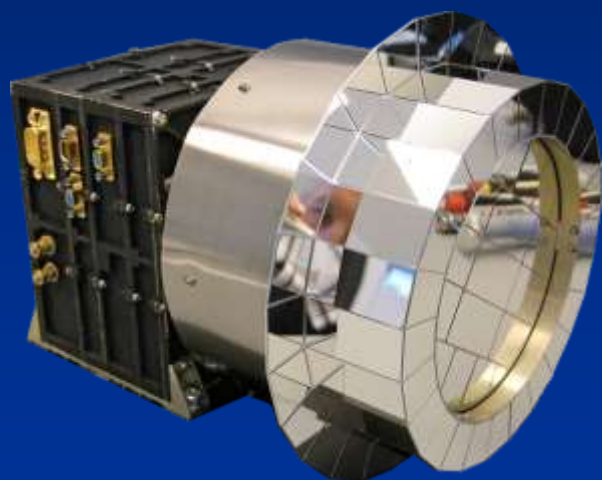
**SLED-2 / Mars-96 (1996)**



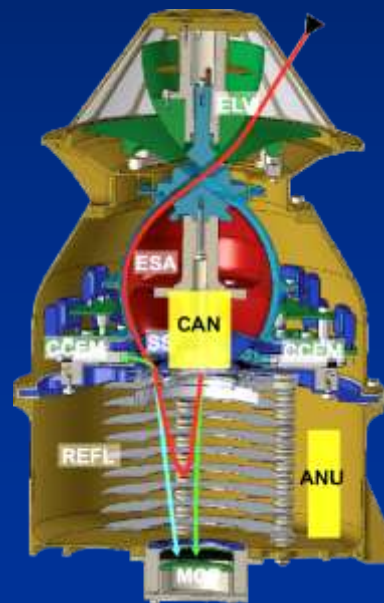
**ESS / Rosetta (2004)**



**NUADU / Double Star (2004)**



**PICAM / BepiColombo (2016 ?)**



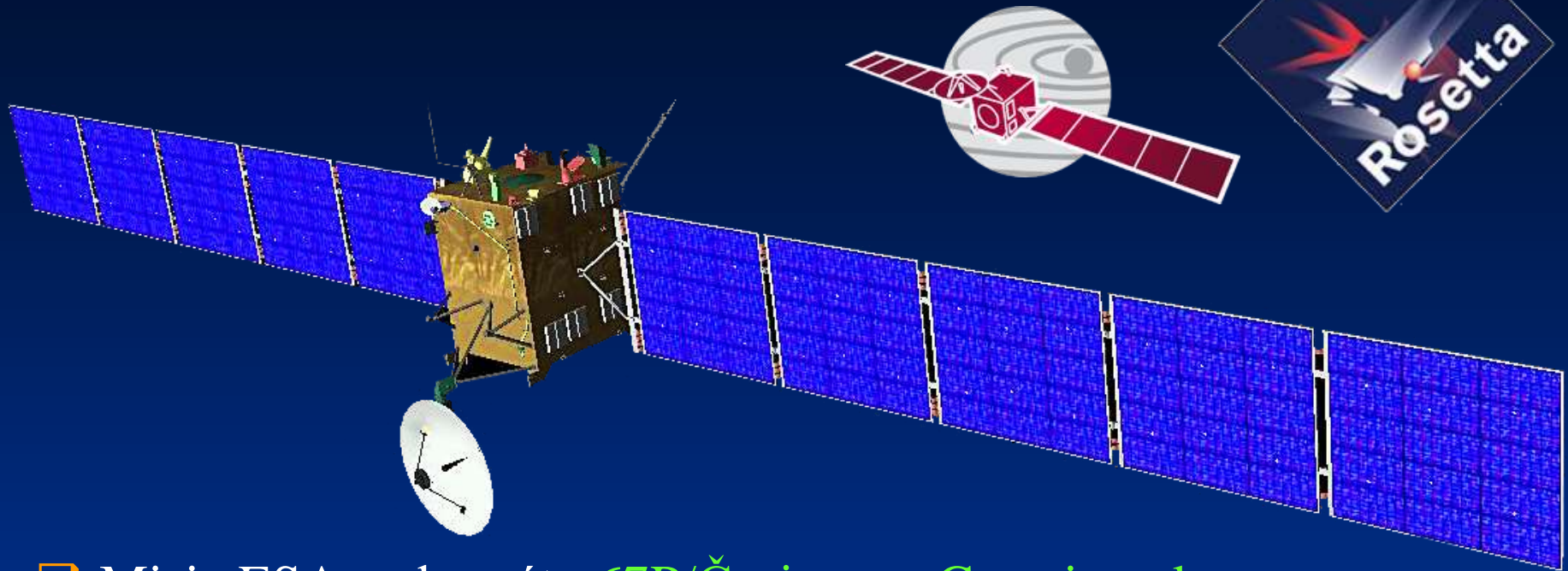
**PEP-JDC / JUICE (2022 ?)**



# *Medzinárodná Cena SAV pre riaditeľku STIL prof. Susan McKenna-Lawlor (2005)*



# Misia ESA-ROSETTA



- ❑ Misia ESA na kométe **67P/Čurjumov-Gerasimenko**
- ❑ Prvá misia v histórii ľudstva s cieľom pristáť priamo na kométe
- ❑ Sonda ROSETTA pozostáva z dvoch častí:
  - Orbiter** – v súčasnosti na orbite v blízkosti kometárneho jadra,
  - Lander** – pristane a ukotví sa priamo na povrchu jadra.



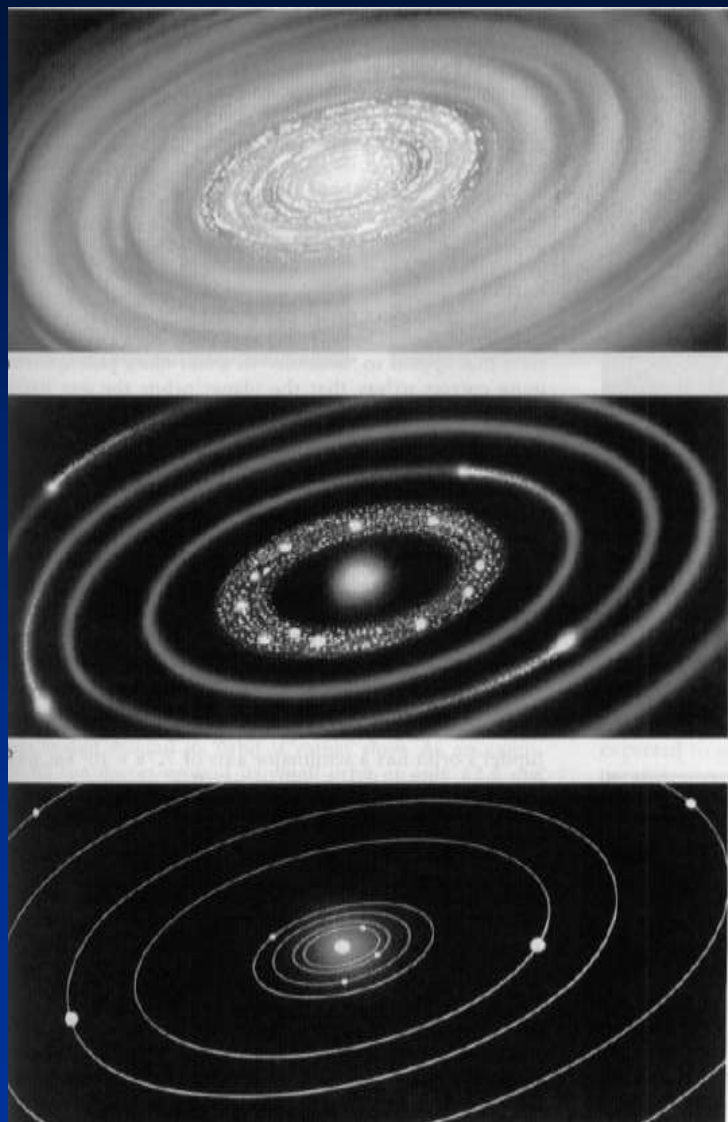
## Prečo ROSETTA ?

Rosettská doska, nájdená v r. 1799 a popísaná súčasne gréckym aj staroegyptským textom, významne pomohla rozlúštiť egyptské hieroglyfy (Champollion 1822). Tým sa významne posunuli hranice poznania dejín našej civilizácie.

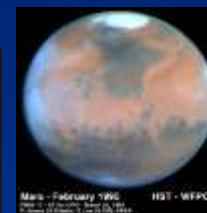


Sonda **ROSETTA** bude analyzovať kometárnu hmotu, ktorá sa od čias vzniku Slnecnej sústavy (cca 4.6 mld. rokov) takmer nezmenila. Z analýzy vzoriek očakávame poodhalenie tajomstva vzniku Slnecnej sústavy.

# Od proto-solárnej nebuly k dnešnej Slnečnej sústave



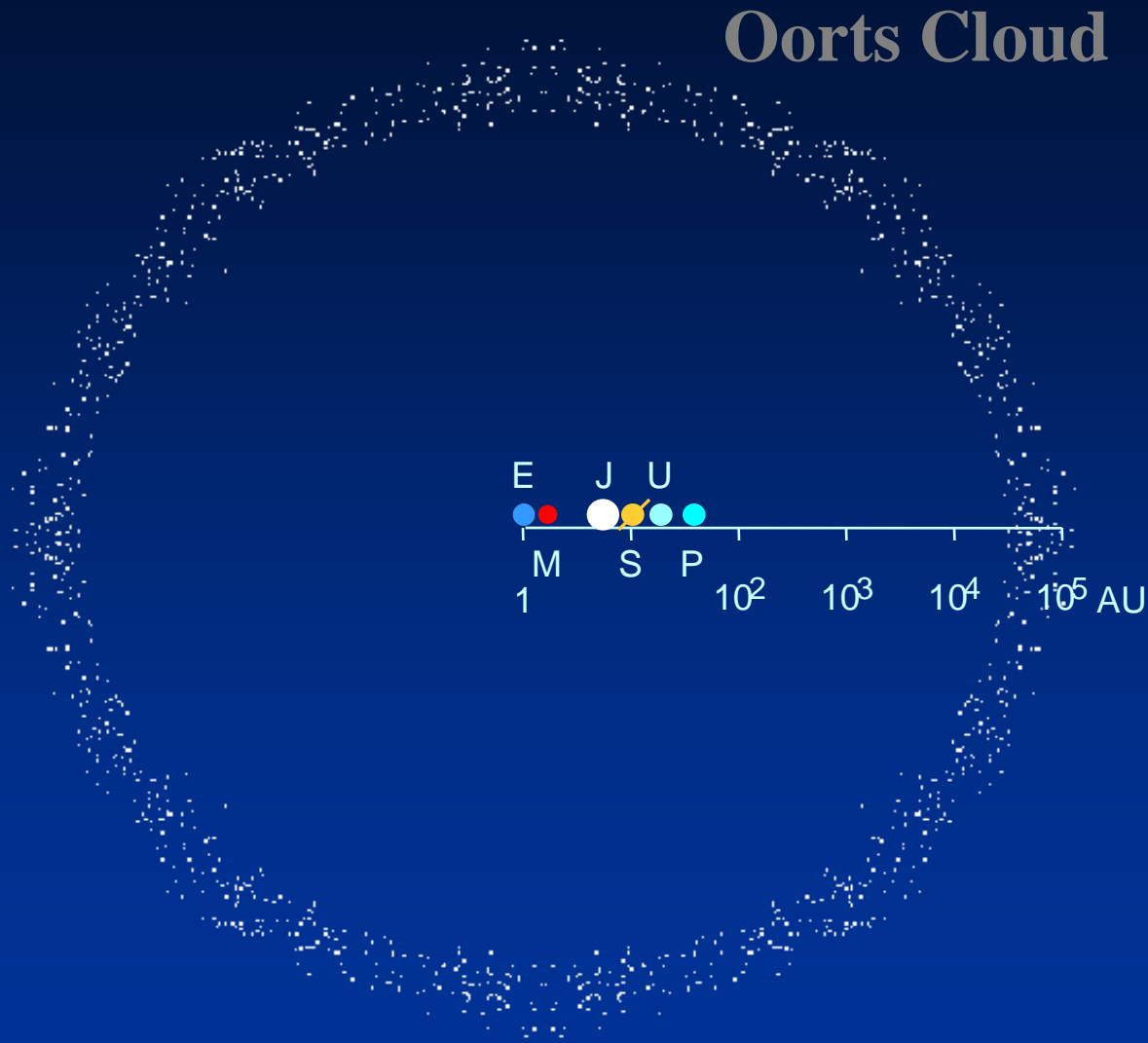
Kometárny materiál je unikátnou pokladnicou cenných informácií o zložení proto-solárnej nebuly z ktorej sa vyvinula Slnečná sústava, ako aj o procesoch ktoré prispeli k postupnému vzniku planetezimál, proto-planetárneho disku a dnešných planét.





