

MTA – Atomenergia Kutató Intézet (AEKI)

A Neumann János Számítógép-tudományi Társaság Informatika Történeti Fóruma (NJSzT iTF) és az Óbudai Egyetem a Nagy Számítástechnikai Műhelyek sorozatában a magyarországi informatika fejlődésében meghatározó szerepet játszó Atomenergia Kutató Intézet (AEKI) számítástechnikához kapcsolódó történetét mutatta be.

A rendezvény időpontja: 2015. október 29. csütörtök
Helyszíne: Óbudai Egyetem (Budapest III., Bécsi út 96/B) F09. terem

A program:

Kutor László, az iTF elnökének köszöntője ▶

Végh Endre: *A paksi számítástechnika kialakítása a 80-as, 90-es években* 📄 ▶

Ivanyos Lajos: *Intel 8085 alapú adatgyűjtő rendszerek a 3. és 4. bloknál* 📄 ▶

Lipcsei Sándor: *Neutronzaj diagnosztika* 📄 ▶

Jánosy János Sebestyén: *A paksi külső dozimetriai rendszer* 📄 ▶

Gadó János: *Az AGNES projekt: A paksi biztonság értékelése* 📄 ▶

Házi Gábor: *Virtuális vezénylő* 📄 ▶

Apáthy István: *AEKI-s műszerek az űrben* 📄 *A Rosetta-misszió* 📄 ▶

Kutor László zárszó ▶

A paksi számítástechnika kialakítása a 80-as, 90-es években

Végh Endre

Informatika Történeti Fórum, 2015. október 29.

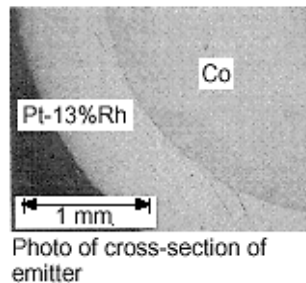
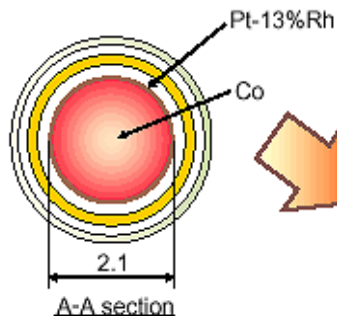
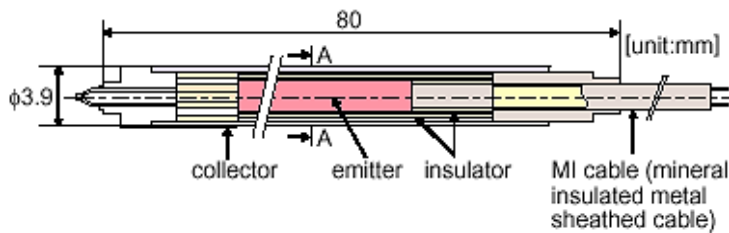
Előzmények a KFKI-ban

- 1978 az AEKI egy R-10 alapú kísérleti számítógépes vezérlő rendszert hozott létre a KFKI kutatóreaktora számára
- 1981-ben az AEKI egy R-10 alapú számítógépes információs rendszert szállított Líbiába egy szovjet kutatóreaktor számára
- 1975-77 között az MSzKI a Dunamenti Hőerőmű hat blokkja számára szállított TPA-i alapú blokkszámítógépet. Ezek a gépek egészen 2000.-ig üzemeltek.
- A hivatalos vélemény azonban az volt, hogy „kulcsrakész erőművet vettünk”, tehát nincs szükség a KFKI munkájára. Sőt nem is szabad a szállításba „belekontárkodni”, mert veszélyeztetnénk a garanciát.

Ideiglenes archiváló rendszer

- 1982 decemberében Pónya József, az Atomerőmű vezérigazgatója, az AEKI segítségét kérte, mert a blokkszámítógép hiánya miatt nem lehetett indítani az 1. blokkot.
- Az archiváló rendszer feladata:
 1. 500 analóg és 2200 kétállapotú jel átvétele a szovjet M-60 mérőrendszerből 2. mp-es ciklusidővel.
 2. Az események időleges tárolása.
 3. Védelmi működés esetén a védelmi jelet megelőző 10 perc és az azt követő 30 perc eseményeinek mentése floppyra.
 4. A floppyra mentett adatok kiértékelése:
 - Az időtartomány összes eseményének listázása időadattal,
 - Határérték túllépések listázása,
 - Max. 6 analóg paraméter időbeli változásának kirajzolása sornyomtatón.
- A rendszer átadása 1983 márciusában befejeződött.
- 1.-es blokk energetikai indítása 1983. márciusában megtörtént.
- Az orosz blokkszámítógép 1983 nyarán lett kész, ezután az ideiglenes archiváló rendszert leszerelték.

Mérések a reaktor zónában

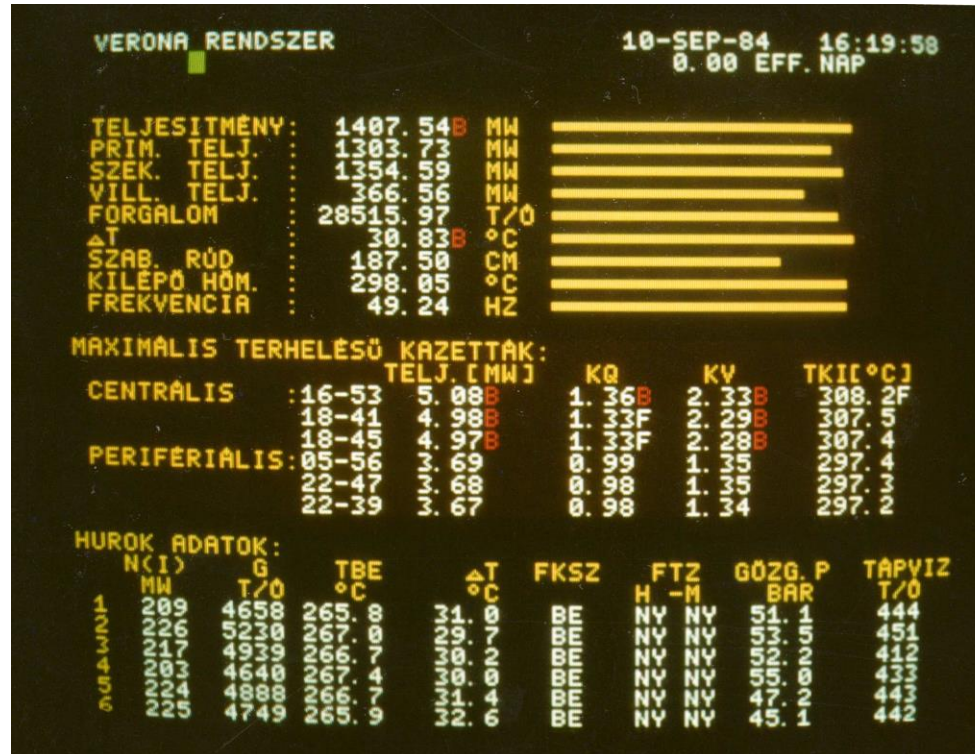


- In-core mérések:
 - 36 kazettában **SPND (ДПЗ)** detektorok, kazettánként 5 szinten
 - 210 kazettában kilépő hőmérsékletet mérő termopár
- Neutron fluxus mérés ródiummal:
 $103\text{Rh} + n \rightarrow 104\text{Rh} + \gamma \rightarrow 104\text{Pd} + e$;
 $T_{1/2} = 42 \text{ sec}$
- Az SPND detektor tápegység nélküli áramgenerátor.

VERONA

- 1983 elején az AEKI szerződést kötött az in-core mérések feldolgozására: **V**izes **E**rőművi **R**eaktor **O**n-line **N**eutron **A**nalízise
- **HINDUKUS** szovjet gyártású metrikus CAMAC rendszer
- Az analízis célja: a reaktor tartályban a teljesítmény eloszlás térbeli képének meghatározása.
- Ideiglenes VERONA rendszer: TPA-1140 konfiguráció. Telepítés az 1. blokkban 1984 nyarán, 2. blokkban 1984 végén.

VERONA

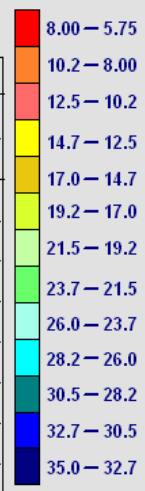
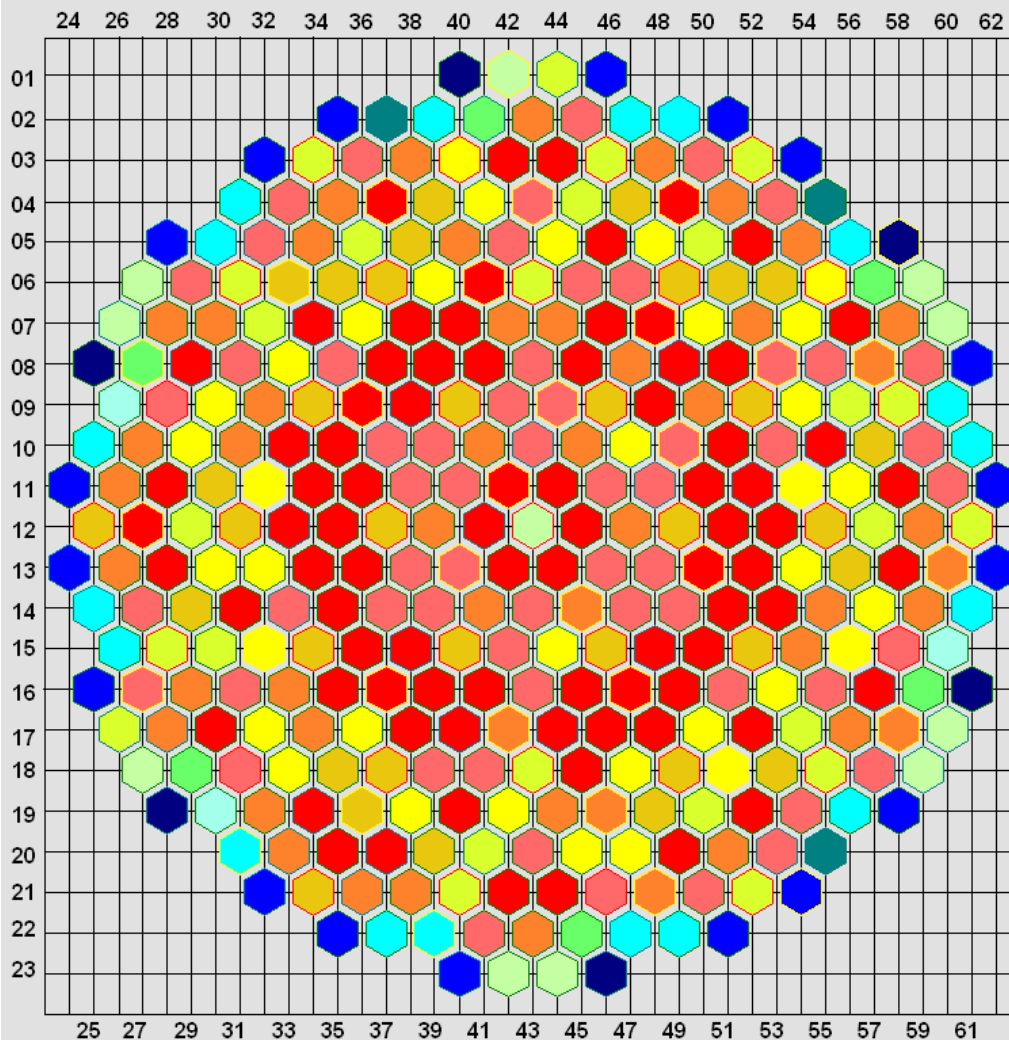


- Alapvető biztonsági funkció: a hat legjobban terhelt kazettában a forrástartalék meghatározása. Figyelem felhívás, ha a forrástartalék túlságosan kicsi.

VERONA

- A térbeli eloszlás megjelenítése speciális színes display egységgel. Az egységeket a Híradástechnikai Ipari Szövetkezet gyártotta.
- A megjelenítés legfontosabb elemei:
 1. 349 kazettát ábrázoló színezett zónatérkép
 2. Bármely kazettában a választott paraméter axiális eloszlásának felrajzolása
- Végleges változat: TPA-1148 számítógép és PERTEC (USA) gyártású diszkek.
- A végleges változatok mindkét blokkban 1985 végén kerültek átadásra. A VERONA rendszer az erőmű egyik legfontosabb rendszere lett és emiatt algoritmusait folyamatosan pontosították és szolgáltatásait állandóan bővítették.

Minimális szubcsatorna kilépő hőmérséklet tartalék [°C]



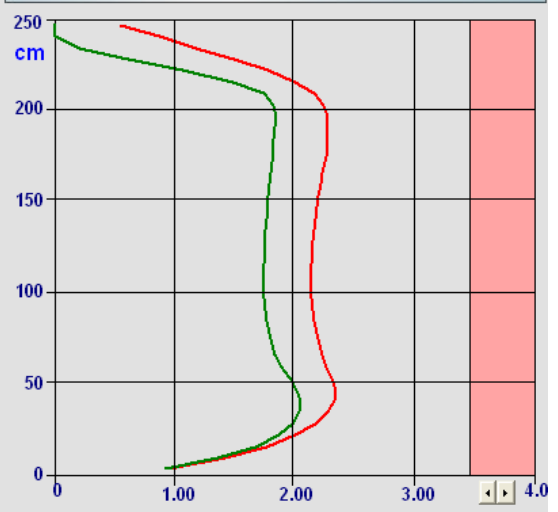
ÁTLAG: 14.2

- Szinkódolt
- Számértékes
- Státuszok

- DPZ
- TP
- SZBV
- ÜRES

MAXIMÁLIS TERHELÉSŰ KAZETTÁK ELOSZLÁSAI [MW/m]

TS - t WL - t



VAST. SZÍN VAST. SZÍN

REAKTOR PARAMÉTEREK 28

Hurok dT (relativ) :	<input type="text" value="100.69"/> F %
Hurok dT (Átlag) :	<input type="text" value="30.21"/> F °C
SZBV VI. csoport :	<input type="text" value="222.93"/> cm
Hidegági hőmérséklet :	<input type="text" value="264.92"/> °C
1. főgöz kollektor nyomás :	<input type="text" value="44.56"/> bar
2. főgöz kollektor nyomás :	<input type="text" value="44.30"/> bar
Hálózati frekvencia :	<input type="text" value="49.98"/> Hz
TS - t (minimum) :	<input type="text" value="5.75"/> °C
WL - t (minimum) :	<input type="text" value="71.89"/> W l cm

Blokkszámítógép

- Az orosz blokkszámítógép elkészültének csúszása miatt a Paksért felelős kormánybiztos kezdeményezte magyar blokkszámítógép készítését a 3. és 4. blokkok számára.
- Feladat Analízis 1983 folyamán az MVM felügyelete alatt készült. Résztvevők: Paksi Atomerőmű, VEIKI, KFKI.
- A következő rendszer alakult ki:
 1. Alsó szint: mérés-adatgyűjtési feladatok ellátása mikroprocesszor vezérlésű rendszerrel
 2. Középső szint: kétgépes rendszer a szokásos blokkszámítási feladatokra és adatmegjelenítésre
 3. Felső szint: speciális atomenergetikai feladatok biztosítása
- A magyar blokkszámítógép készítésének feltétele:
 1. A Műszaki Terveket szovjet szakértők előtt meg kellett védeni és ehhez minden dokumentációt át kellett adni.
 2. Szállítani kellett egy TPA-11/440 számítógép konfigurációt RSX real-time operációs rendszerrel

Blokkszámítógép

- Szállítási szerződés az ERBE-vel 1984 elején.
- Az adatgyűjtést és primer adatfeldolgozást MMG gyártású mérőrendszer látta el. Erről Ivanyos Lajos beszél részletesen
- A középszint két TPA-11/440 számítógépből kialakított ikergép, közös adatbázissal Rendelkezésre állás: 99.5 %. Automatikus átváltás meghibásodás esetén. Adatok megjelenítése kb. 150 színes sémaképen. Esemény naplózás. Archiválás.
- A felső szint egy TPA-11/440 számítógépből állt. Rendelkezésre állás: 96 %. Feladatok:
 - VERONA,
 - Műszaki/gazdasági számítások (munkapontok optimalizálása, teljesítmény változtatás tervezése),
 - Biztonságot érintő kiértékelések, pl. biztonsági hatszögek.
- A megkívánt rendelkezésre állást PERTEC (USA) diszkekkel lehetett elérni.
- A 3. blokk számítógépének átadása 1987. nyarán
- A 4. blokk számítógépének átadása 1988. nyarán
- Az összes blokkszámítógépet ipari PC-re cserélték a 90-es évek közepén.

Teljesléptékű Blokkszimulátor

- A finn Loviisai Erőműben működött a paksihoz hasonló VVER-440-es atomerőmű. A NOKIA cég ehhez készített szimulátort a 80-as évek elején. NOKIA hajlandó eladni a szoftvert 3 millió USD-ért.
- Eredeti elképzelés: Közös csehszlovák-magyar szimulátor létesítés Nagyszombaton. Pénzmegosztás: 1 millió magyar, 2 millió cseh.
- Csehszlovákia kiszáll. Pónya megszerzi a teljes 3 milliós vételárat.
- 1984 elején létrejött a szerződés. A finnek csak szoftvert szállítanak a szükséges embargós VAX konfigurációt, vezénylőt, vezénylői interfészt és blokkszámítógépet Magyarország biztosítja.
- PAV vásárol egy ötödik vezénylőt. VERTESZ átalakítás.
- MSZKI készíti el a vezénylő interfészét CAMAC-ból (közel 10,000 input/output jel).
- MSZKI szállítja a finn specifikációnak megfelelő VAX klónt.
- AEKI, MSZKI és PAV biztosítja a modellezéshez szükséges embereket.

Teljesléptékű Blokkszimulátor

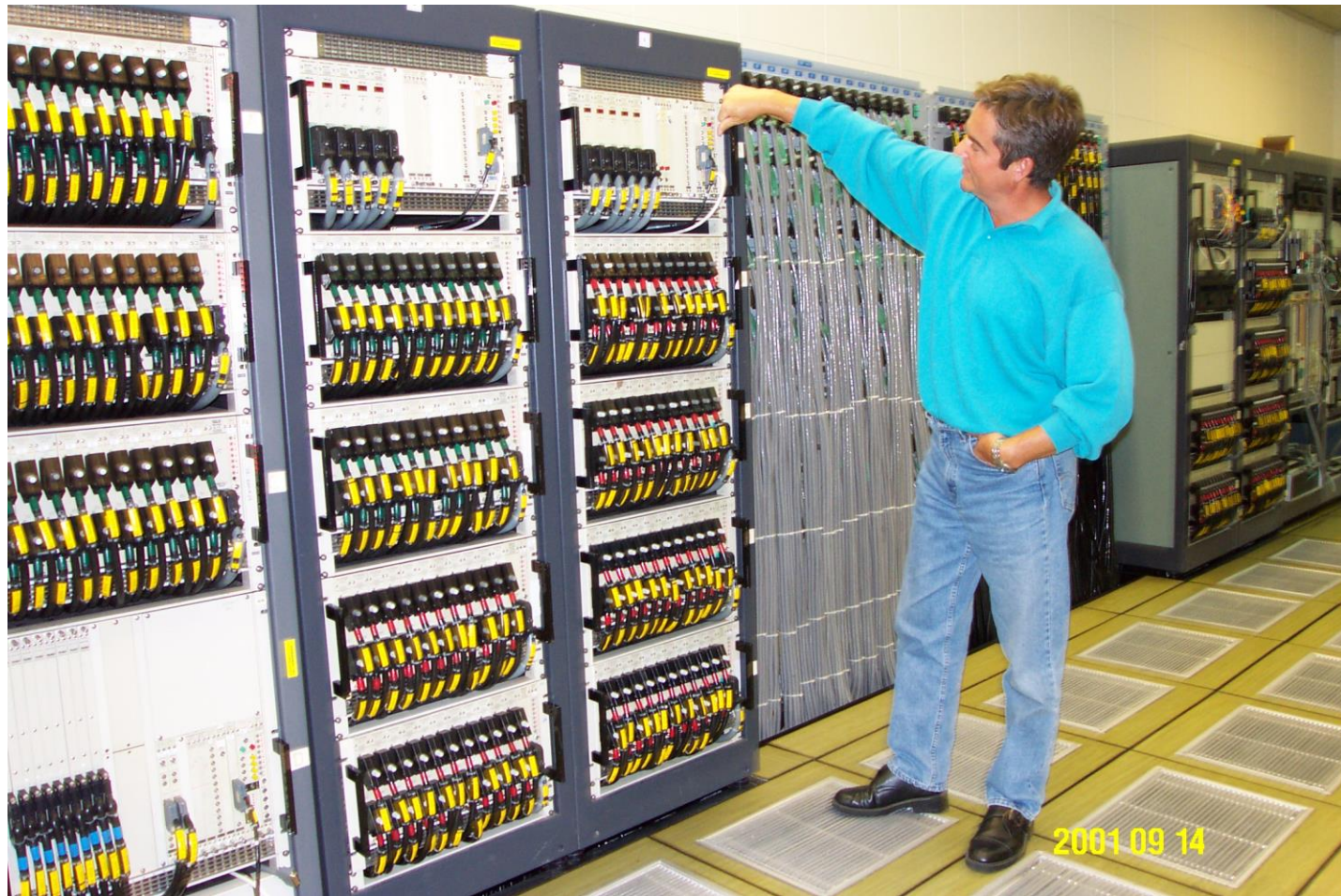
- A modell rendszerből csak a reaktor modell használható, minden más berendezés különböző. Igazi érték: a számítástechnikai kultúra és a szimulációs programcsomagok.
- Tranziens mérések elvégzése a 3. blokk átvétele során 1987-ben
- Átvételi tesztelés: 1988 január-május
- Szimulátor paksi átadása: 1988 végén.

- Oktatás megkezdése: 1989 január.

A TPA-11/580 konfiguráció Pakson.



A CAMAC interfész rendszer





Súlyos balesetek szimulációja

- A vásárolt szimulátor korlátja: egyfázisú termohidraulikai modell. Már a vásárláskor AEKI elvállalta ennek kiváltását kétfázisú modellel.
- 1991 közepén az AEKI szerződést kötött a szimulátor bővítésére. Legfontosabb megoldandó feladatok:
 - A primer hűtőkör kétfázisú termohidraulikai modellje.
 - A hermetikus tér és a nyomáscsökkentő rendszer modellje.
 - Fűtőelem tokozás (zircaloy) oxidációjának modellje.
 - Fűtőelem meghibásodás modellje, de zónaolvadás már nem.
 - Rúd kilökődés modellje.
- Kétfázisú kód kifejlesztésére és validálására nem volt lehetőségünk, ezért megvettük a finn VTT cég **SMABRE** termohidraulikai kódját. Ugyanezt a kódot alkalmazták Loviisában is.

Súlyos balesetek szimulációja

- Súlyos baleseti teszt adatok: **AGNES** project-ből. Erről Gadó János fog beszélni
- 15 kiválasztott baleseti scenárió.
- 1994 közepén adtuk át az új szimulátort.
- A kis törések modellezése fontos, mert ott a kezelő személyzet be tud avatkozni. Nagy törések esetén a védelmek működésébe tilos beavatkozni!
- Miért kell nagy törést modellezni? Mi a haszna egy fél méter átmérőjű és 15 cm falvastagságú cső guillotine jellegű törése modellezésének?

Szimulátor mint próbapad

- 1996-ban Pakson elhatározták a teljes blokkvédelmi ellenőrző rendszer (BER) cseréjét az eredeti rendszer zajérzékenysége miatt. Az új BER-t a SIEMENS szállítja paksi algoritmusok alapján.
- Az új rendszert csak a szimulátoron lehetett tesztelni. A teszthez 0.2 mp.-es szimulációs ciklusidő kell.
- VAX-al 0.2 mp.-es ciklusidő nem lehetséges. Számítógép csere AlphaServer-re, mert azon fut a VMS operációs rendszer.
- A szerver gépi utasítás szinten nem VAX kompatibilis, ezért a programokat forráskódból újra kellett fordítani. Azonban a szimulátor fejlesztő- és futtató rendszere (SDS) forráskódban nem állt rendelkezésre, ezért azt az AEKI újraírta.
- Logikai hálózatok felrajzolására és egyidejű megoldására az AEKI kifejlesztette a GRASS programot.
- Az algoritmusokat GRASS segítségével írták le, majd a kapott kódot beépítették a szimulátorba és tesztelték az elképzelhető összes súlyos üzemzavarral.

Szimulátor mint próbapad

- A BER deszkamodelljét a SzTAKI megépítette. „Kiscsikó üzemmód”: a deszkamodell és a szimulátorban futó modell összehasonlítása. Miután a deszkamodell is hibátlan, a GRASS képek alkotják a dokumentációt a SIEMENS felé.
- Mindegyik elkészült SIEMENS készüléket a blokkba beépítés előtt a szimulátoron tesztelték hardware-in-the-loop üzemben.
- A BER készülékek cseréjére Pakson 1998-99-ben került sor.

Blokkvezénylő interfész cseréje

- A CAMAC interfész cseréje a következők miatt volt szükséges:
 - Nem tudta biztosítani a 0.2 sec.-os ciklusidőt
 - Elfogytak a tartalék csatornák
 - Egyre nehezebbé vált az alkatrész ellátás
- Az AEKI-ben kifejlesztettünk egy CAMAC-nál igénytelenebb VME rendszert. Modulok: analóg output-, dig. input és output, léptető motort meghajtó modul.
- 1999-ben szerződés a teljes rendszer cseréjére. A csere feltételei:
 - A vezénylő kábelezése érintetlen maradjon.
 - A csere alatt is üzemeljen a szimulátor, ezért bármikor vissza lehessen állni a régi rendszerre.
 - Újra legyen minimum 10 százaléknyi tartalék csatorna.
- A szükséges csaknem 300 VME modul gyártása és bemérése az MTA INFORMÁCIÓTECHNOLÓGIAI ALAPÍTVÁNY-ban történt.
- Kommunikációs szoftver fejlesztését az AEKI biztosította.

Blokkvezénylő interfész cseréje

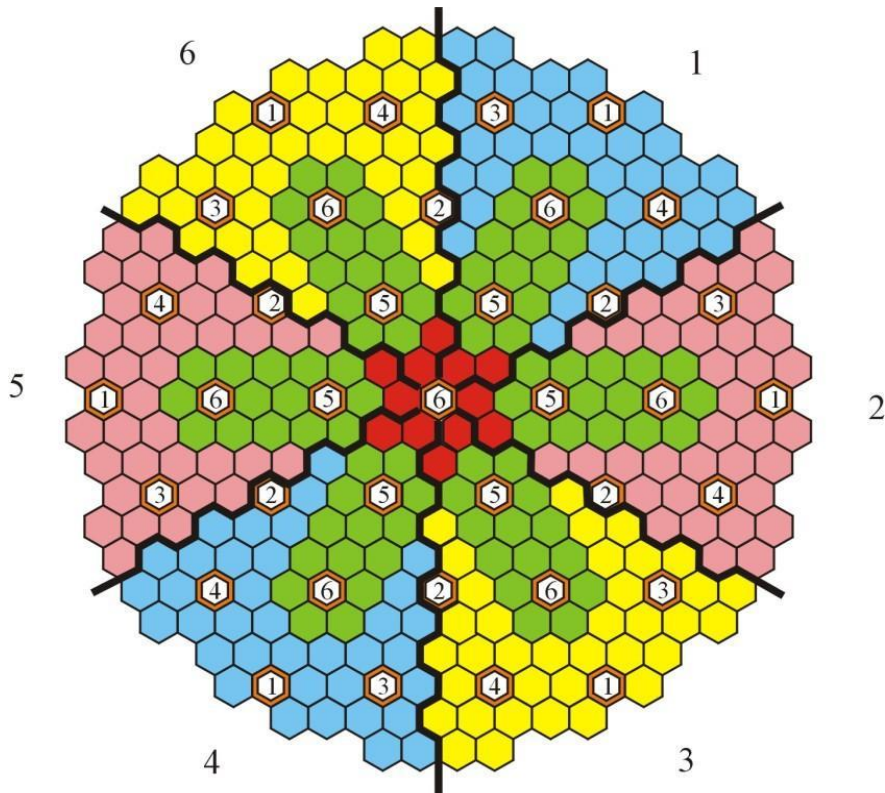
- Az interfész átadása 2001 végén.
- A CAMAC interfészt leszerelték 2002 nyarán.



Teljesítmény növelés

- A 2000-es évek elején a reaktor teljesítményének növelésével mindegyik blokk teljesítményét 460 MW-ról 500 MW-ra növelték.
- A két átrakás közti ciklusidő megrövidült.
- A ciklusidő visszaállításához több urán kell a kezdeti töltetbe. Célszerű áttérni kiegészítő mérget tartalmazó (gadolíniumos) üzemanyagra.
- A régi neutron-kinetikai modell térbeli felbontása nem elegendő és dinamikai tulajdonságai se megfelelők. AEKI új reaktor modellt hozott létre: KIKO-3D.
- A modell finomabb hőtechnikai nodalizációt igényelt, emiatt új primerköri termohidraulikai modell kellett. Az AEKI saját kétfázisú termohidraulikai modellt fejlesztett : RETINA.
- A részletesebb térbeli felbontás nagyobb teljesítményű szimulátor számítógépet igényelt: 4 magos Itanium 3600 szerver.

Teljesítmény növelés



- Zóna termohidraulikai csatornái:
 - Centrális (piros)
 - 6 periferiális belső (zöld)
 - 6 periferiális külső
 - Axiális irányban mindegyik csatornában 5 nódus
- Zóna neutronfizikai nódusai:
 - Radiálisan mindegyik kazetta önálló nódus
 - Axiális irányban 10 nódus
- A project 2007 elejétől 2009 végéig tartott.

Köszönöm a figyelmet.