# Odkiaľ prichádzajú kométy...

Zo vzdialeného Oortovho oblaku ( $\sim 10^5$  AU) a bližšieho Kuiperovho pásu ( $\sim 10^2$  AU), kde vďaka hlboko zmrazenému stavu (5 - 20 K) ich materiál pretrváva v (takmer) nezmenenom stave od čias protosolárneho disku. Tieto objekty sú zrejme jeho pozostatky.



# *Hlavné vedecké ciele misie ROSETTA*



**Výskum pôvodu  
Slnecnej sústavy na  
základe podrobnej  
fyzikálnej analýzy  
kométy 67P /  
Čurjumov-  
Gerasimenko počas  
približovania sa k  
Slnku, prechodu  
perihéliom a počas  
vzd'aloovania sa od  
Slnka.**



# Ciel': Kométa 67P/Churyumov-Gerasimenko

67P/Churyumov-Gerasimenko

ESO 3.6m Telescope, La Silla, Chile

11.02.2003 04:55 UT

10000 km

©esa

Rozmery jadra (odhad): ~ 4 km

Doba rotácie okolo vlastnej osi: 12,3 hodín

Obežná doba okolo Slnka: 6.57 roka

Perihélium : 194 mil. km (1.29 AU)

Afélium : 858 miliónov km (5.74 AU)

Albedo: 0,04

Gravitácia na povrchu :  $10^{-4}$  g

Produkcia plynu a prachu v perihéliu: 60 kg/s

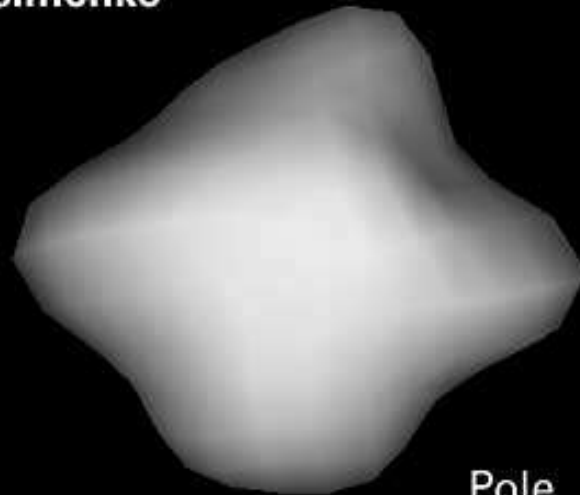
Rok objavu: 1969

Objavitelia: Klim Čurjumov  
Svetlana Gerasimenko (UA)

# *Ciel': kométa 67P/Churyumov-Gerasimenko*

Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko

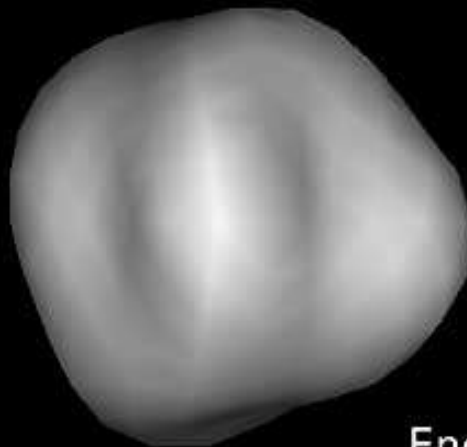
3-D reconstruction of  
the nucleus based on  
March 12, 2003  
Hubble Space Telescope  
observations



Pole



Side



End

NASA, ESA and P. Lamy (Laboratoire d'Astronomie Spatiale) ■ STScI-PRC03-26

**Približná  
rekonštrukcia  
tvaru kometárneho  
jadra na základe  
presných  
fotometrických  
meraní z  
Hubblovoho  
teleskopu  
(Lamy et al., 2007)**



# Základné technické údaje sondy

## Rozmery:

hlavná štruktúra	2.8 m x 2.1 m x 2.0 m
rozpätie solár. panelov	32 metrov
plocha solárnych panelov	64 m <sup>2</sup>

## Hmotnosť pri štarte:

celková:	2900 kg
palivo	1720 kg
vedecký náklad	165 kg
Lander	100 kg

## Výkon solárnych panelov:

8700 W / 1AU
850 W / 3.4 AU
395 W / 5.25 AU

## Propulzný systém:

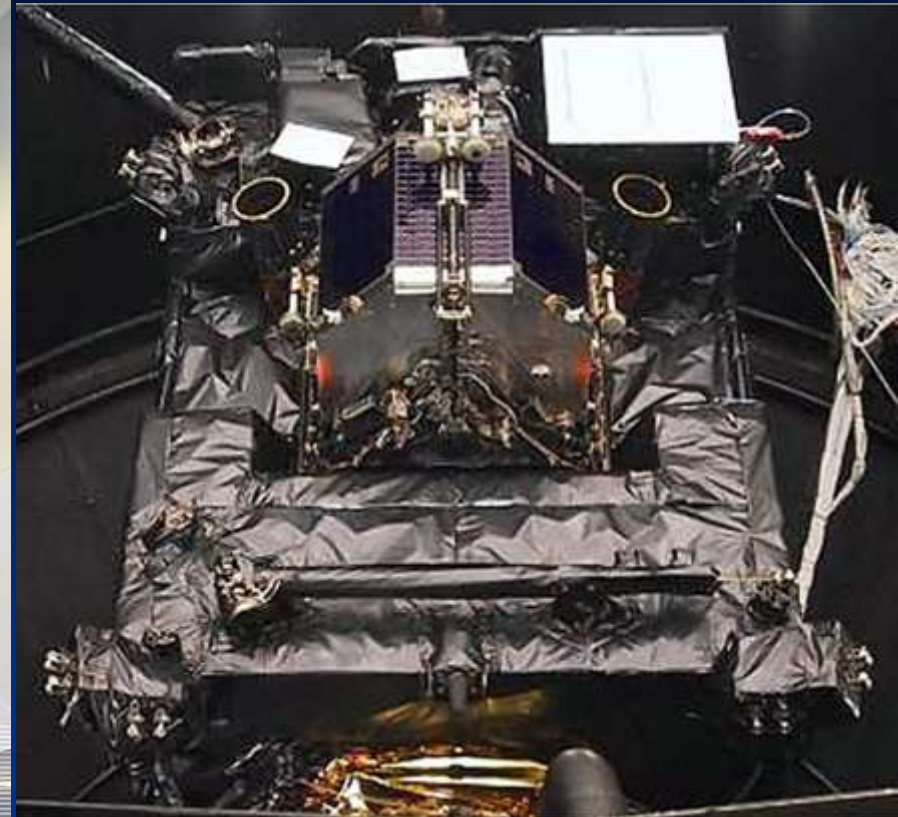
24 thrusterov 10N  
( monometylhydrazín + N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> )

## Operačná doba:

12 rokov (2004-2016)

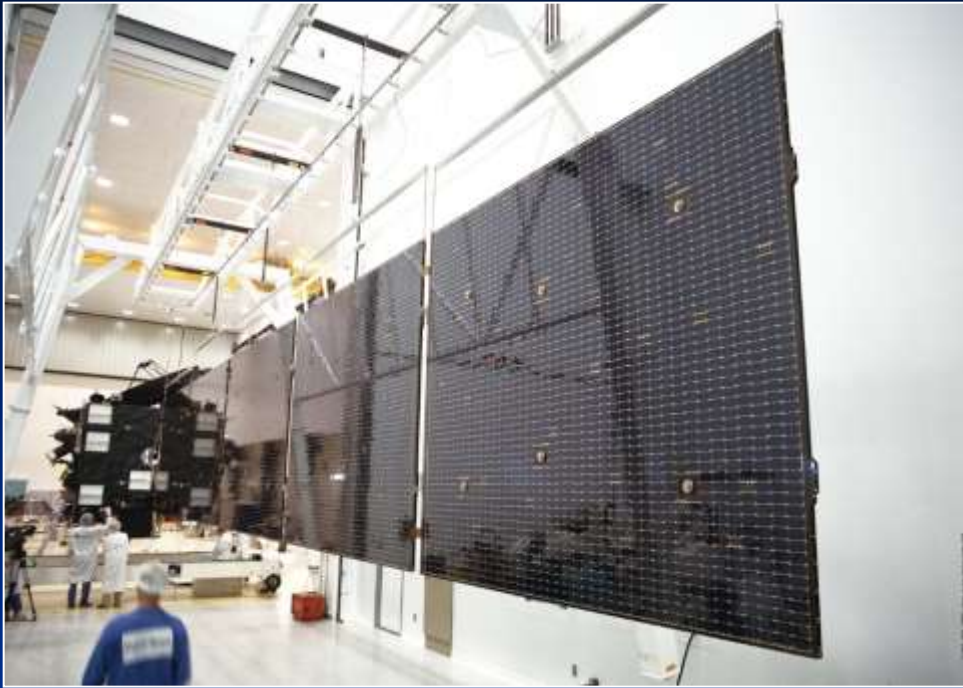


# *ROSETTA v laboratóriách ESA-ESTEC*

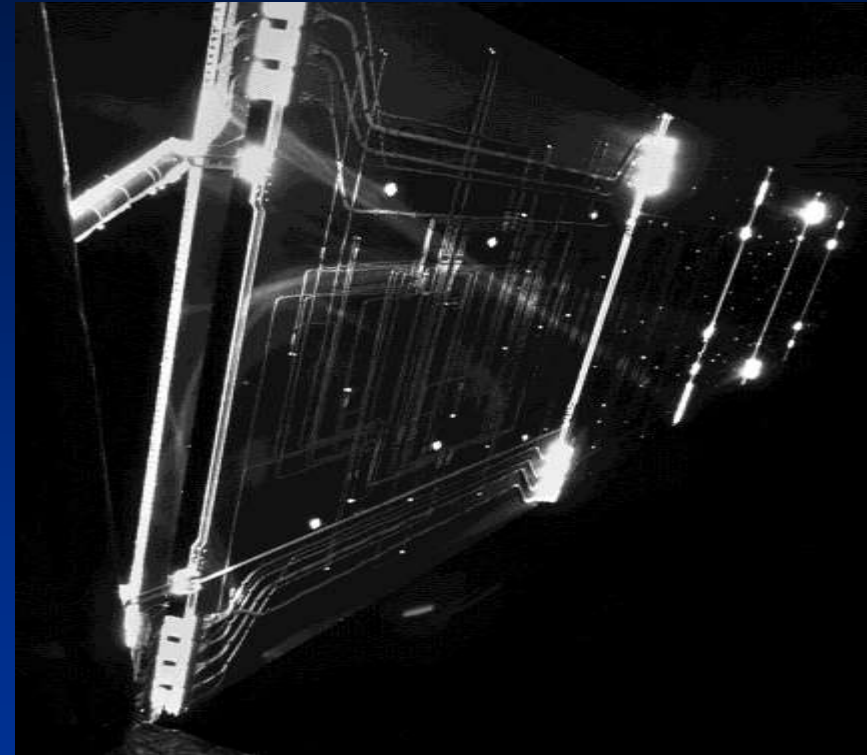




# *Solárne panely (rozpätie 32m, plocha 64m<sup>2</sup>)*

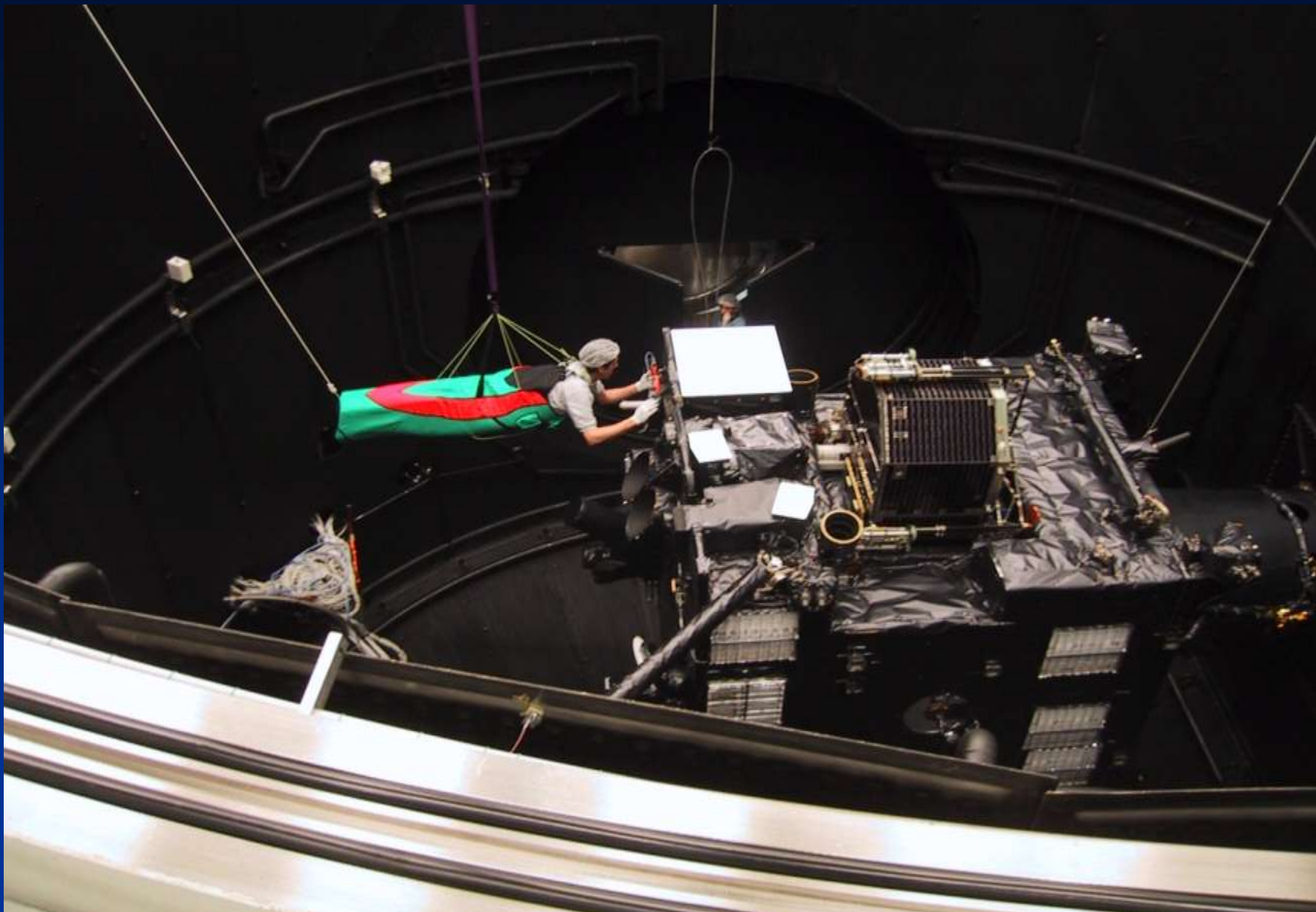


▼ **ESA-ESTEC**



**za letu (CIVA-P)**

# *ROSETTA v laboratóriách ESA-ESTEC (termovákuové testy)*

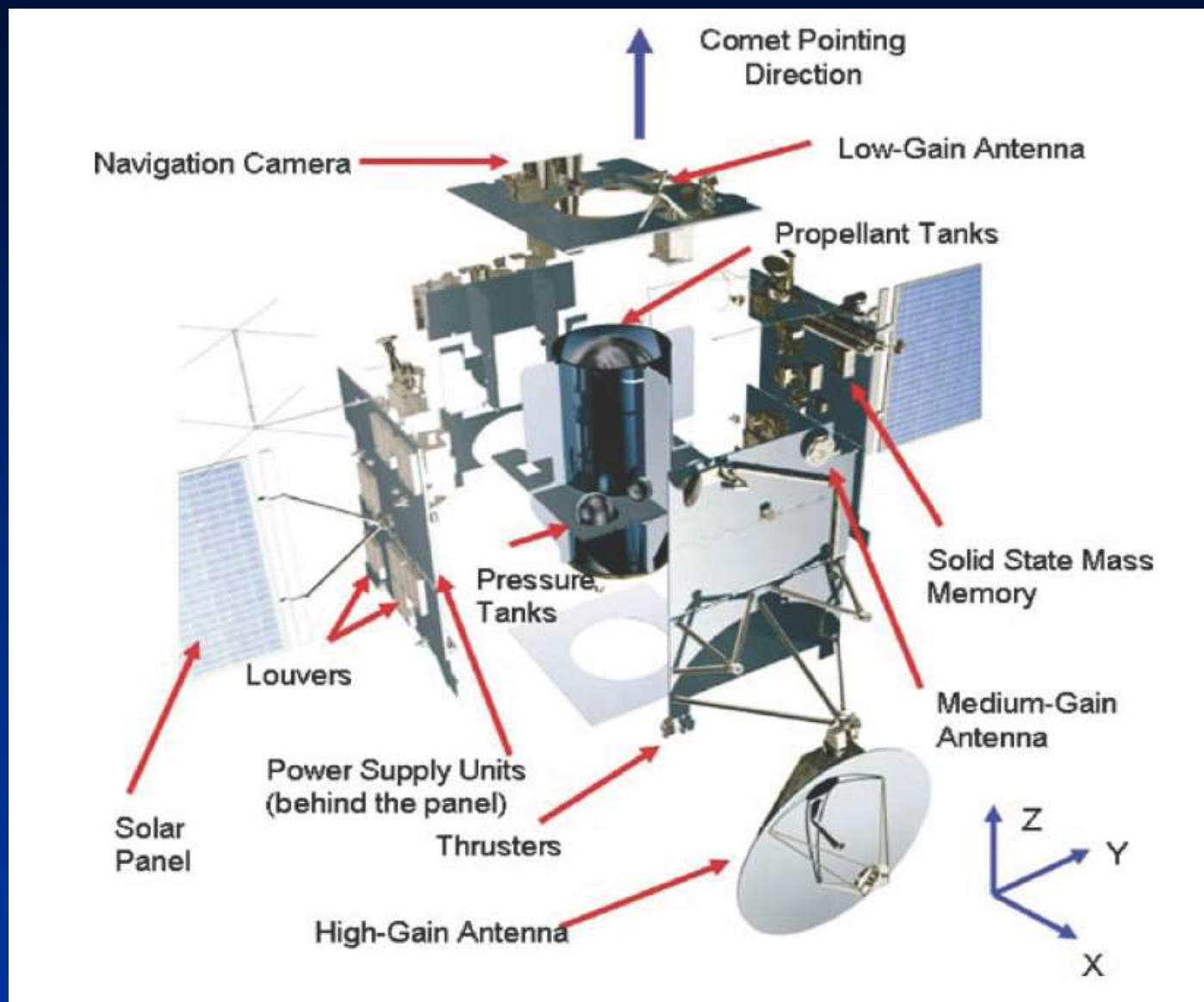




# *ROSETTA – prípravy na štart*

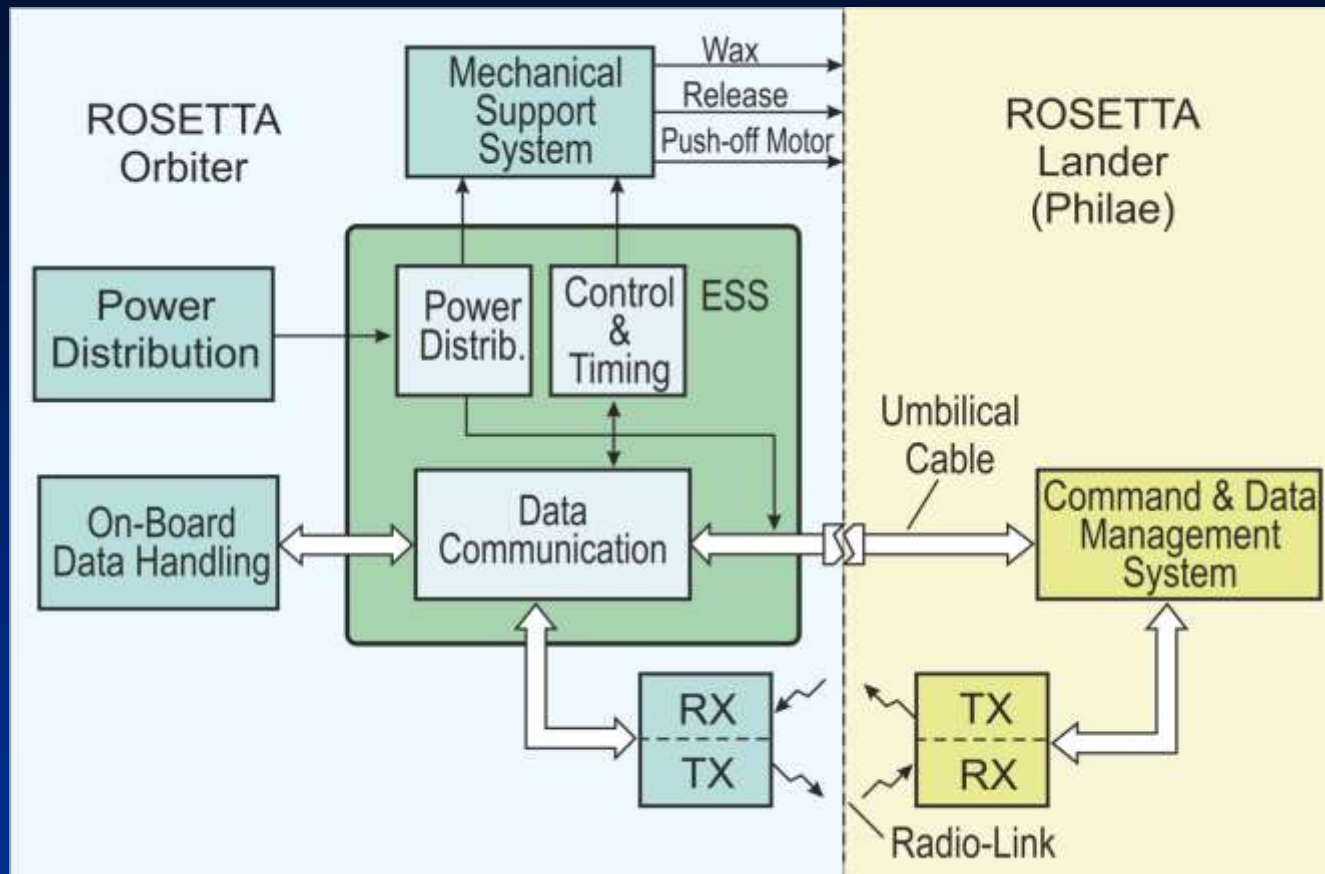


# Orbiter – rozmiestnenie servisných systémov



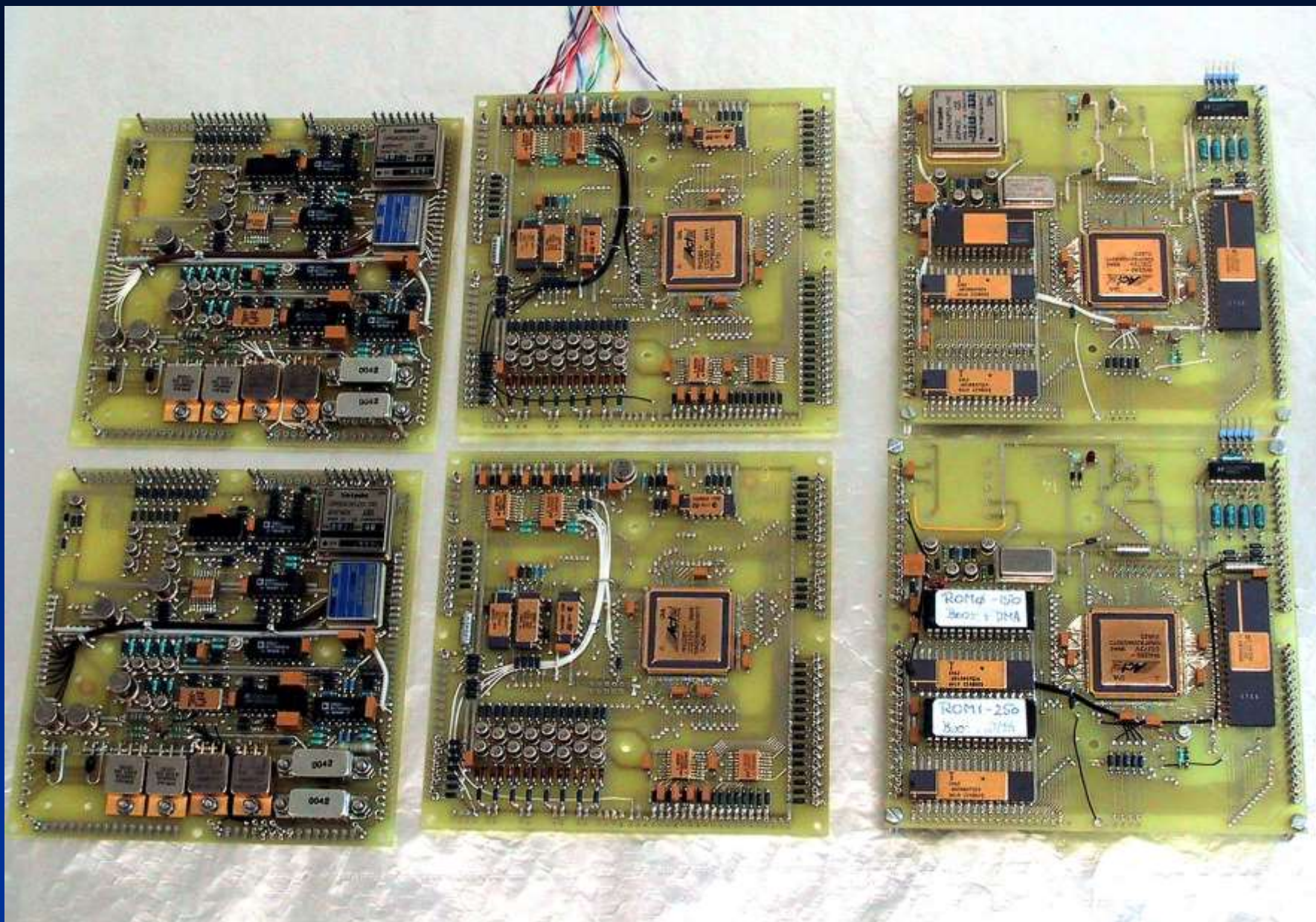


# ESS-processor (Interface Orbiter – Lander)



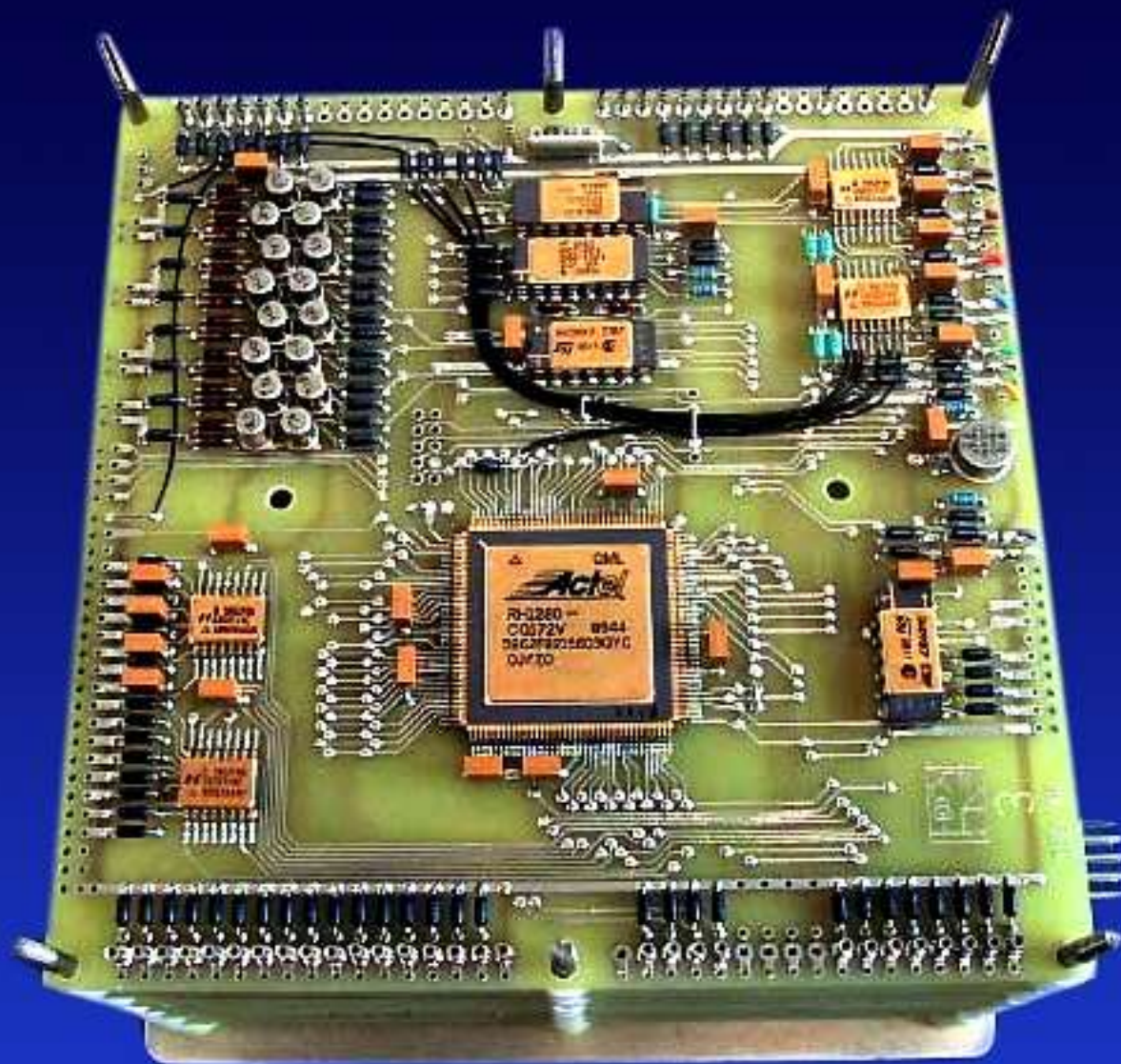
- ❑ **ESS-processor** zabezpečí oddelenie pristávacieho modulu **Lander** (Philae) od **Orbitera** a obojsmernú dátovú komunikáciu medzi nimi.