Intel 8085 alapú adatgyűjtő rendszer a 3. és 4. blokknál

2. Vázlat

- **3. Előzmények**
- **4. Koncepció**
- 5. Galvanikus leválasztók és jelformázók
- **6. Berendezések és ismertetőik**
- **7. A koncepció elfogadtatása**
- 8. Előkészületek
- **9. Szerződések**
- **10. Tartalékútas rendszer**
- 11. Mikroszámítógépek 1.
- 12. Mikroszámítógépek 2.
- 13. Mikroszámítógépek 3.
- **14. Adatok**
- **15. A teljességhez**

- Néhány fénykép
- 16. SAM-e ipari mikroszámítógép
- 17. MP8501 multiprocesszoros mikroszámítógép
- 18. A műszerfalba beépített színes, kvázigrafikus kijelző
- 19. Az „esemény kezelő” alrendszer a 3. blokk generátor terében

- 20. Irodalomjegyzék

3. Előzmények

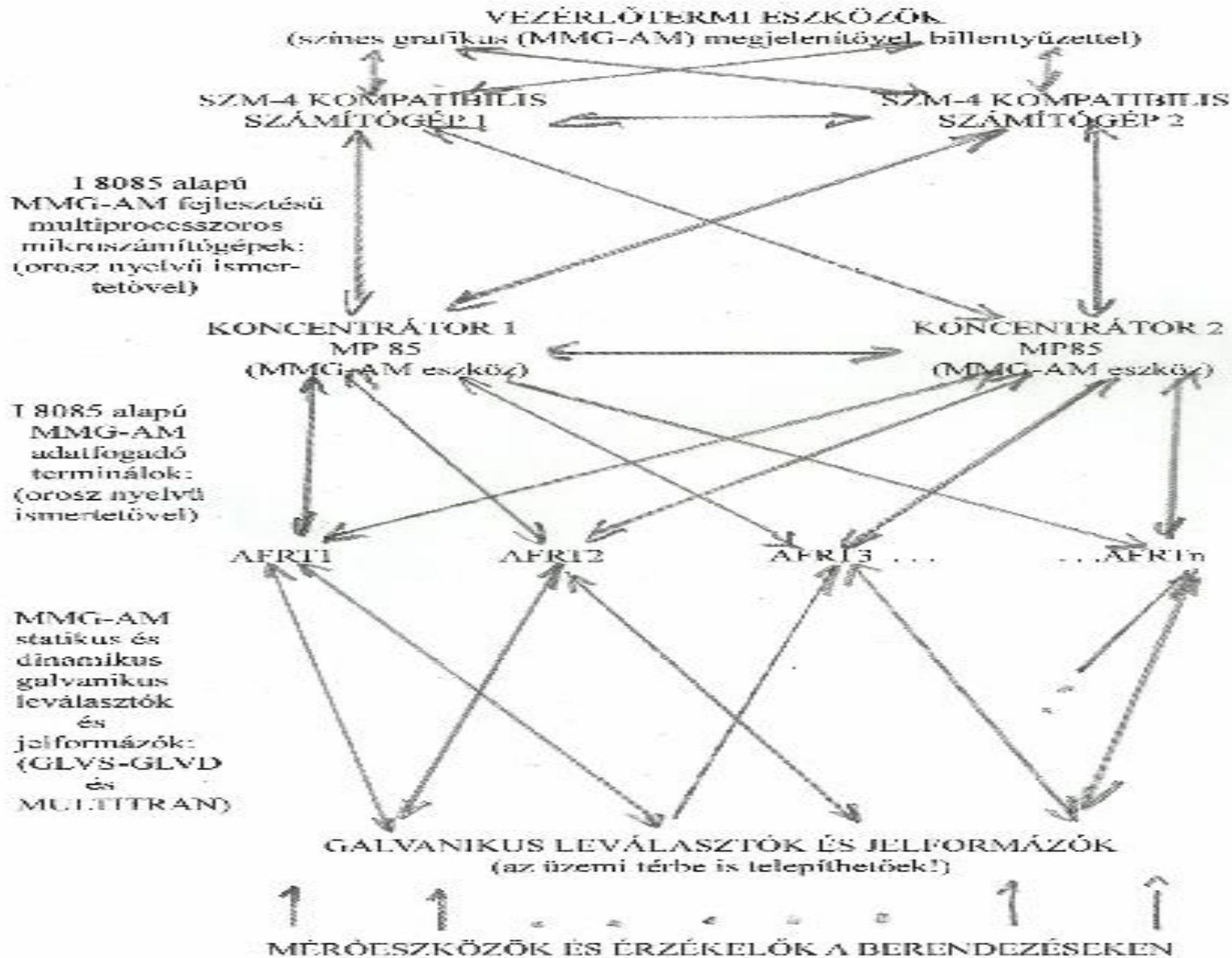
- Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület (MATE) tagságom , 1965-től az Elektronikus számítógépek és szabályozó berendezések szakosztályban, Neumann János Számítógép-tudományi Társaság (NJSZT) tagságom 1969-től.
- Szimpóziumokon, Konferenciákon és klf. rendezvényeken való részvételem, majd előadások tartása, a szervezésben való közreműködés, munkatársak biztatása a rendezvényeken előadások tartására.
- 1979 őszén a KFKI-ből az MMG-Automatika Művekbe mentem át, az országba először legálisan beérkező PDP 11 sorozatú, teljes körű dokumentációval érkező számítógép munkába állítására.
Eddig az időpontig a KFKI-MSZKI és az MMG-AM együttműködésével már több sikeres ipari projekt valósult meg.
- **A téma szempontjából kiemelkedő az 1980 évi „Ipari elektronikus mérés és Szabályozás Szimpózium” . A szimpóziumok rendszeres résztvevői voltak az ERBE és az ERŐTERV munkatársai is, közülük a PAV ügyekkel kapcsolatban Illés Béla (ERBE) és Valkó István (ERŐTERV) szerepe volt számomra meghatározó, Ők tették fel a kérdést:**

„ Véleményed szerint a magyar ipar képes volna-e valamivel korszerűbb és megbízhatóbb irányítástechnikai eszközöket és alrendszereket szállítani, mint amiket a szovjet szállító az 1. blokk beruházása kapcsán leszállított?

Nem válaszoltam azonnal, a tájékozódásra időt kértem.
- Tanulmányoztam az atomerőművekkel kapcsolatos irodalmat, a szovjet szállítás dokumentumait, Szukics Imre vezetésével végig jártam a befejezéséhez közeledő 1. blokk, telepítés alatt levő 2. Blokk és az épülő 3. blokk technológiai területeinek nem sugárveszélyes részeit.
- **Tájékozódásom és a magyar ipar lehetőségei ismerete alapján igenlő választ adtam, majd kidolgoztam, az ERŐTERV és az ERBE munkatársaival egyeztettem a magyar megoldás koncepciójának első változatát.**
- Ennek a szovjet partnerrel történő ismertetésére és elfogadtatására vonatkozó tárgyalások 1981-ben kezdődtek az ERBE, az ERŐTERV és a PAV szakembereinek közreműködésével Moszkvában..

KONCEPCIÓ

Hierarchikus, moduláris, osztott intelligenciájú adatgyűjtő rendszer



5. Galvanikus leválasztók és jelformázók

GLVS egységek feladatai: 48 statikus jelzés (záró érintkező) fogadása,

GLVD egységek feladatai: 48 dinamikus jelzés (váltó érintkező) fogadása,

galvanikus leválasztása, kábel szakadás ellenőrzése. A mikroszámítógép fele 96 db TTL jelszintű jelzésbitet szolgáltatnak (állapot és kábel hiba /jelzés).

A jelformázók 8 bemenetű multiplexer modulokból állnak, feladatuk analóg jelek fogadása, 0-20 mA tartományba eső áramjellé alakítása és továbbítása a mikroszámítógépek A/D konverter moduljaihoz.

A modul választék: 0-5 mA árambemenet, 4-20 mA árambemenet, ellenállásos hőmérséklet érzékelők, termisztor páros hőmérséklet érzékelők.

Egy – egy MULTITRAN-nak nevezett jelformázó egység 8 bemeneti modult tartalmazhat, kihelyezhetők a technológiai helyszínrre, így jelentős kábel megtakarítást is elérhető lehet.

6. SZÁMÍTÓGÉPEK és ismertetőik

MMG-AM gyártású berendezések:

A GLVS és GLV D galvanikus leválasztók, a MULTITRAN egységek és a mikroszámítógépek Intel 8085 processzorral

Egy-processzoros mikroszámítógépek: periféria illesztő, kommunikációs és folyamatcsatoló modulokkal: SAM 85

Multiprocesszoros mikroszámítógépek (3 – 8) processzorral: periféria kezelő, kommunikációs, színes kvázigráfiikus és háttértár modulokkal: MP 85

SZM-4 kompatibilis számítógépek:

több helyről is be lehet szerezni: Magyarország (KFKI), Szovjetunió, Csehszlovákia,...

Átadásra került:

az MMG-AM gyártmányú GLVS, GLVD, MULTITRAN, SAM 85, MP 85 berendezéseknek orosz nyelvű ismertetője és SZU-beli (földgáz és kőolajipar) referencia listája.

7. A koncepció elfogadtatása

A szakmai tárgyaláshoz a szovjet Atomenergoexport a Kurcsatov Intézet munkatársait vonultatta fel, nekik adtuk át a koncepciót és az abban szereplő berendezések orosz nyelvű ismertetőit (az SZM-4 kivételével)

Ezt követően nekem kellett a vázlat alapján ismertetni a koncepció lényegét, amit a fokozott biztonságú mikroszámítógép hálózat biztosít.

Ezt követően (kb. egy órányi időben) áramköri kapcsolási rajz mélységig kellett ismertetnem javaslatomat

(mintha a BME Műszer és mérés technika tanszékén a diploma munkámat védtem volna, csak az eredményhirdetés csúszott át 1982-re).

A minősítés:

„eléri a szovjet fél által betervezett rendszer szolgáltatásainak és megbízhatósági mutatóinak szintjét”

(Ettől kezdve már nem szakmai, hanem politikai kérdéssé vált, hogy lesz-e hazai fejlesztésű információs számítógép rendszer a 3. és 4. bloknál !)

8. Előkészületek

Még 1981-82-ben ERBE- MMG_AM- PAV együttműködéssel létrehoztunk egy SAM 85 alapú kísérleti rendszert az 1. bloknál, a kritikus események regisztrálására.

Az eredmény a cél szempontjából pozitív volt, de sok tanulsággal szolgált a már beindított **SAM-E és MP8501 modul rendszerek fejlesztéséhez.**

1983-ban mindkét modul rendszer és szoftverük fejlesztésénél az atomerőművi igények kielégítését tűztem ki célul.

A koncepció tervem 2. és 3. változata már SAM-E és MP8501 alapú berendezéseket irányzott elő TPA 1140 sorozatú KFKI gyártású számítógépekkel.

9. Szerződések

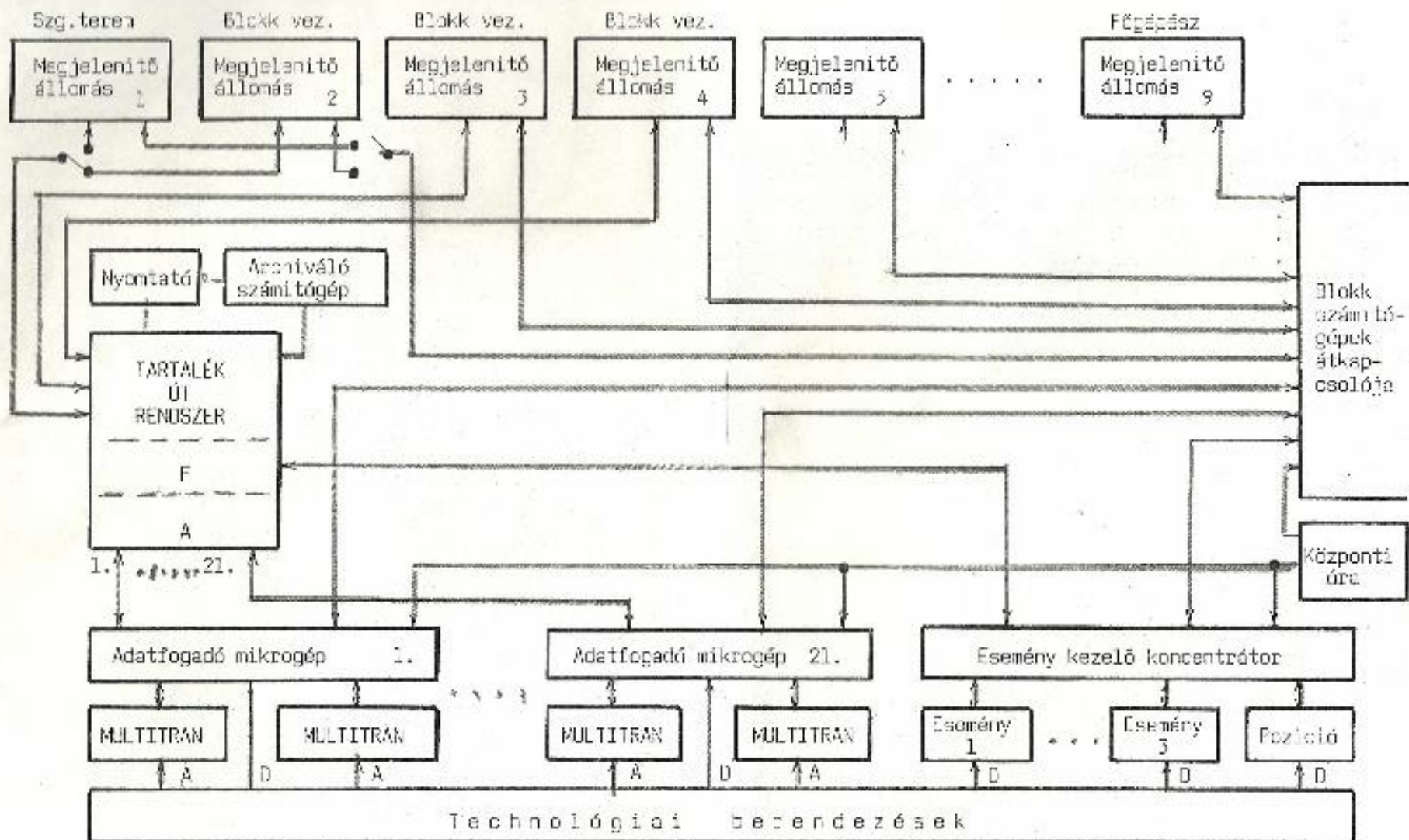
1983-ban kedvező hírek érkeztek a politikai akciók sikeréről, elkezdődtek az előkészületek:

- Fővállalkozó cég keresése: sikertelen volt, a koordinálást az MVMT vezetésével (Zettner Tamás) működő szakértői csoport végezte.
- A szerződések megkötésére 1984-ben került sor.
- Résztvevők és nevesített szakértőik a csoportban:
 - ERŐTERV (Bánfalvi Ferenc, Valkó István)
 - ERBE (Illés Béla, Szukics Imre, Takács József)
 - VEIKI (Papp György)
 - PAV (Márton János, Nagy Péter, Katics Béla, Simon Péter)
 - KFKI (Vashegyi György)
 - VERTESZ (Juhász Miklós)
 - MMG-AM (Ivanyos Lajos)

Az MMG-AM annyiban volt érintve a feladat megosztással, hogy a döntés szerint a koncentrátorokat és TPA számítógépeket szoftverükkel együtt a KFKI – VEIKI együttes kapta meg.

Mivel nyilvánvaló volt, hogy a kijelölt határidőre a rendszernek ezt a részét nem tudják átadni, kidolgoztam a „tartalékút” megoldást, amely nem csak a várható átadási késés, hanem számítógép üzemzavarok esetén is biztosítani tudja az alapvető szolgáltatásokat. Ezt mutatja a következő ábra.

10. Tartalékútas rendszer



PAE 3. és 4. blokkjainak mikroszámítógépes adatgyűjtő rendszerei

11. Mikroszámítógépek 1.

Adatfogadó konfiguráció: 21 db.