- ❑ Na realizácii elektronického servisného systému **ESS** sondy sa v rámci spolupráce so **STIL-NUIM** (Írsko) podieľal aj **ÚEF-SAV**

# Z realizácie ESS-procesora (2000 - 2001)





# *Z realizácie ESS-procesora (2000 - 2001)*



# Závěrečné práce na ESS v laboratoriu STIL (2001)





# Závěrečné práce na ESS v laboratoriu STIL (2001)



# *Elektronický Servisný Systém Rosetta / ESS*

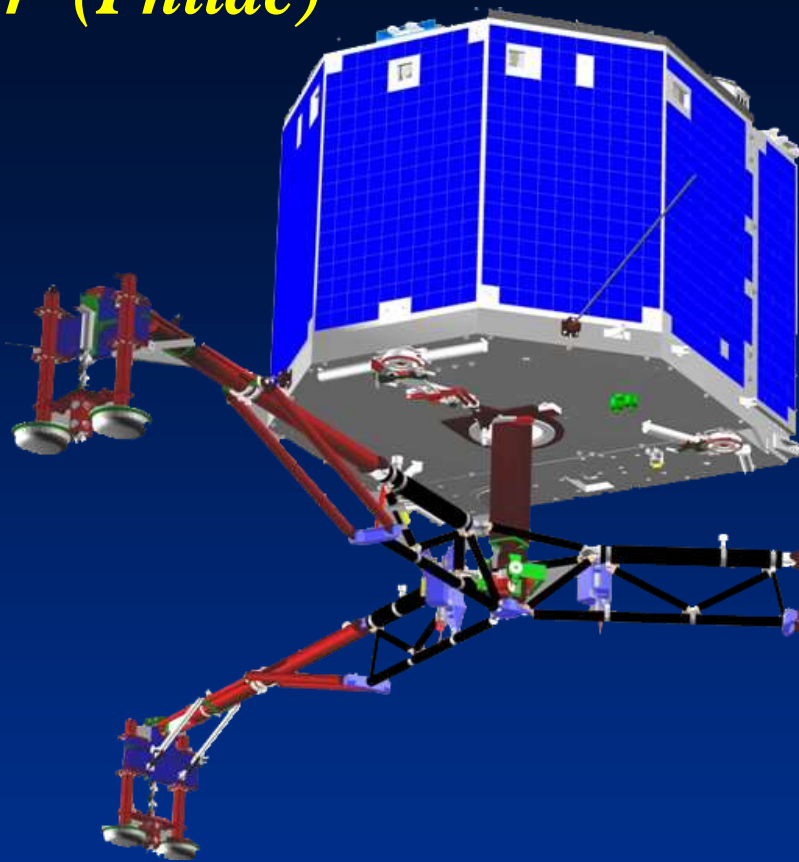




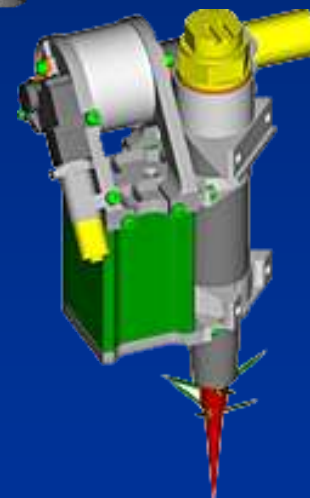
# *ESS na palube ROSETTY*



# Lander (Philae)

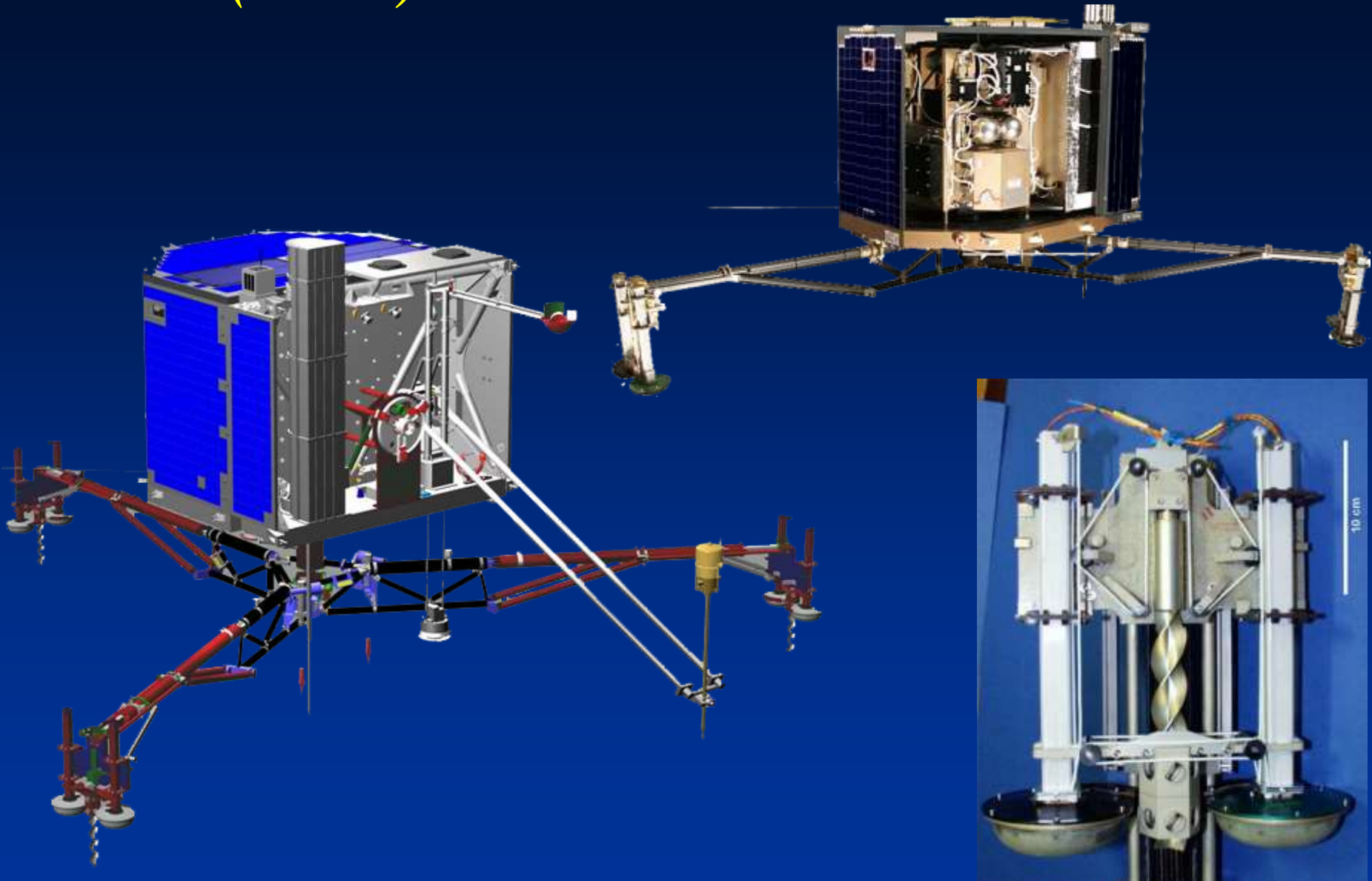


- Hmotnosť:** 100 kg
- Vypustenie z výšky:** ca 22 km
- Rýchlosť oddelenia:** 0,05 – 0,52 m/s
- Odpruženie:** Trojnohý podvozok,
- Ukotvenie:** 2 harpúny + 3 snežné skrutky,  
Korekcie náklonu, Rotácia 360°

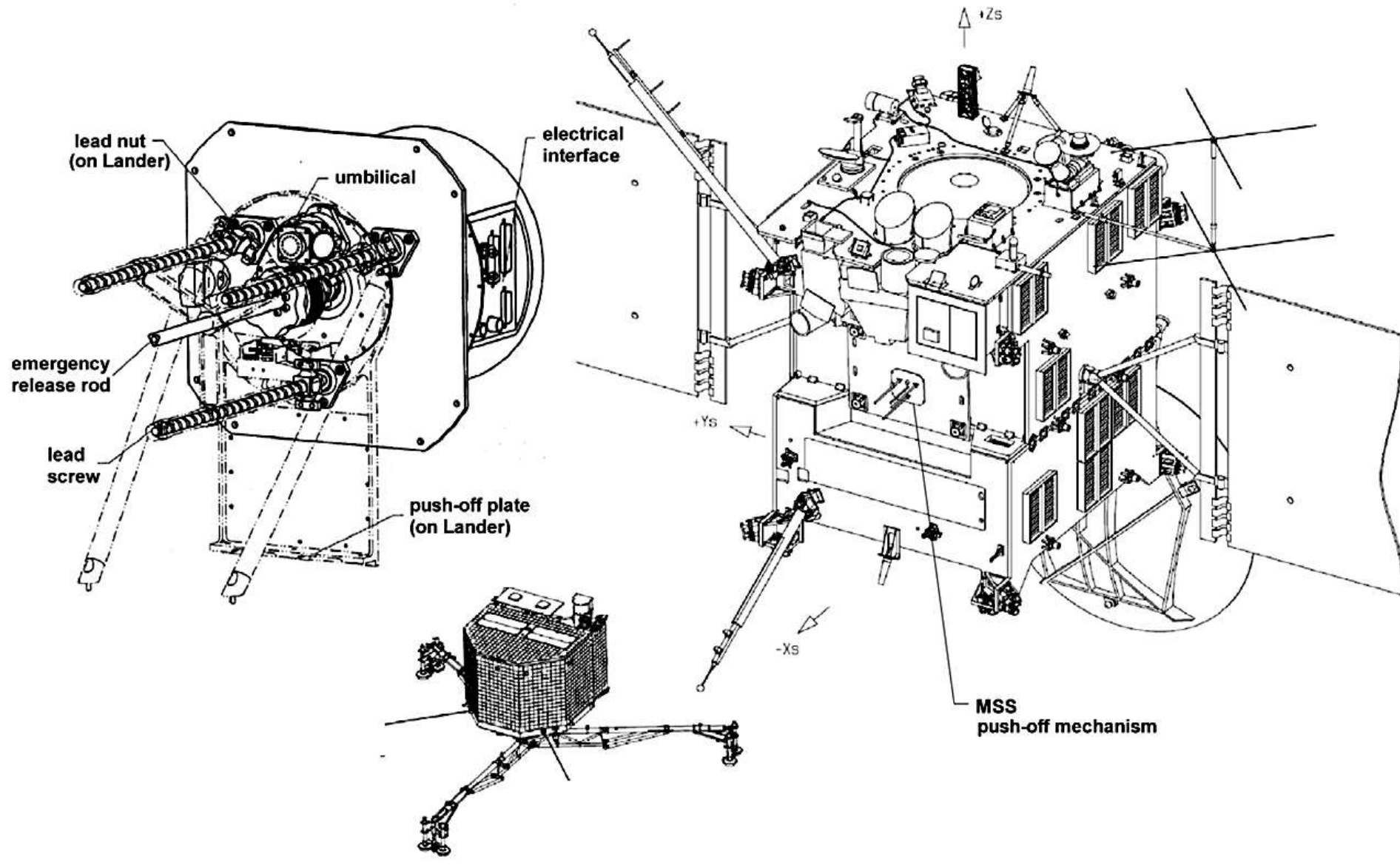




# *Lander (Philae)*

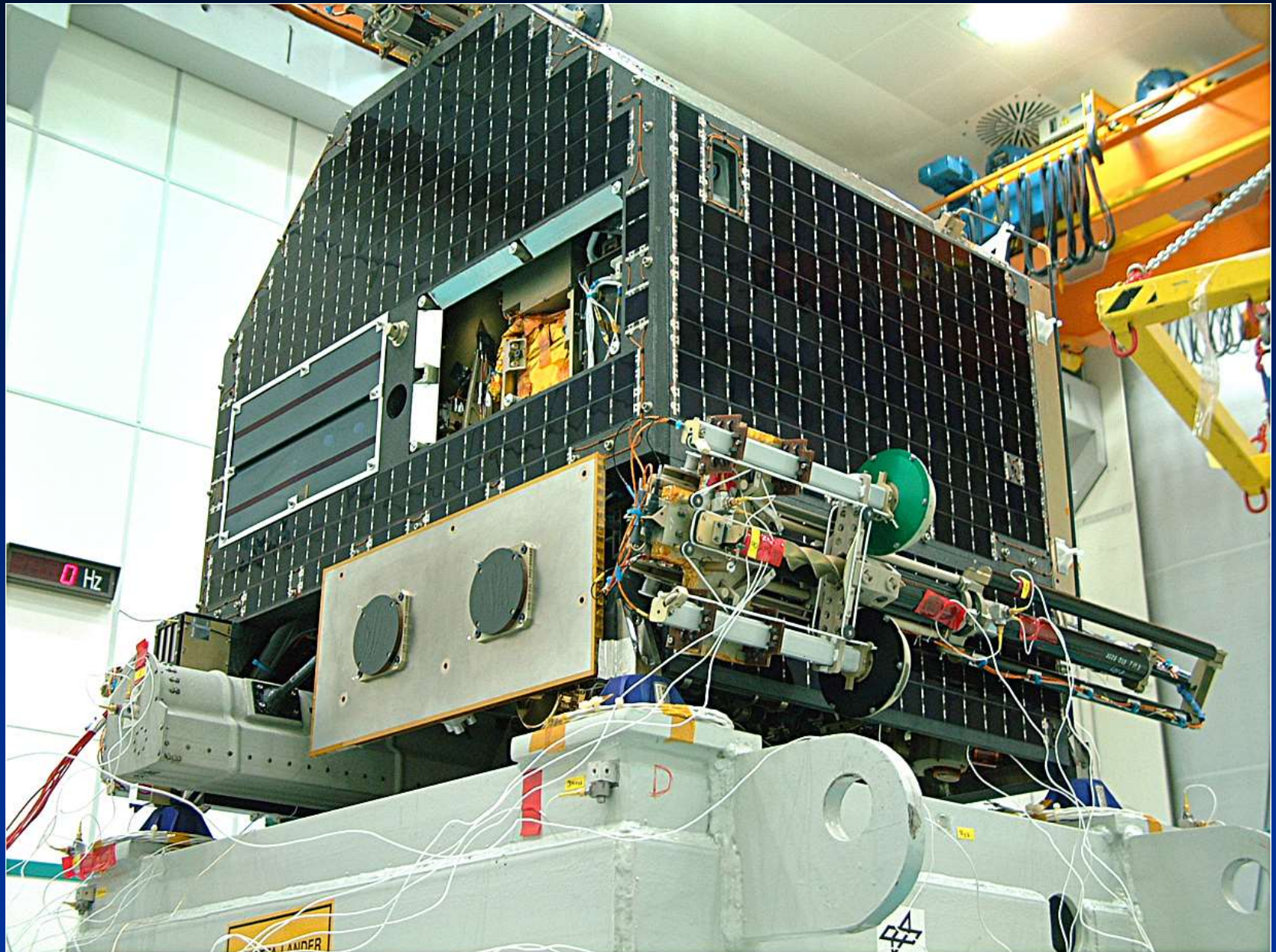


# Lander - oddeľovací mechanizmus





# Lander - vibračné testy (IABG Germany)

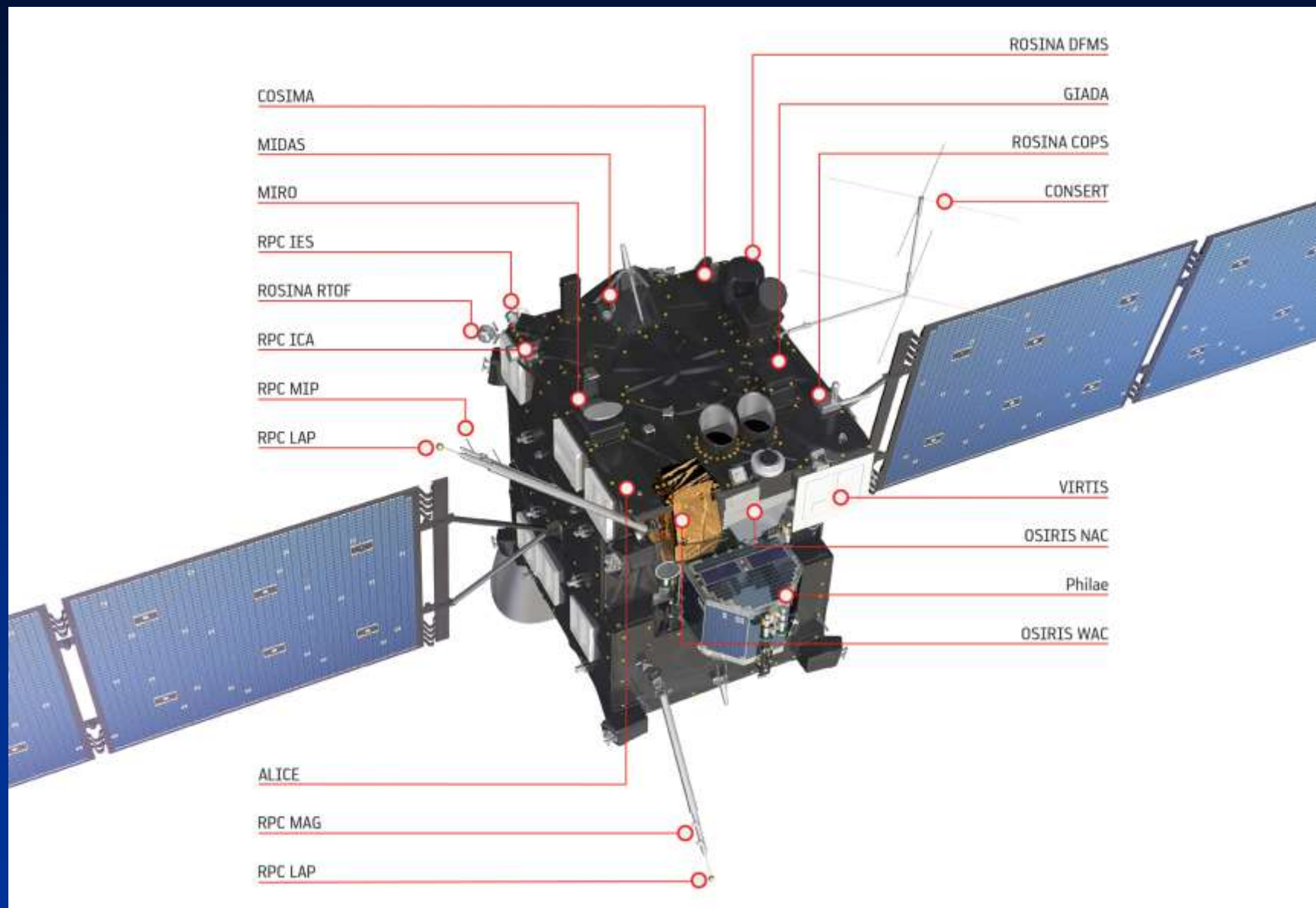


## *Orbiter – Vedecký náklad (payload)*

1. **ALICE** Ultraviolet Imaging Spectrometer
2. **CONSERT** Comet Nucleus Sounding Experim. by Radio Transmission
3. **COSIMA** Cometary Secondary Ion Mass Analyser
4. **GIADA** Grain Impact Analyser and Dust Accumulator
5. **MIDAS** Micro-Imaging Dust Analysis System
6. **MIRO** Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter
7. **OSIRIS** Rosetta Orbiter Imaging System
8. **ROSINA** Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis
9. **RPC** Rosetta Plasma Consortium
10. **RSI** Radio Science Investigation
11. **VIRTIS** Visible and Infrared Mapping Spectrometer



# Orbiter – rozmiestnenie vedeckého nákladu



## *Hlavné vedecké aktivity Orbitera*

Vývoj jadra kométy, jeho aktivity a okolitého prostredia bude monitorovaný od pre-perihélievej vzdialenosti asi 3.4 AU (záchyt na orbitu okolo kométy), cez prechod perihéliom (1.24 AU) a počas post-perihélievej fázy do vzdialenosti cca 2 AU.

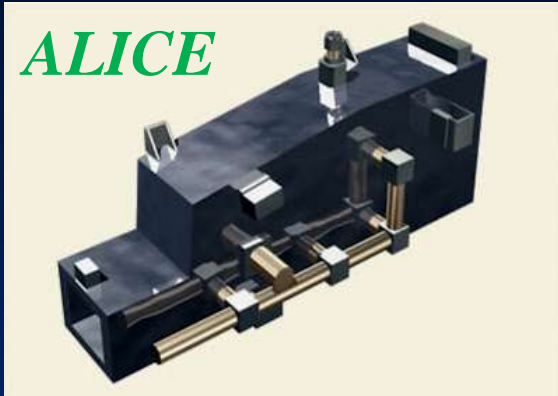
ROSETTA bude študovať vývoj aktivity v dôsledku slnečnej radiácie od veľkej heliocentrickej vzdialenosti, cez maximum v perihéliu a postupný útlm počas vzd'aloovania sa od Slnka.

Objektom záujmu je chemické, mineralogické a izotopové zloženie kometárneho jadra a vnútornej kómy ako aj chemické reakcie, ktorými pozorovaná kóma vzniká zo zmrznutého materiálu kometárneho jadra.



# Orbiter - Vedecké prístroje

## ALICE



UV imaging spektroskop ALICE bude zisťovať produkciu rôznych atómov, molekúl a prachových častíc v chvoste kométy a charakterizovať povrch kométy na UV vlnových dĺžkach.

## CONSERT

Radarový systém CONSERT bude skúmať vnútorné štruktúry jadra kométy pomocou dlhovlnných rádiových vln, ktoré preniknú celým jadrom (s CONCERT-Lander).

## COSIMA



Hmotnostný spektrometer sekundárnych iónov COSIMA bude zabezpečovať in-situ analýzu zloženia prachových častíc kómy (chemická charakterizácia, mineralogická a petrografická klasifikácia ).