Csatoló moduljaik:

16 db. ADOP (12 bit+előjel felbontással)

2 db. MTCM (MULTITRAN csatorna vezérlő)

1 db. VSIO (2 független, soros, aszinkron vonallal, max. 9600 Bd sebességgel)

8 db. CDC1 modul (Modulonként 48 statikus jelzésbit fogadására)

Jelzés fogadó konfiguráció: 3 db.

8 db. CDC2 modul (dinamikus jelzések fogadására, azaz 4 db. GLVD egység illesztésére)

1 db. VSIO modul (az esemény jel koncentrátor soros, aszinkron eléréséhez)

Pozíció jelzés fogadó konfiguráció: 1 db.

8 db. CDC1 modul (a belógási hosszat jelző záró érintkezők állapotának jelzéséhez)

1 db. VSIO modul (az esemény jel koncentrátor soros, aszinkron eléréséhez)

12. Mikroszámítógépek 2.

MP8501 konfigurációk:

Eseménykezelő koncentrátor (5 processzoros): Soros, aszinkron vonalakon fogadja, időbélyeggel látja el a 3 eseményjel- és a pozíciójel fogadó mikrogépekről érkező jelváltozás jelzéseket. Ezeket

időrendi táblázatba rendezi, továbbítja az F jelű tartalékút mikroszámítógéphez és a CAMAC modulokból készült koncentrátorhoz.

Adatkezelő koncentrátor (8 processzoros): Soros, aszinkron vonalakon ciklikusan ismétlődő lekérdezéssel frissíti a 21 adatfogadó mikroszámítógép nyilvántartott információit és átadja a vele egy vázba épített F jelű tartalékút mikroszámítógépnek.

Tartalékút mikroszámítógép (F jelű, 7 processzoros): Az adatkezelő- és eseménykezelő koncentrátorok által adott információk alapján frissíti a RAM memóriában tárolt technológiai adatbázis információit,
3 db. megjelenítő állomáshoz eljuttatja az általuk választott képek frissítéséhez szükséges információt,
nyomtatón naplózza az eseményeket,
az operátor által kiválasztott eseti naplókat kinyomtatja,
az archíválásra kijelölt és az operátor által kiválasztott információt elküldi a háttér tárat is kezelő operátori számítógépre.

13. Mikroszámítógépek 3.

Megjelenítő állomás (9 db.)

3 fő részből állnak:

- Elektronika (4 processzoros mikroszámítógép)
- Alfánumerikus – funkcionális billentyűzet
- OIRT szabványoknak megfelelő RGB rendszerű színes TV monitor.

Az elektronika egyidejűleg kapcsolódhat a blokkszámítógéphez és a tartalékút processzorhoz.
(a kezelő a klaviatúra segítségével választhatja ki a jelforrást és a 8x8 pontos színes mezőkből felépülő képet)

14. Adatok

Blokkonként az átadáskor

Analóg bemenetek száma: 2688

Lekérdezési idő szerinti megoszlás:

1 sec 35

3 sec 209

6 sec 1101

12 sec 910

60 sec 433

Statikus jelzésbemenet:_ 4022

4 bites fékezőrúd pozíció jel: 37

Az „iniciatív jelek” száma: 576

Egy processzoros SAM-E: 25

Több processzoros MP 8501: 12

Beépített Intel 8085 processzor: 81

15. A teljességhez

A 3. bloknál szerzett üzemeltetési tapasztalatok,
a blokkszámítógépek előre nem ismert sajátosságai és
eredeti specifikációktól eltérően megvalósult kiszolgáló
szoftvere miatt:

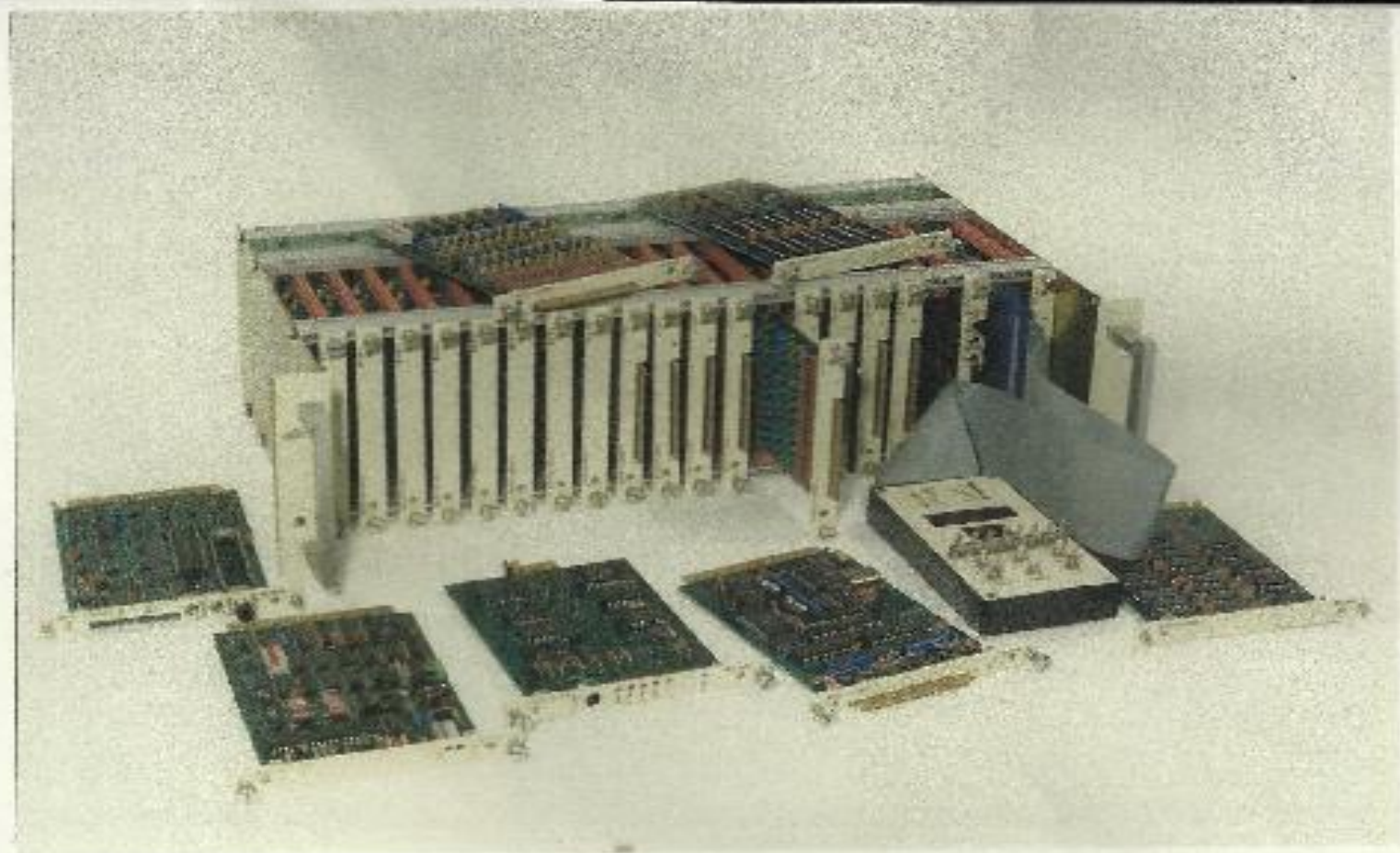
többlet feladatokat kellett a mikroszámítógépekkel
megoldani,

Az előfeldolgozó algoritmusok egy részét meg kellett változtatni.

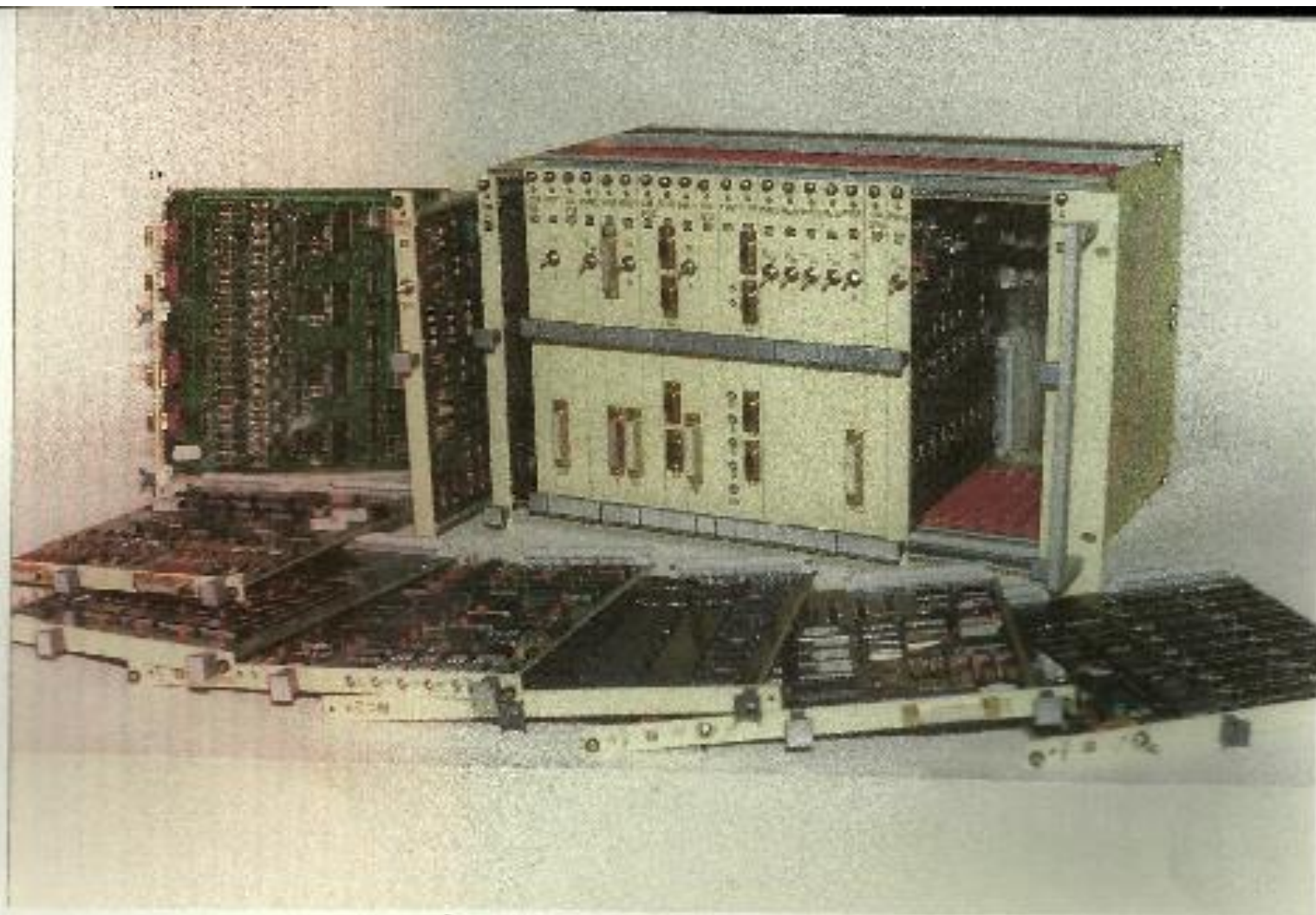
A mikroszámítógépes adatgyűjtő rendszerek megvalósításában
(hardver- és szoftver fejlesztés, rendszerintegrálás, üzembe
helyezési és próbaüzemi feladatok, módosítások) irányításommal
mintegy

40 fő vett részt!

A siker nekik köszönhető, köszönöm!



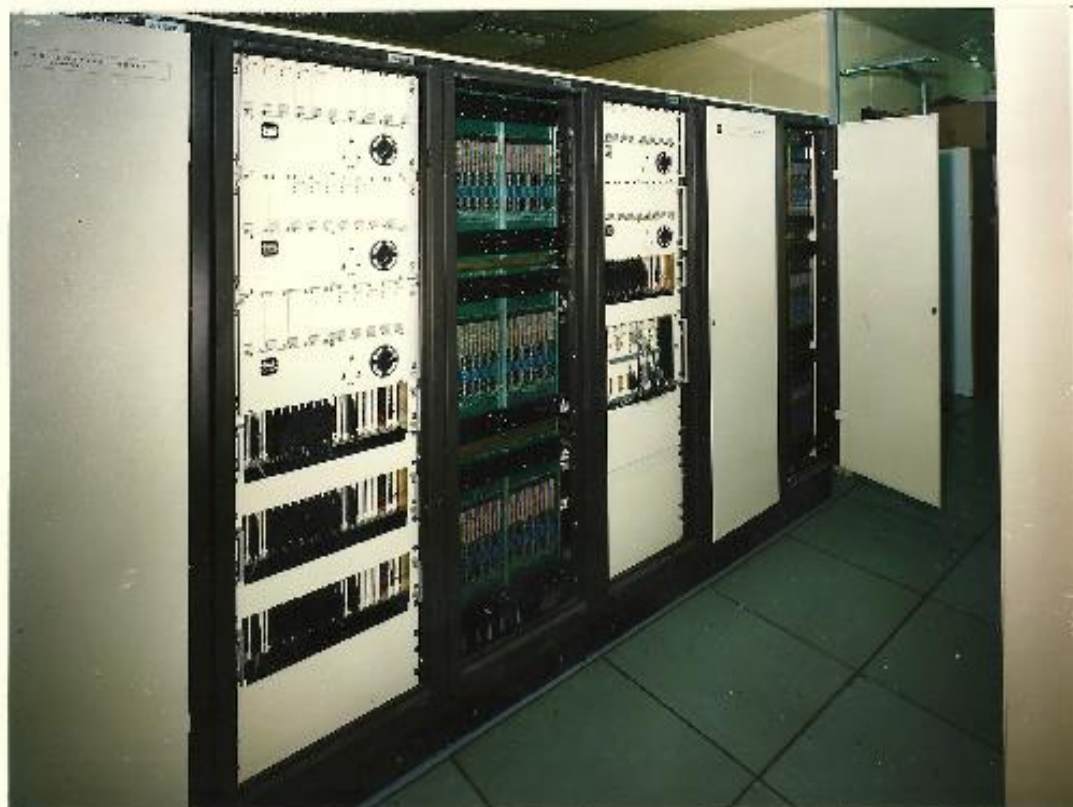
SAM-E rackfiók és modulkészlet



MP R501 rack fiók és modulkészlet



A P&E 3. blokk vezérlőtornének
műszerfalába beépített színes
monitor és lasztatúra



MP 8501 és SAM-E bázisú "Esemény kezelő alkalmazás"
a PAE 3. block szónológéplernyőben

20. Irodalom

SAM-85 alkalmazási tapasztalatok (Nagy István, Elmer László, Schenk György, Rónai András, Ivanyos Lajos) MATE IEMSZSZ KIADVÁNY 1981

Többszintű folyamatirányító rendszer feladatmegosztásának szempontjai (Ivanyos Lajos) KKVMF Tudományos Ülés Budapest, 1982

Az MMG-AM színes, kvázigrafikus megjelenítő rendszere (Mosó Ágnes, Kováts Péter, Fehér Lászlóné, Horváth Tibor, Ivanyos Lajos) MATE IEMSZSZ KIADVÁNY 1983

Dr. Kónya L.: SAM-E Európa Kártyás Mikroszámítógép Rendszer (Oktatási segédlet, MMG – Automatika Művek, Budapest 1986)

Mikroszámítógépes adatgyűjtő rendszerek a Paksi Atomerőműhöz (Ivanyos Lajos) Energia és Atomtechnika XXXIX. évf. (1986) 7. sz. 317- 323 old.