# Orbiter - Vedecké prístroje

## GIADA

GIADA bude registrovať distribúciu počtu, hmotnosti, hybnosti a rýchlosti prachových častíc smerujúcich od jadra, ale aj z iných smerov na určenie vplyvu slnečnej radiácie na zmeny ich smeru.

## MIDAS



MIDAS je skanovací mikroskop schopný zobrazit' veľmi malé 3D štruktúry až s nanometrovým rozlíšením. Jeho úlohou je určenie rozmerov a mikroštruktúry prachových častíc kométy.

Povrchové a blízko-povrchové teploty ako aj teplotné gradienty na povrchu budú detekované v mikrovlnnej oblasti prístrojom MIRO. Prístroj tiež bude merať zastúpenie plynových emisií niektorých volatilných látok registrovaním ich molekulárnych tranzitov.

## MIRO



# Orbiter - Vedecké prístroje

## OSIRIS



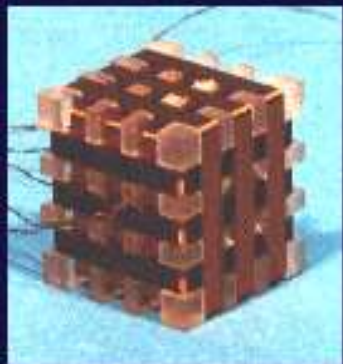
OSIRIS je zobrazovací kamerový systém s vysokým uhlovým rozlíšením v širokom rozsahu vlnových dĺžok od 70 nm (far UV) až do 1.3 mm. Popri určovaní veľkosti, tvaru, rotačného stavu a detailnej povrchovej topografie jadra bude charakterizovať sublimačné a erozívne procesy na jeho povrchu.

## ROSINA



ROSINA bude určovať zloženie kometárnej atmosféry a ionosféry, merať teplotu a objemovú rýchlosť plynu a iónov a skúmať ich vzájomné reakcie. Jej tlakové senzory budú merať statický aj dynamický tlak plynov, určovať hustotu plynu a jeho radiálny tok.

# Orbiter - Vedecké prístroje



MAG ultra light triaxial fluxgate magnetometer  
(K. H. Glassmeier)



ICA spherical electrostatic analyser with a magnetic mass analyser  
(R. Lundin)



IES toroidal electrostatic analyser to measure ion and electron distribution functions  
(J. L. Burch)



MIP electric antenna, 1m long, including two transmitting and two receiving electrodes  
(J. G. Trotignon)



LAP spherical Langmuir probe, 5cm in diameter, made of titanium  
(R. Boström)

## RPC

Plazmové konzorcium RPC obsahuje 5 senzorov, ktoré zabezpečia in-situ registráciu interakcií prostredia kométy so slnečným vetrom.



## *Orbiter - Vedecké prístroje*

### *RSI*

RSI využíva rádiovú komunikačnú linku medzi Orbiterom a Zemou na výskum fundamentálnych aspektov kometárnej fyziky (určenie hmotnosti a hustoty jadra, gravitačného poľa, ne-gravitačných síl, veľkosti a tvaru jadra, jeho vnútornej a povrchovej štruktúry, výskytu veľkých prachových častíc, obsahu plazmy v kóme atď...)

### *VIRTIS*

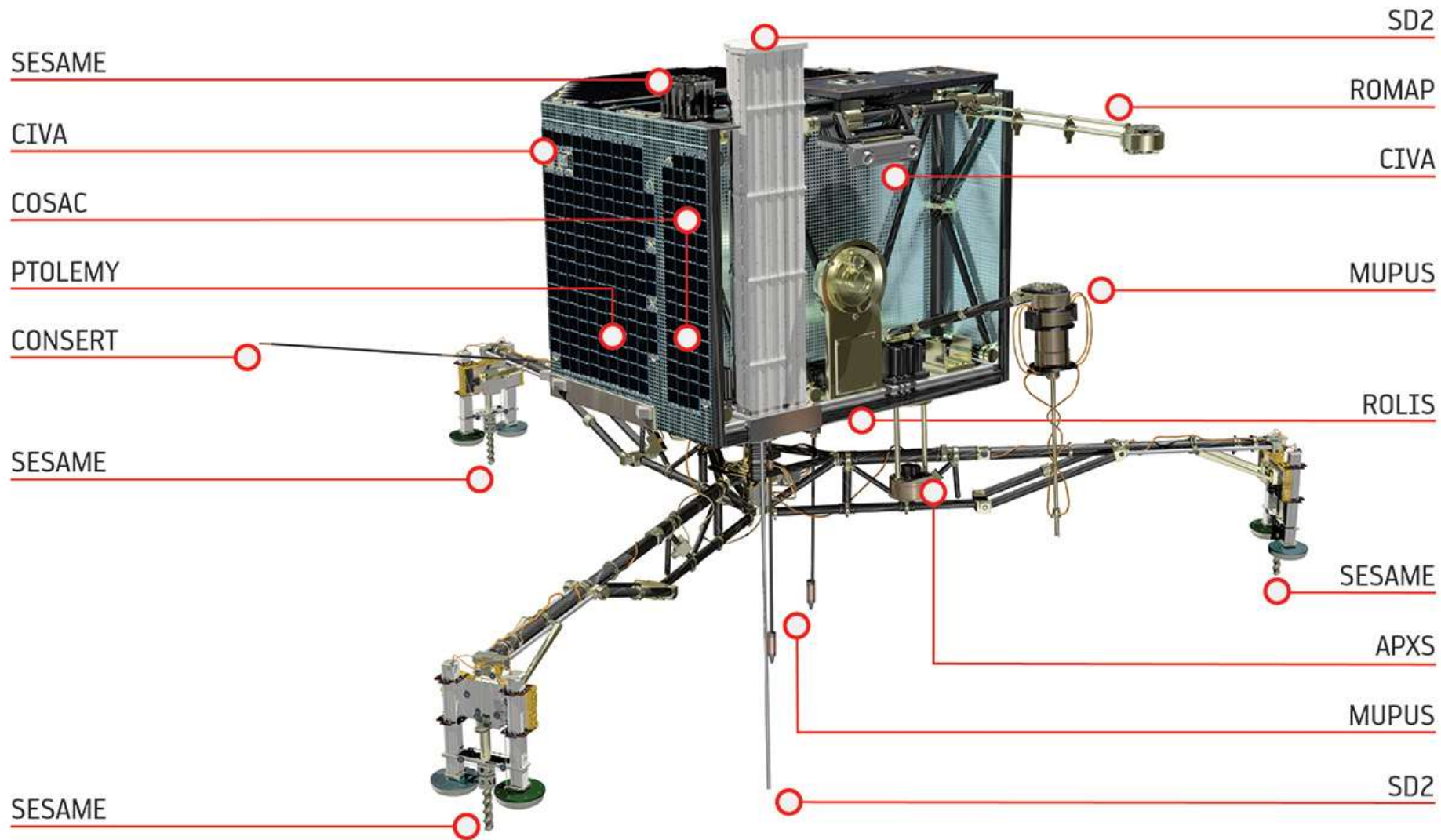
Infračervený snímkový spektrometer VIRTIS zabezpečuje analýzy IR spektier minerálov a molekúl za účelom identifikácie zloženia kometárneho materiálu. Jeho ďalšou úlohou je záznam termálnej evolúcie jadra v závislosti od slnečného príkonu.

## *Lander - Vedecký náklad*

1. **APXS** Alpha-X-ray spektrometer
2. **ČIVA** Panoramatická a mikroskopické stereo-kamery
3. **CONSERT** Rádiová tomografia jadra (s CONSERT – orbiter)
4. **COSAC** Analyzátor plynov - prvková a molekulárna analýza (chiral.)
5. **MODULUS Ptolemy** Analyzátor plynov - izotopová analýza
6. **MUPUS** Meranie podpovrchových vlastností (penetrátor)
7. **ROLIS** „Down looking camera“ – detailné snímkovanie povrchu
8. **ROMAP** Magnetometer a plazmový monitor
9. **SD2** Vrtací systém a transport vzoriek na analýzu
10. **SESAME** Seizmický, elektrický, akustický a prachový monitoring



# Lander - rozmiestnenie vedeckého nákladu



# Hlavné vedecké aktivity Landera

## SD2



## ROLIS



## ÇIVA



## PTOLEMY



Zber materiálových vzoriek z blízkeho okolia Landera v rámci jeho „pracovného kruhu“ (360°) v spolupráci kamier ROLIS a ÇIVA s vŕtacím a transportným systémom SD2, ktorý dokáže získať vzorky z hĺbky až 17 cm a dopraviť ich do 26 „mikro-piecok“ inštalovaných na karuseli. Vzorky budú postupne zohrievané zobrazované a spektrálne analyzované kamerou ÇIVA-M. Uvoľňované plyny budú nasávané do prístroja PTOLEMY za účelom hmotnostnej a chemickej analýzy (stabilné izotopy H, C, N, O a S) a prístroja COSAC, ktorý pomocou plynovej chromatografie a hmotnostnej analýzy bude pátrať po organických molekulách.

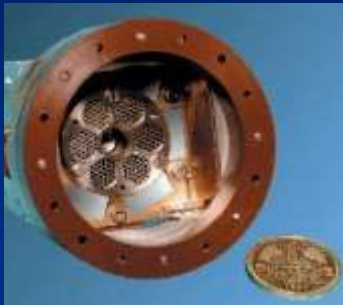
# Hlavné vedecké aktivity Landera

## COSAC



COSAC je schopný detekovať aj chiralitu (pravo-ľavotočivosť) organických molekúl v záujme pátrania po stopách života.

## APXS



APXS bude detekovať zastúpenie jednotlivých prvkov na povrchu jadra na malej ploche pod Landerom

## SESAME (sensors)



SESAME je zameraný na mechanické a elektrické vlastnosti povrchu až do hĺbky 2m a na prachový monitoring.

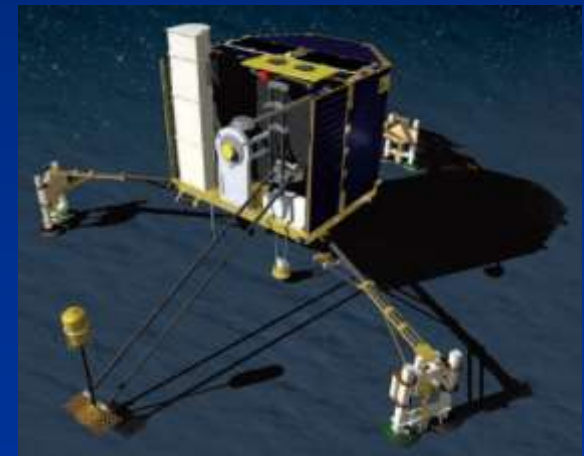


# Hlavné vedecké aktivity Landera



**MUPUS** svojimi senzormi zabezpečí meranie fyzikálnych vlastností povrchu jako tepelnú vodivosť, tepelný profil, tepelnú kapacitu, tepelný tok, hustotu a kohéziu materiálu apod.

**ROMAP** zabezpečuje magnetický monitoring, a tiež plazmový monitoring pomocou iónového a elektrónového senzora.



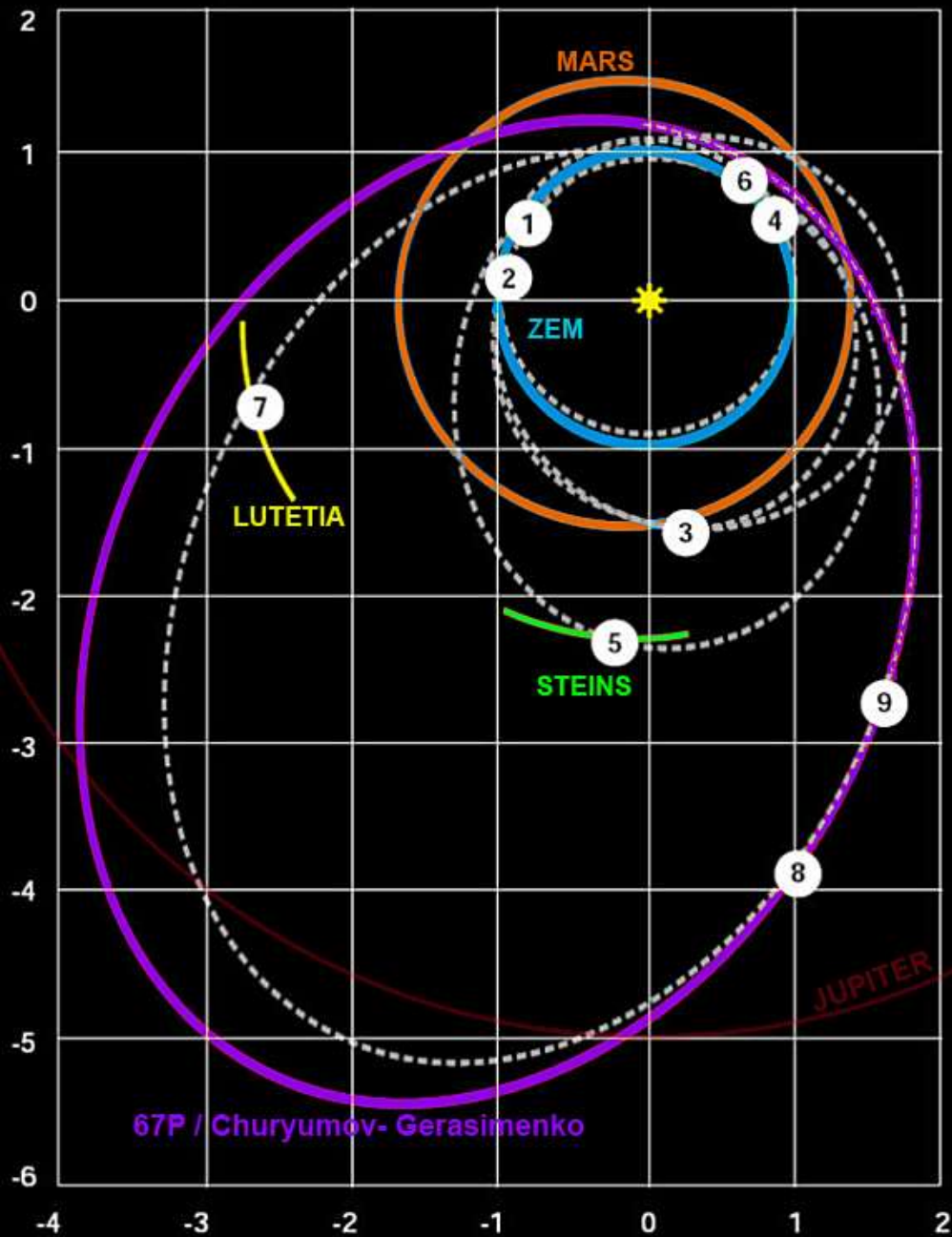
# Štart sondy ROSETTA

02. 03. 2004

( kozmodróm ESA Kourou,  
Francúzska Guyana )