Dr. Mosó T., Szabó I., Dr. Kónya L.: MP8501 Multi-mikroprocesszoros Rendszer (Oktatási segédlet, MMG – Automatika Művek, Budapest 1987)

A Paksi Atomerőmű irányítástechnikai rendszerével kapcsolatos munkámról (Ivanyos Lajos) MÉRÉS ÉS AUTOMATIKA 36. évf. (1988) 7. SZ. 193-195 old.



Magyar Tudományos Akadémia
Energiatudományi Kutatóközpont

Neutronzaj diagnosztika



Lipcsei Sándor
Reaktor Monitorozó és Szimulátor Laboratórium

NJSzT Informatika Történeti Fórum, 2015. október 29. Óbudai Egyetem

Tartalom

- ➔ **A zajdiagnosztikai módszer**
- ➔ **Történeti áttekintés**
- ➔ **Szakértői vizsgálatok technikája és módszertana**
- ➔ **Zóna anomáliák lokalizációja**
- ➔ **Hűtőközeg áramlási sebességének mérése**
- ➔ **A moderátor-hőmérséklet reaktivitás együtthatójának (MTC) in-situ becslése**
- ➔ **A számított eredmények hosszú távú trendjei**
- ➔ **Az eredmények hasznosítása**

A zajdiagnosztikai módszer (1)

Mi a zajdiagnosztika?

- A diagnosztika fő célja a különféle rendellenességek okának feltárása
- Különösen fontos, hogy korai stádiumban megtörténjen az észlelés, mielőtt jelentősebb károkat okozna egy anomália
- Minden rendszerben találhatunk olyan változókat, amelyek jellemzik a rendszer működését (állapotváltozók)
- Az állapotváltozók alapérték körüli kismértékű ingadozását vizsgálja a zajdiagnosztika

A zajdiagnosztikai módszer (2)

Zajdiagnosztikára használható jelek Pakson

- Üzemviteli detektorok jeleinek fluktuáló tartalmát vizsgáljuk
- Ezeket a detektorokat a reaktor üzemviteli paramétereinek mérésére tervezték, dinamikai tulajdonságaik zajdiagnosztikai szempontból nem optimálisak
- **Rendelkezésre álló jelek**
 - ▶ SPND láncok, $36 \times (7+1)$ db
 - ▶ Termoelemek
 - hideg- és melegági hurokhőmérsékletek, 12-12 db
 - zóna kilépő hőmérsékletek, 228 db
 - ▶ távlatilag: ionizációs kamra jelek (ex-core), 6 db

PAZAR-K Zajdiagnosztikai kiértékelő rendszer

PAZAR-K Zajdiagnosztikai kiértékelő 1. blokk P1BL 2008-02-20 10.18.42.MEAS.LOG.XML

DPZ LÁNCOK AC Idősrör

DPZ láncok

24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61

elérhető/kijelölt/kiválasztott detektor I VI SZBV kazetta hurok pozíció

Összes jel

Jel szűrés

- 10YG11X142
- 10YG11X242
- 10YG11X342
- 10YG11X442
- 10YG11X542
- 10YG11X642
- 10YG11X742
- 10YG11X842
- 10YG04X137
- 10YG04X237
- 10YG04X337
- 10YG04X437
- 10YG04X537
- 10YG04X637

Jelek: 352 / 352 Kijelölt: 0

Kiválasztott jelek

Jelek: 0 Kijelölt: 0

sch:spnd.bmp

A zajdiagnosztikai módszer (3)

Mérési követelmények

- **A reaktor állandósult állapota**
(a statisztikai kiértékelési módszerek miatt)
- **Legalább 50%-os reaktorteljesítmény**
(a detektorok érzékenységi korlátai miatt)



Történet

PDR rendszer (1979-1983)

- adatgyűjtés magnóval, off-site kiértékelés

CARD (1992-97)

- 32 csatornás számítógépesített rendszer

PAZAR (2004-2007)

- 352 csatornás autonóm adatgyűjtő rendszer

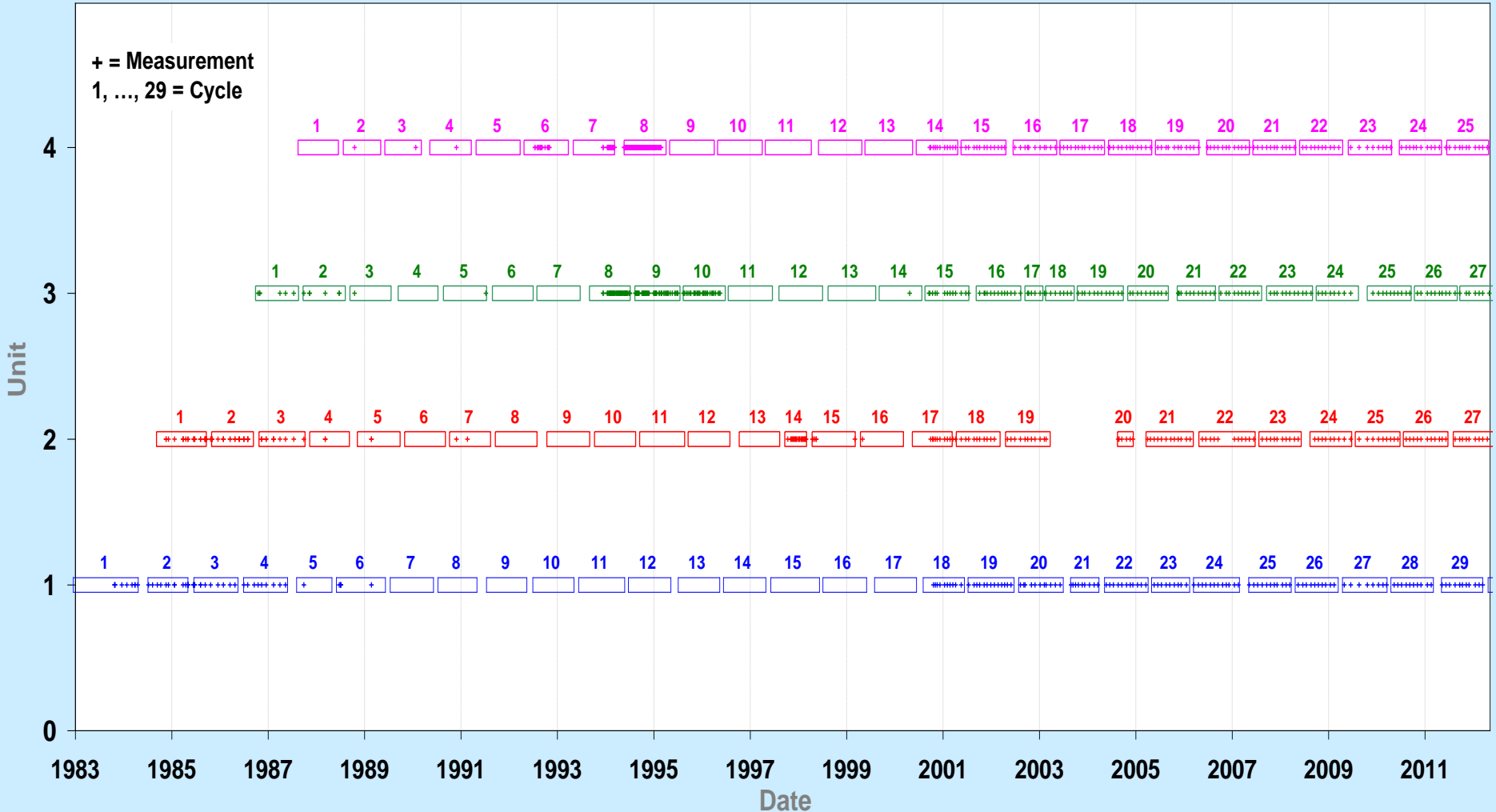
PAZAR-K (2007-2008)

- kiértékelő rendszer



Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont

Noise Diagnostic Measurements at Paks NPP



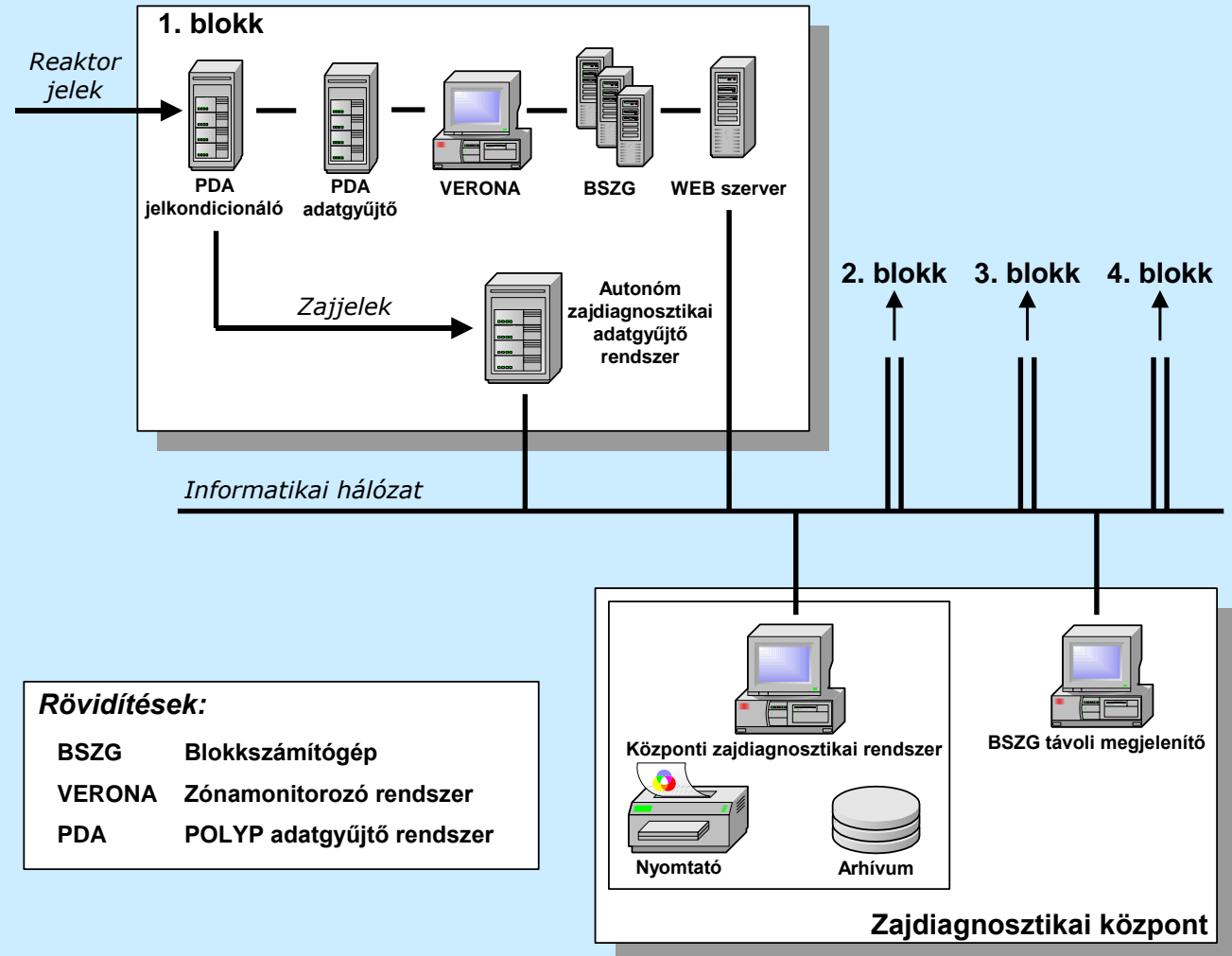
PAZAR rendszer

Megvalósítás Pakson

- Paksi Autonóm Zajdiagnosztikai Adatgyűjtő Rendszer (PAZAR)
- PAZAR-K kiértékelő rendszer