Ariane 5G+





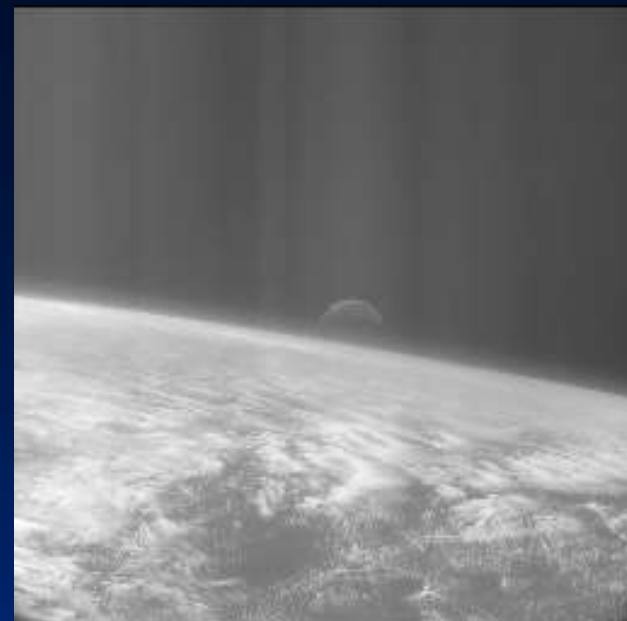
# Letový plán sondy ROSETTA

1. 2004 /03/02 Štart (Kourou)
2. 2005/03/04 Zem (prelet 1950km)
3. 2007/02/25 Mars (prelet 250km)
4. 2007/11/13 Zem (prelet 5300km)\*
5. 2008/09/05 Steins (prelet 802km)
6. 2009/11/13 Zem (prelet 2481km)
7. 2010/07/10 Lutetia (prelet 3162km)  
(2011/06/08 - 2014/01/20) – hibernácia
8. 2014/08/06 Priblíženie k 67P
9. 2014/11/12 Pristátie na 67P

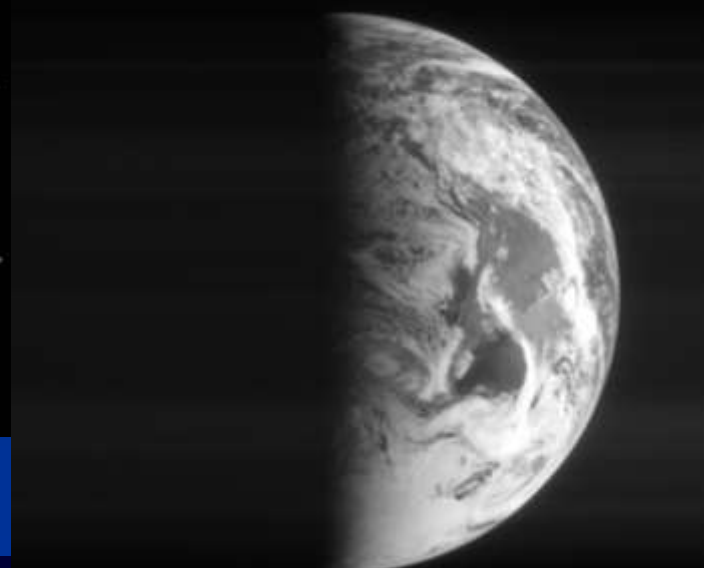


# *Prvý prelet okolo planéty Zem*

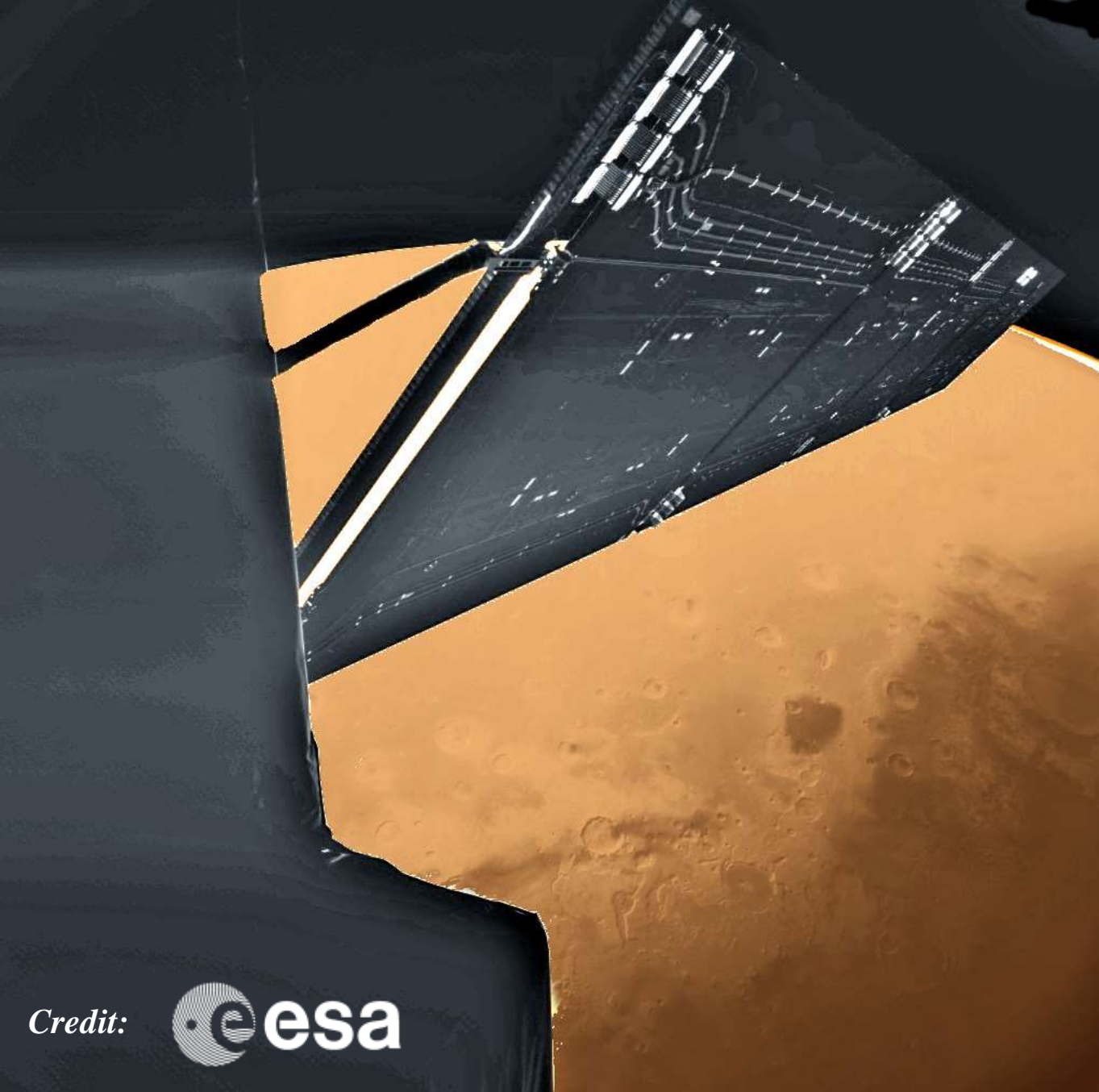
( 04. 03. 2005, 1950 km)



NavCAM, March 2005



NavCAM, March 2005



# *Rosetta nad planétou Mars*

*“One-Billion Gamble”*

*(250.6 km)*

*(Mawrth Vallis region)*

*25. 02. 2007*

*foto:  
CIVA-P*

*Autonómne operácie  
Landeru,  
Napájanie z Batérií*

Credit:  esa

# *Asteroid 2867 Steins* (05. 09. 2008, 802km, 8,6 km/s)



(Artist vision)

„Diamantový tvar“,

Rozmery 6.67 x 5.81 x 4.47 km<sup>3</sup>.

Pokrytý plytkými krátermi



Rosetta Steins flyby, 05 Sep 2008





# *Posledný prelet nad planétou Zem (13.11.2009)*



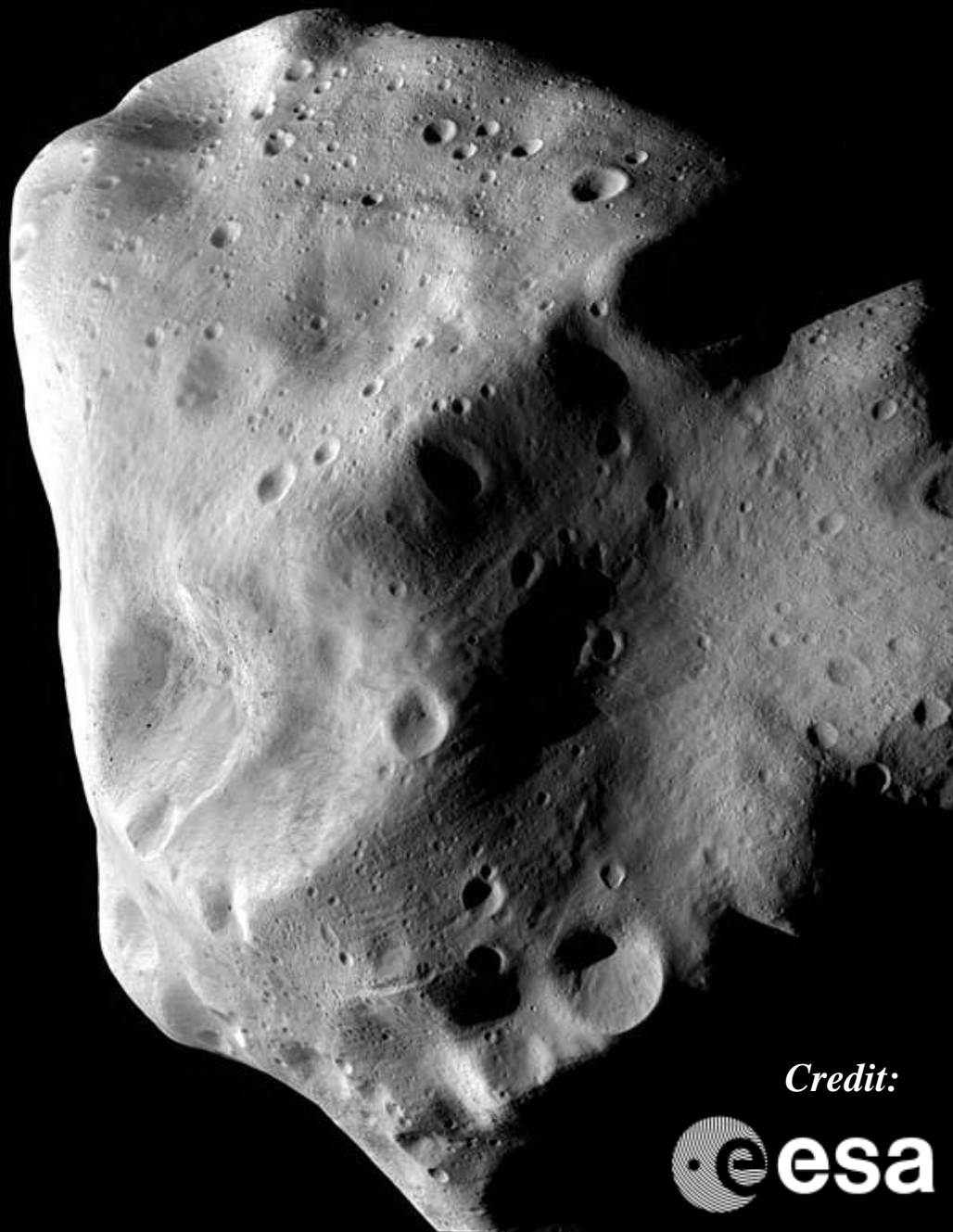
© AFP/Getty Images

# *Asteroid 21 Lutetia*

*(10. 07. 2010, 3162 km, 15km/s)*

*OSIRIS imaging (1px = 60m)*

462 snímok cez 21 úzkopásmových  
aj širokopásmových filtrov v  
rozsahu 240 – 1000 nm.