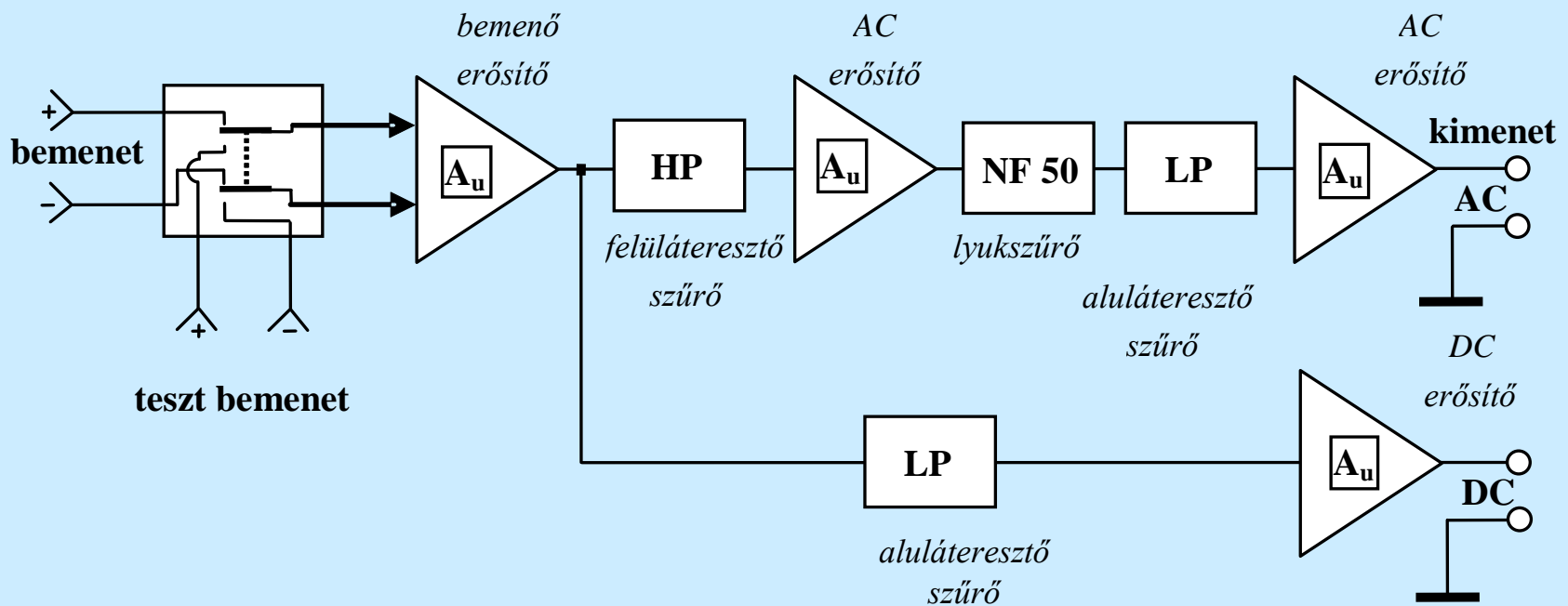
PAZAR architektúra



A PAZAR
rendszer
architektúrája

PAZAR jelkondicionálás

A PAZAR rendszer jelkondicionálásának sémája



Szakértői vizsgálatok

Időtartománybeli jellegzetességek vizsgálata

- Különféle jeltípusok viselkedése
- Tranziensek megjelenítése

Frekvenciatérbeli vizsgálatok

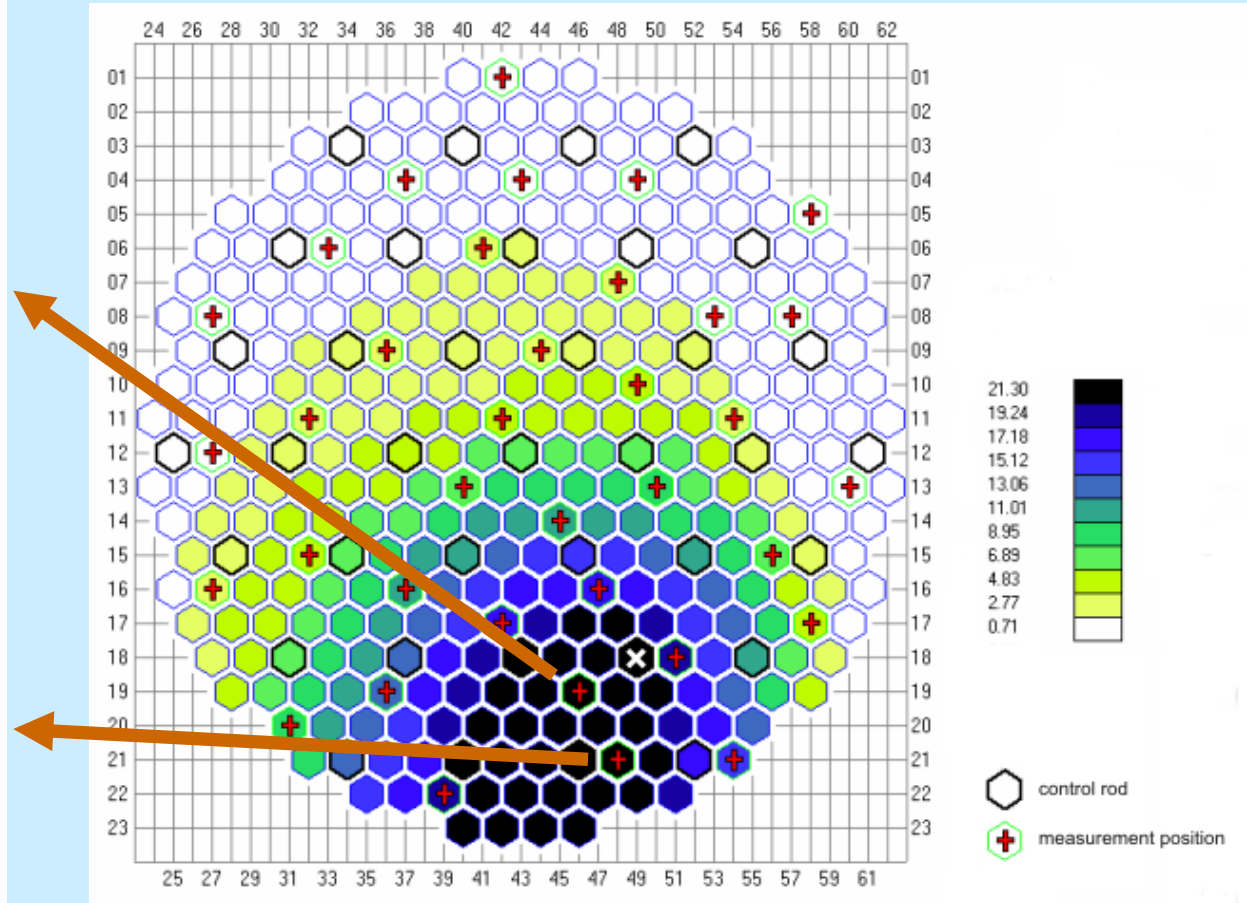
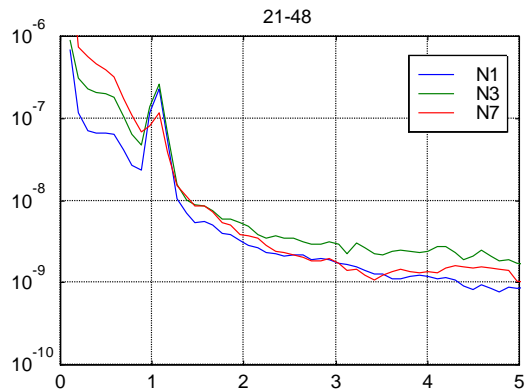
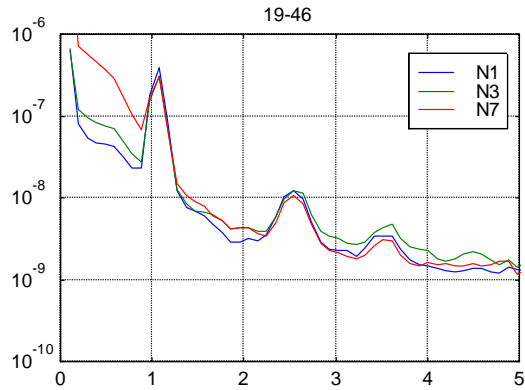
- Statisztikai mennyiségek, függvények
 - ▶ APSD, CPSD, koherencia, átviteli függvény, fázis
 - ▶ auto- és keresztkorreláció, impulzusválasz-függvény

Zónabeli rezgések monitorozása

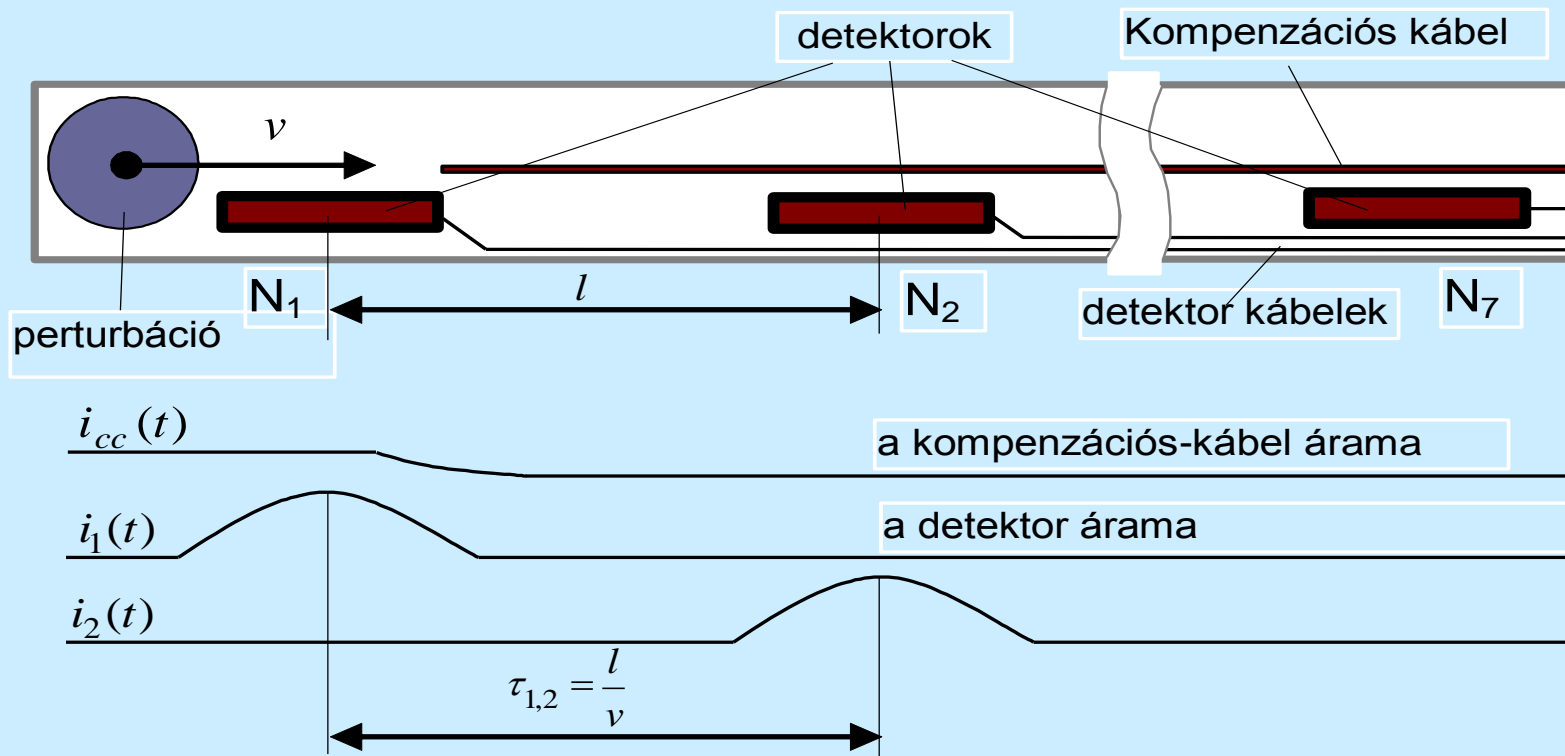
Zónán belüli rezgések

- a zónában nincsenek rezgésdetektorok
- mérés SPND detektorokkal
- csak olyan rezgéseket lehet így kimutatni, amelyek neutronfluktuációt keltenek
- abszorbens rezgések észlelése 3-4 kazetta távolságon belül
- frekvenciacsúcs az APSD-ben, határozott fázisinformáció a közeli detektorjelek között
- Rezgési frekvencia, sáv szélesség, csúcs talppontjai, háttér, amplitúdó, rezgés iránya fázisból, rezgés helyének lokalizációja zajtérképpel

4. blokk, 2001, enyhe SZBV rezgés



Hűtőközeg áramlási sebességének mérése (1)



Hűtőközeg áramlási sebességének mérése (2)

A fáziskésés hatásának megjelenése a spektrumokban

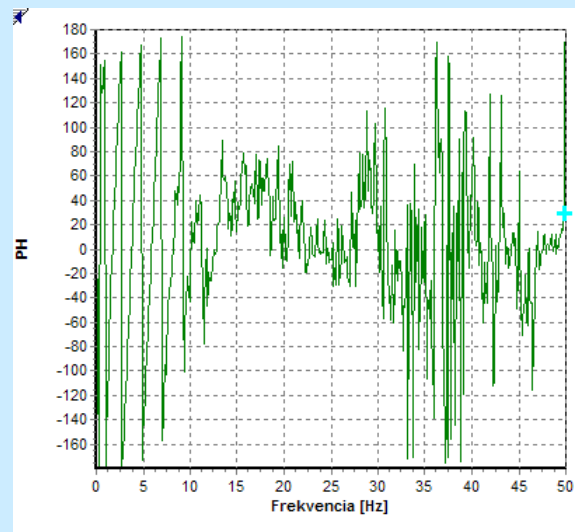
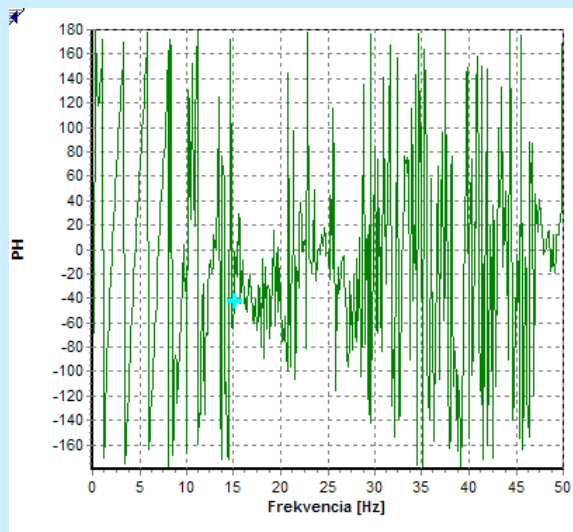
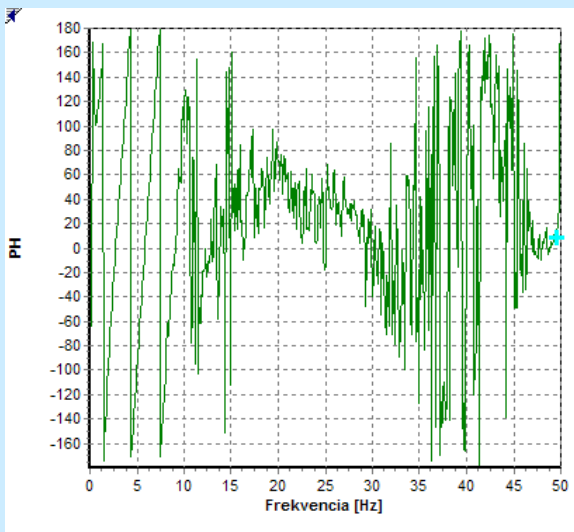
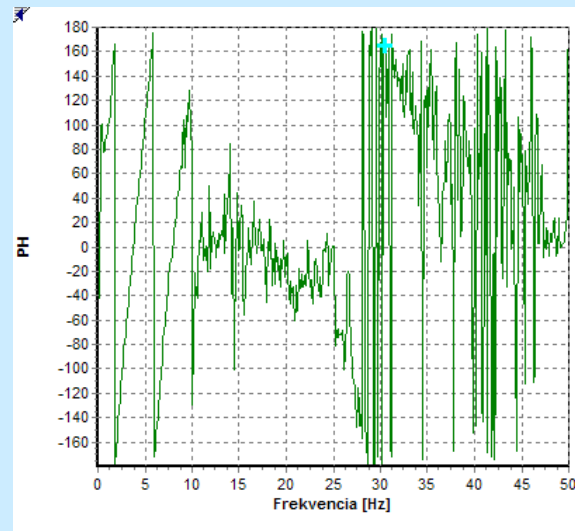
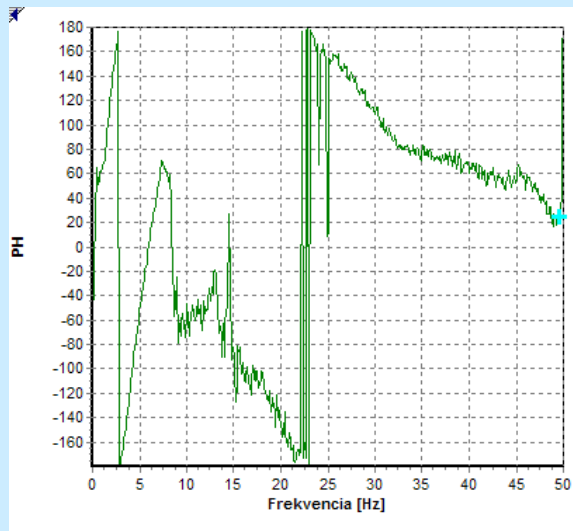
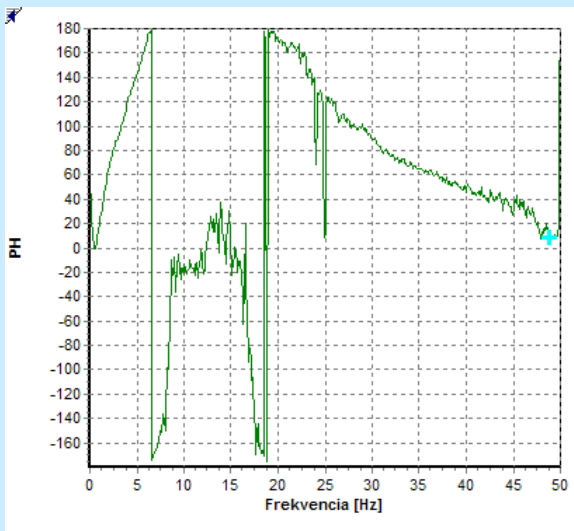
- az időkéséssel arányos meredekségű lineáris fázismenet
- csúcs a keresztkorrelációs függvényben
- élesebb csúcs az impulzusválasz-függvényben