*Credit:*



## *Asteroid 21 Lutetia*

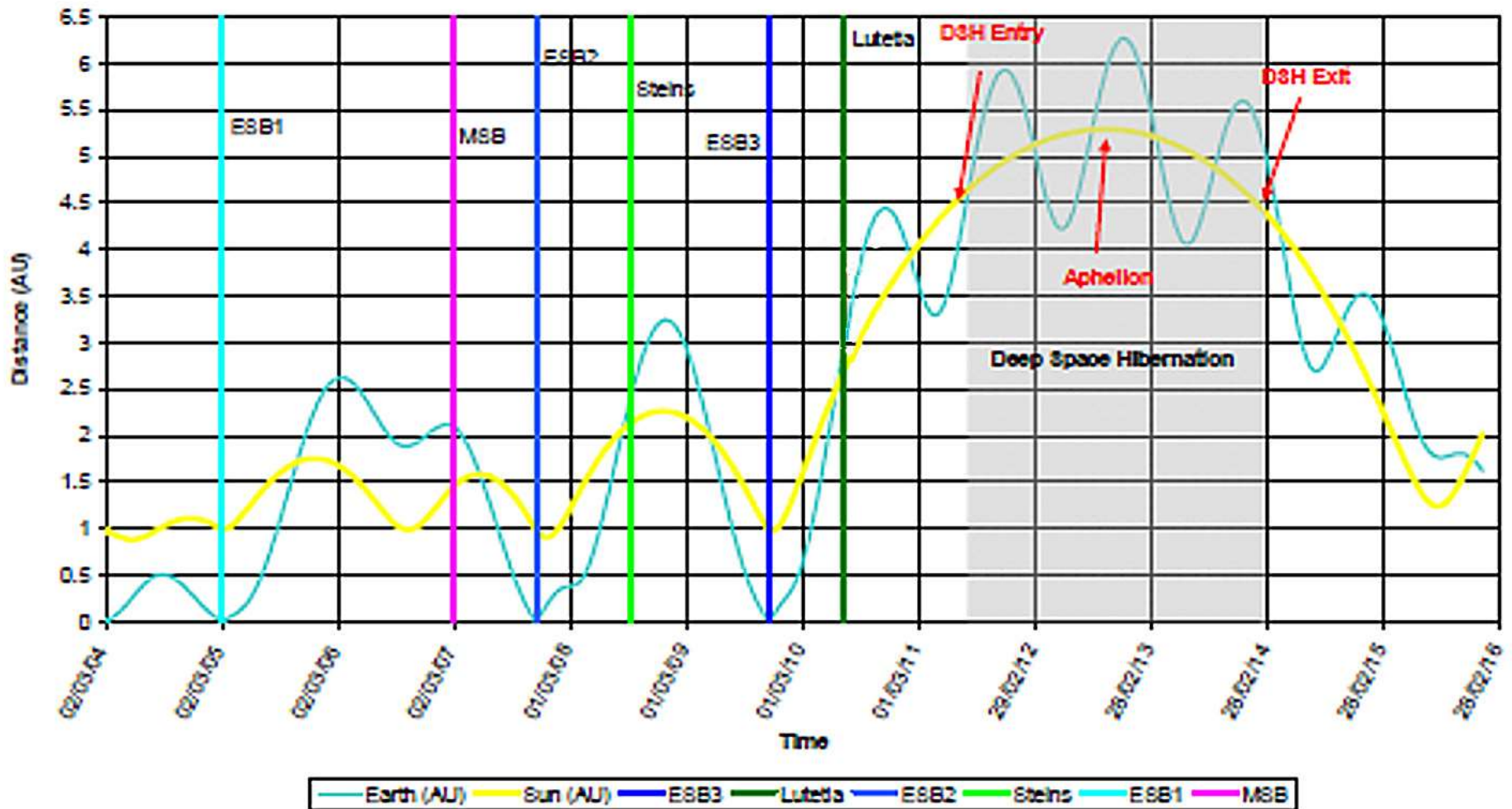
Hmotnosť Lutetie bola stanovená z jej gravitačných účinkov na  $1.7 \times 10^{18}$  kg, hustota bola určená na základe snímok kamery OSIRIS na  $\sim 3.4$  g/cm<sup>3</sup>.

Pomerne vysoká hustota indikuje výskyt kovovej zložky, (asi Fe). Povrch je nepretavený chondritický, avšak vnútro Lutetie asi bolo kedysi roztavené. Spektroskopické dáta poukazujú na podobné zloženie ako majú uhlíkové chondrity bohaté na železo.

Lutetia je pravdepodobne primordiálna planetezimála a tvorí „chýbajúce ohnivko v reťazi“ medzi malými asteroidmi, ktoré sú často iba zhlukmi drobných trosiek a terestriálnymi planétami.



# Kde je ROSETTA teraz ?



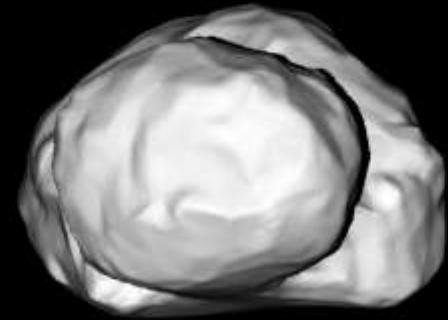
[http://sci.esa.int/where\\_is\\_rosetta/](http://sci.esa.int/where_is_rosetta/)

# Rendezvous s 67P (august 2014)

14 July 2014  
Rot = 0 deg



5 km



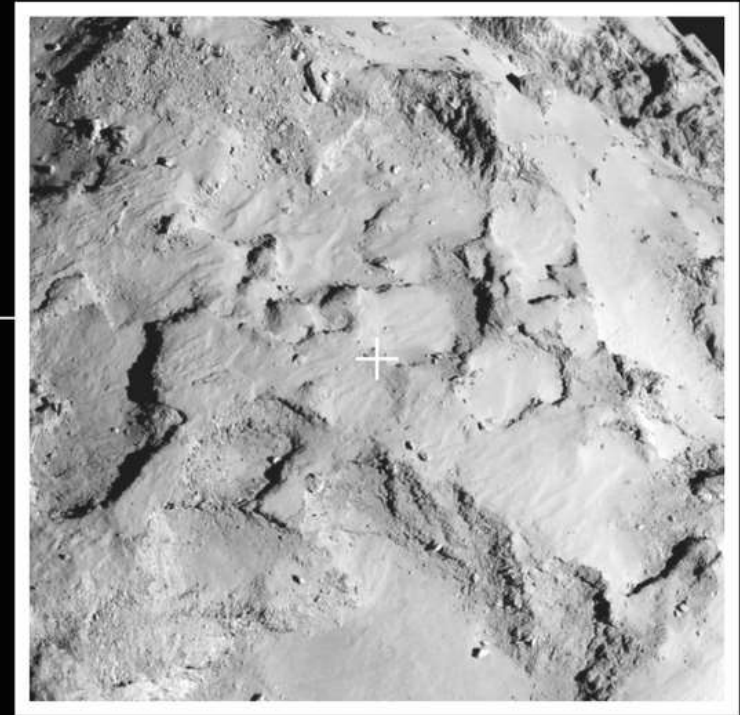
Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko from Rosetta - 31 August 2014  
ESA/Rosetta/NAVCAM/Ken Kremer/Marco Di Lorenzo

# *Rendezvous s 67P (6 august 2014)*





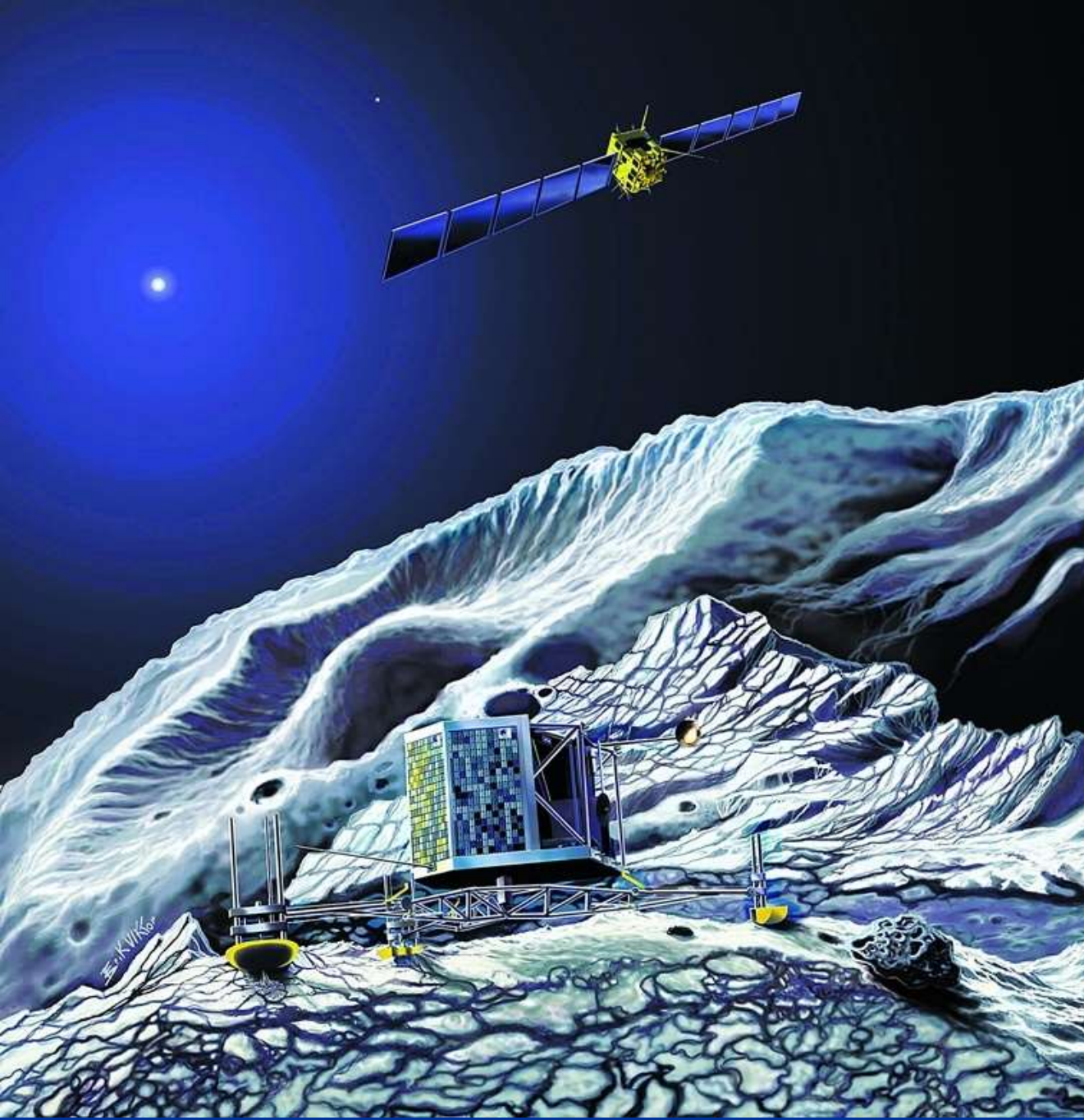
# Výber miesta na pristátie (sep. 2014) vybraný bod „J“



**Bezpečnostné kritériá:** Plochý terén s malým sklonom a bez väčších balvanov.

**Technické kritériá:** Doba osvetlenia solárnych panelov, teplota povrchu, spoľahlivá komunikácia s orbiterom.

**Vedecké kritériá:** Reprezentatívne materiálové zloženie, primeraná povrchová aktivita po priblížení k Slnku.



*Pristátie na  
kométe 67P  
(november 2014)*

Credit:





# *Pristátie na kométe 67P (12 november 2014)*





# ROSETTA -Riadiace centrum, ESA-ESOC, Darmstadt, DE



*Anténa ESA na  
komunikáciu so sondou*

***ROSETTA***

*New Norcia, Austrália*

Priemer antény: 35 m

Hmotnosť: 630 ton





# *Maketa sondy ROSETTA, ESA-ESOC, Darmstadt, DE*





## *Záverom*

ROSETTA sa už stala spolu-pútnikom zmrznutej kométy v studenej oblasti Slnčnej sústavy a pri spoločnej ceste perihéliom bude zblízka pozorovať ako sa kométa transformuje pod vplyvom silnejúceho slnečného žiarenia.

Prvýkrát v histórii ľudské dielo mäkko pristane na jadre kométy kde bude analyzovať vzorky neznámeho materiálu, z ktorého sa kedysi zrodila Slnčná sústava.

*Ďakujem za pozornosť !*