A kiértékelés menete

- FFT alapú spektrumok (esetleg szűréssel)
- keresztkorreláció és impulzusválasz-függvények
- a csúcsok azonosítása
- validálás
- átlagsebesség képzése
- hibabecslés

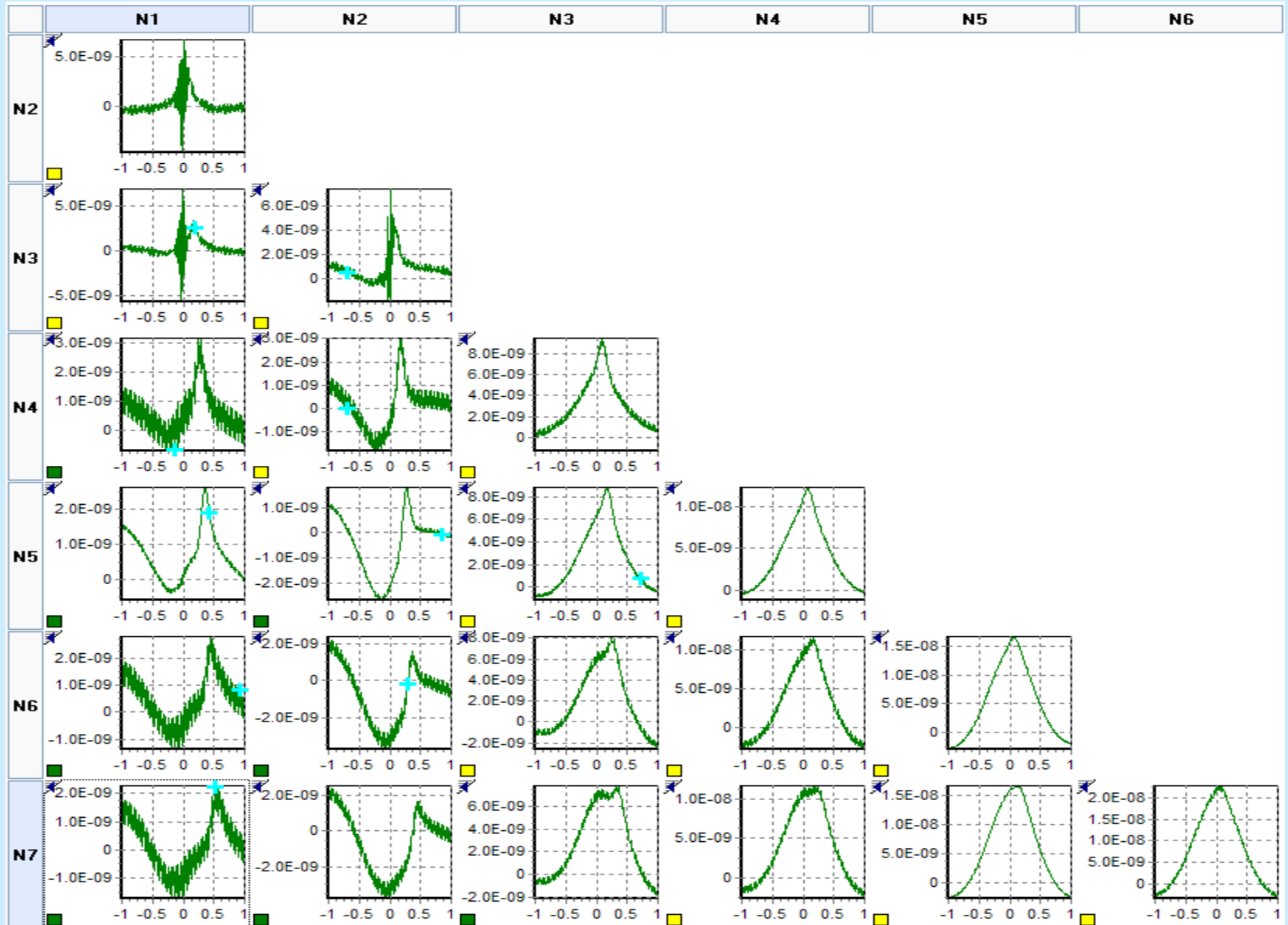


Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont



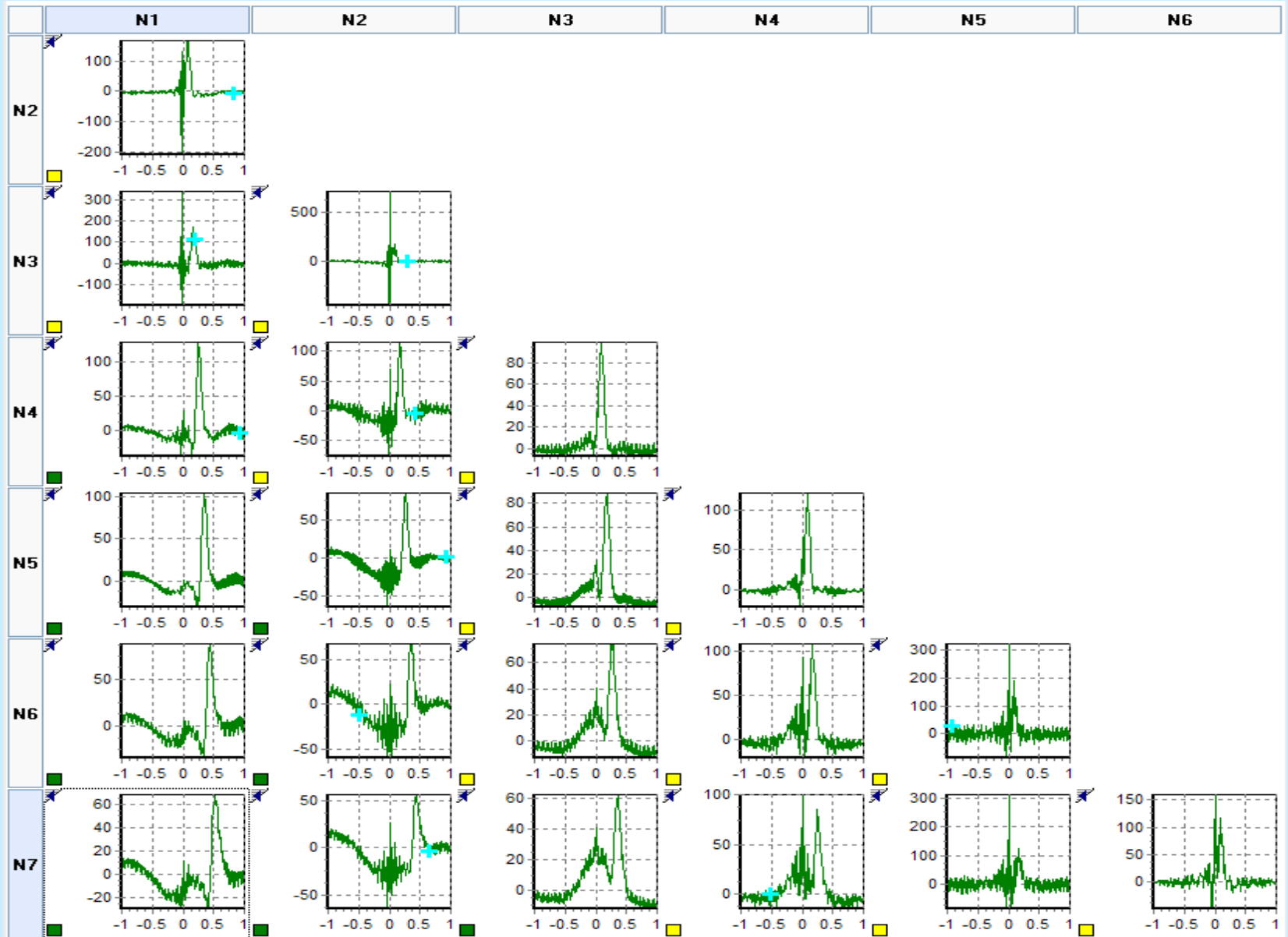


Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont

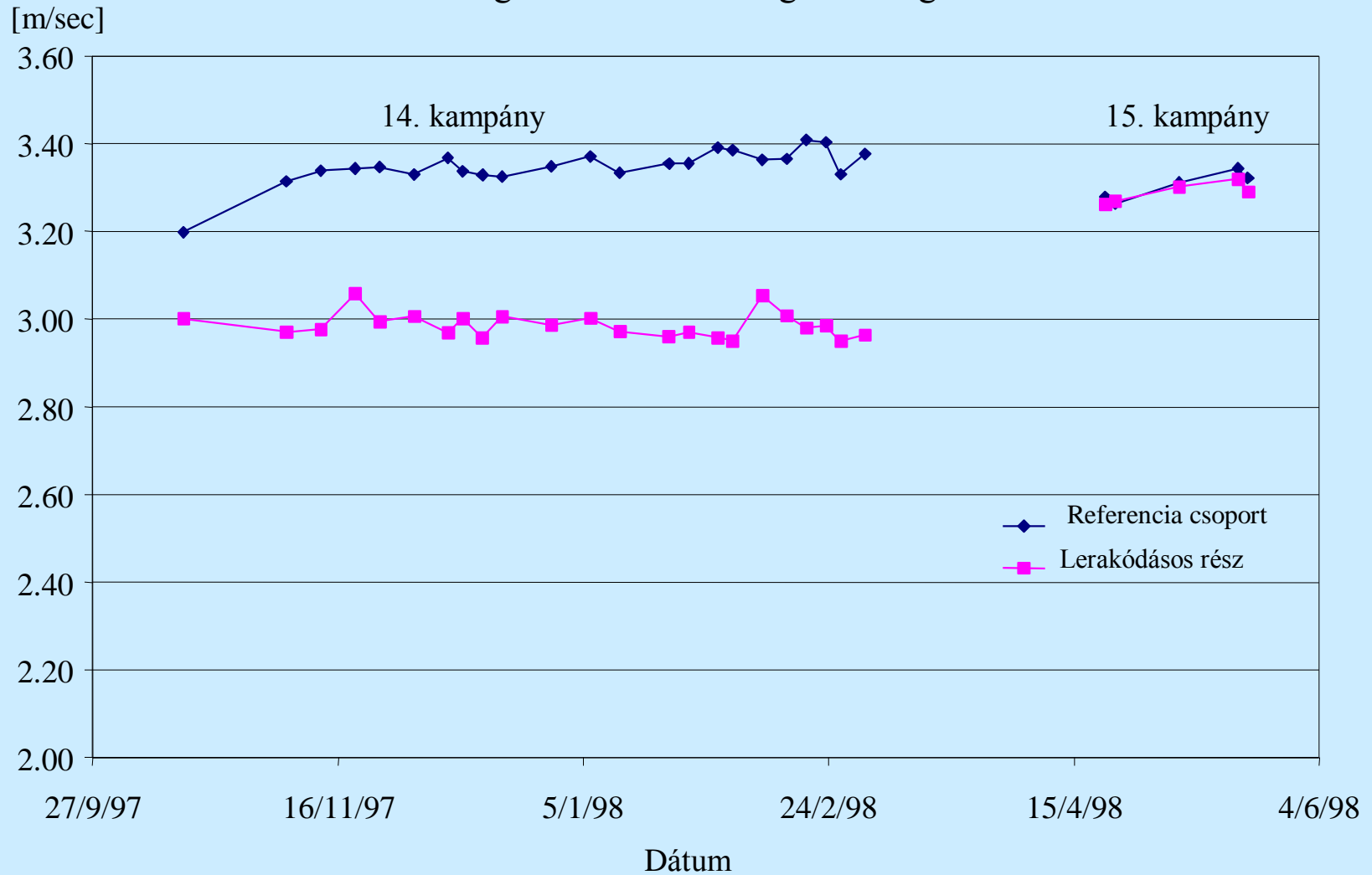




Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont



Átlagos mért hűtőközeg sebességek



Az MTC becslése (1)

MTC (Moderator Temperature Coefficient): a reaktivitás moderátorhőmérséklet együtthatója

- **a reaktortöltet fontos, a biztonságos üzemet jellemző paramétere**
 - ▶ a Doppler-effektussal együtt negatívnak kell lennie
 - ▶ erősen negatív sem lehet, mert rontja a reaktor stabilitását
 - ▶ a paksi VVER-440 reaktoroknál $-70 \text{ pcm}/^\circ\text{C} < \text{MTC} < 0 \text{ pcm}/^\circ\text{C}$
- **általában MET állapotban mérik, a kampány elején**
- **hagyományos módszerekkel csak a normál üzemmenettől eltérő reaktorállapot beállításával mérhető**

Az MTC becslése (2)

▪ ANSI definíció (1997)
$$MTC = \frac{\delta\rho(t)}{\delta T_m^{ave}(t)}$$

▪ a reaktivitás közelíthető, mint
$$\delta\rho(\omega) = \frac{1}{G_0(\omega)} \cdot \frac{\delta\phi(r, \omega)}{\phi_0(r)}$$

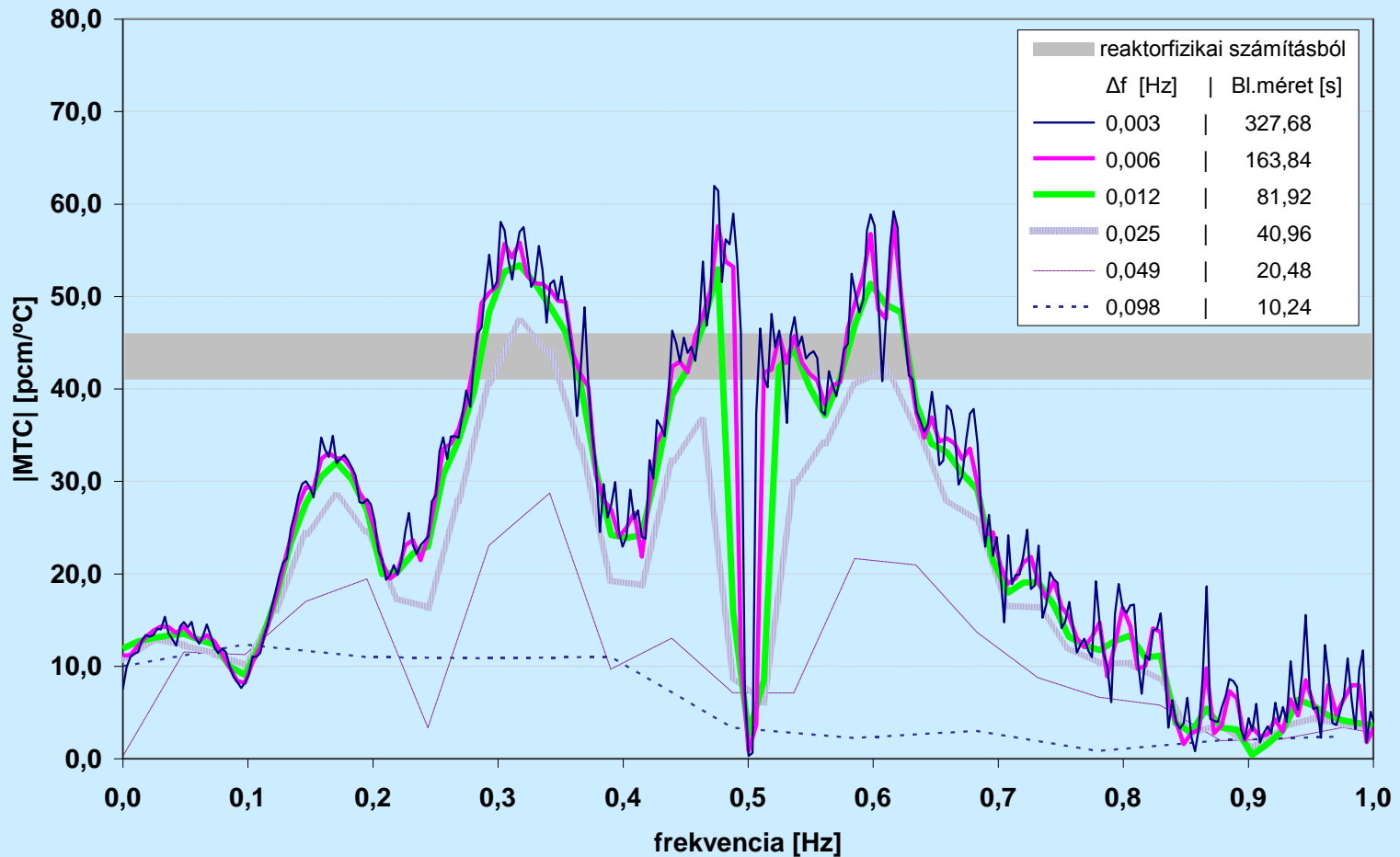
▪ az MTC zajdiagnosztikai alapú becslői

$$H_1 = \frac{1}{G_0(\omega)} \cdot \frac{CPSD_{\delta\phi / \phi_0, \delta T_m^{ave}}(\omega)}{APSD_{\delta T_m^{ave}}(\omega)}$$

$$H_2 = \frac{1}{G_0(\omega)} \cdot \frac{APSD_{\delta\phi / \phi_0}(\omega)}{CPSD_{\delta T_m^{ave}, \delta\phi / \phi_0}(\omega)}$$

Módosított H₁ MTC becslő, 1. blokk, 2008. 02. 22.

T_{eff}: 276-281 nap



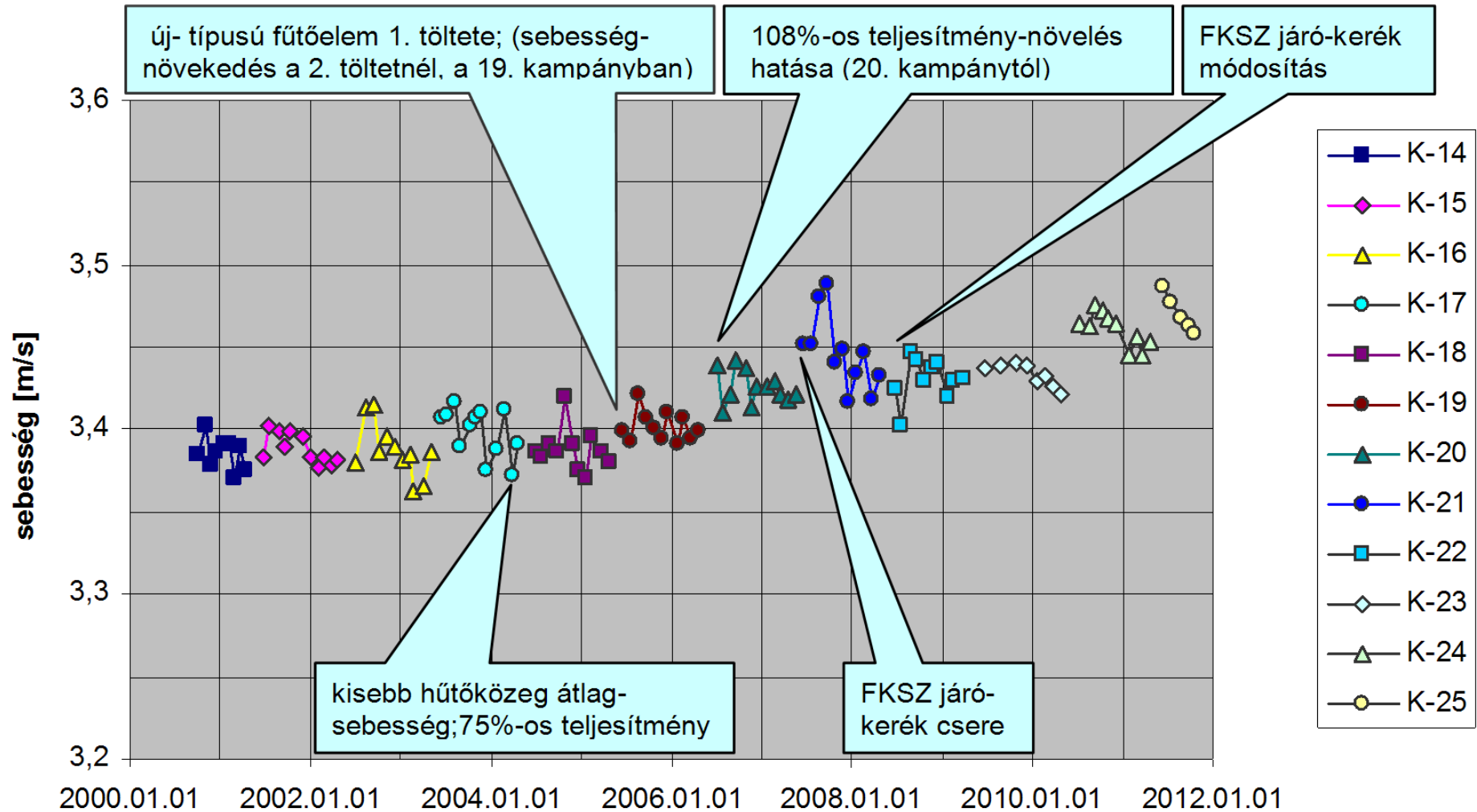
Hosszú távú trendek (1)

A diagnosztika elsősorban a változások észleléséről szól.

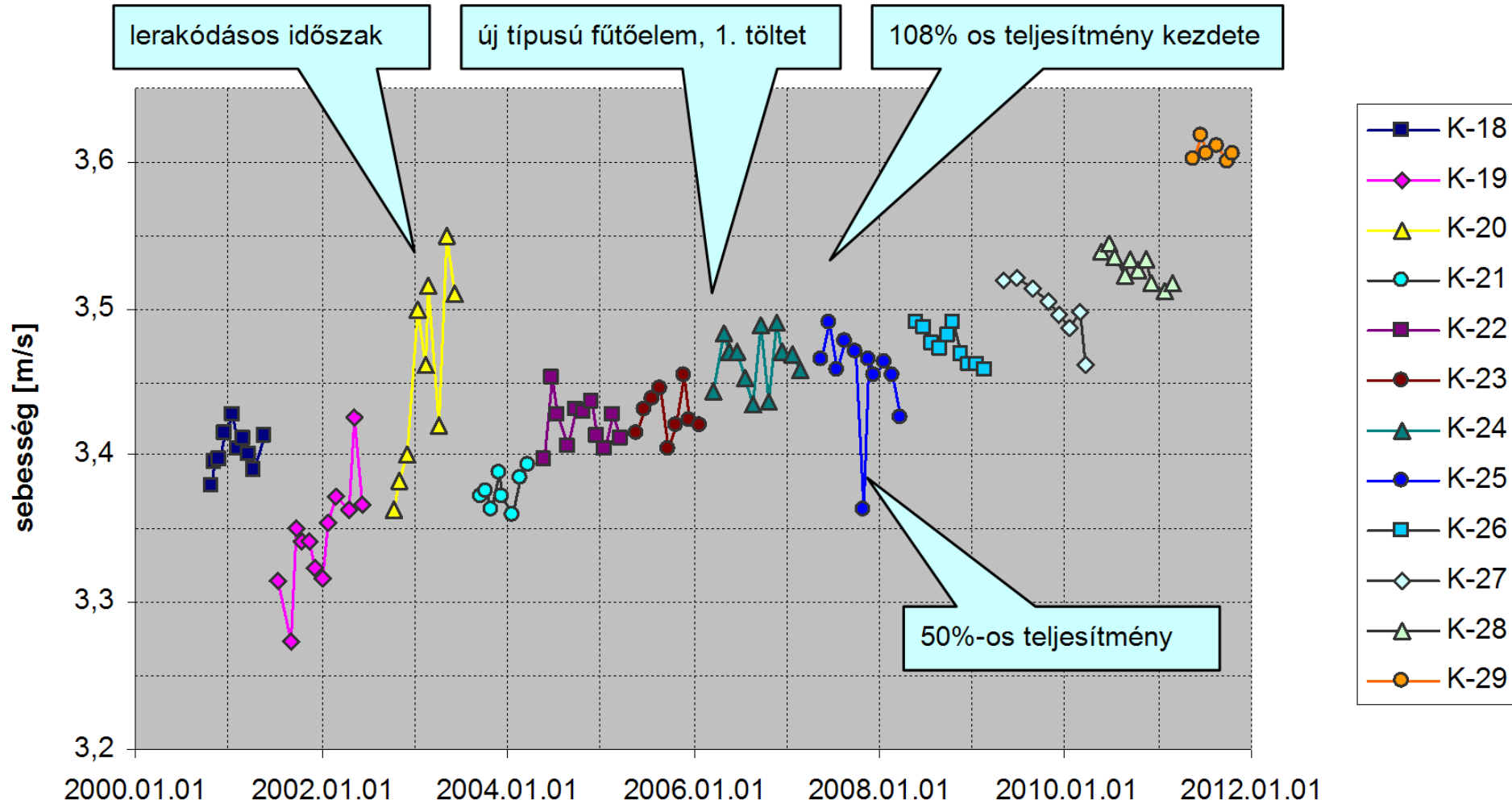
Vannak olyan változások, amelyek lassan alakulnak ki.

Az ilyen változások jól követhetők a hosszú távú trendeken.

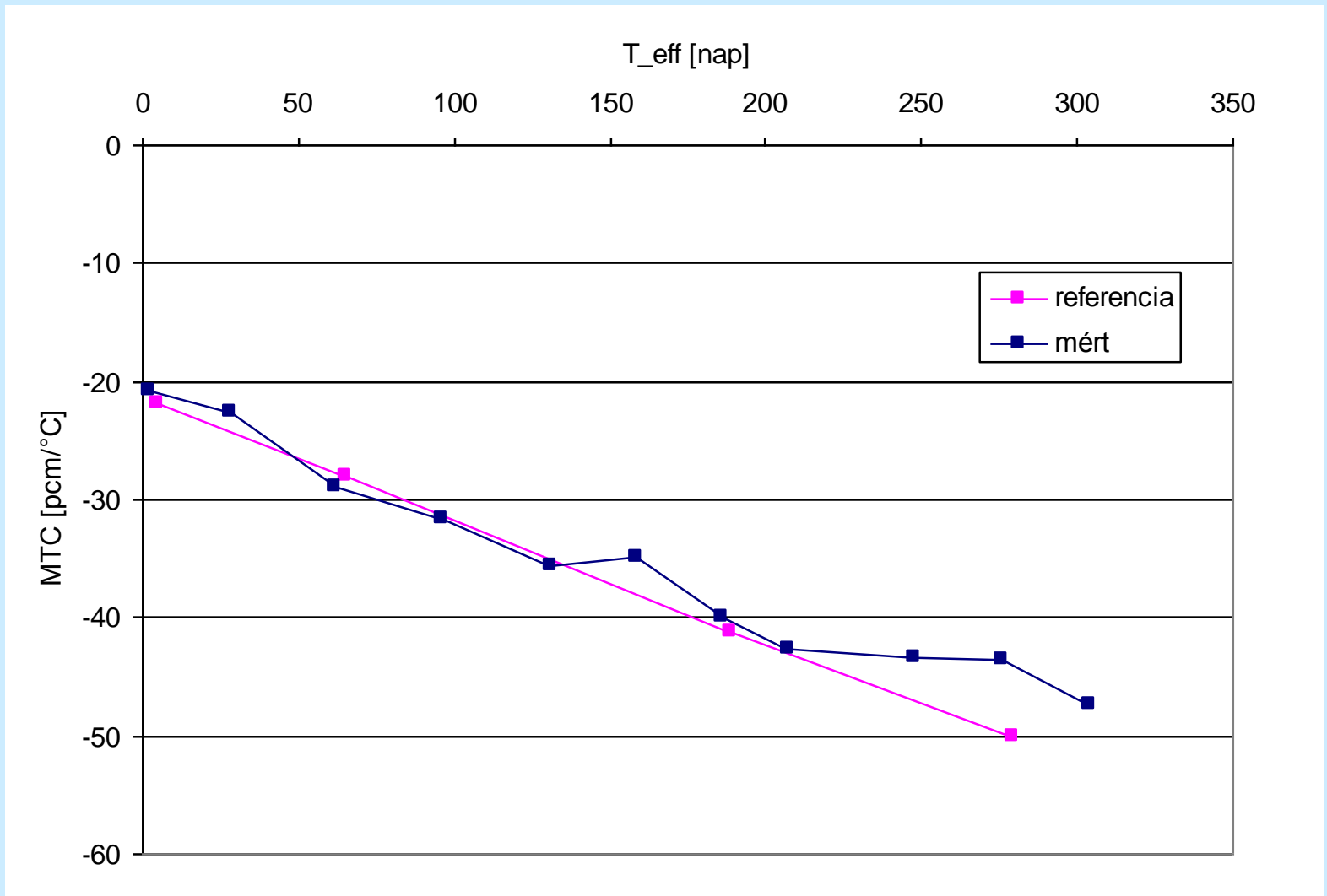
Fontos a kampányok közötti eltérések figyelése is.



A hűtőközegsebesség trendje, Paks, 4. blokk



A hűtőközegsebesség trendje, Paks, 1. blokk



MTC trend egy kampány során, Paks, 1. blokk

Az eredmények hasznosítása

**1985-86: sikeres abszorbens rezgés
lokalizáció**

**1997: Lerakódások alkalmával hatékony
segítség annak eldöntésében, hogy
üzemelhet-e tovább a reaktor**

**MTC monitorozás üzemszerű
használatának kialakítása folyamatban**



Centre for Energy Research,
Hungarian Academy of Sciences

A PAKSI KÜLSŐ DOZIMETRIAI RENDSZER

Jánosy János Sebestyén

Janos.S.Janosy@energia.mta.hu



Az AEKI-ben 1998-ban használt számítógépek I.

A Paksi Atomerőmű teljesléptékű szimulátorának **valós időben** kellett a modelleket futtatnia. Nagyon fontos volt a nagy számolási teljesítmény („number crunching”)

Az elérhető számítógépeken három tesztet futtattam:

1. **Whetstone** teszt – lebegőpontos és integer műveletek, elágazások, stb. Főleg üzleti, ipari, irodai alkalmazásoknak felel meg. Eredmények: MWhet/mp, szimpla- és dupla pontosan.



Az AEKI-ben 1998-ban használt számítógépek II.

2. **Linpac**k teszt – felvett 600x600-as mátrix háromszög mátrixra faktorizálva, majd Gauss eliminációs módszerrel invertálva. Memória és aritmetika sebességének együttes tesztje. Eredmény: MFlop/mp, szimpla- és duplapontosan.

3. **Flop** teszt – saját készítés, szimpla és duplapontosan összeadás és kivonás (S+ és D+) illetve szorzás és osztás (S* és D*) műveleteket végez, kevés adattal, melyek mind regiszterekbe kerülhetnek. Csak az aritmetika tesztje, eredmény MFlop/mp, szimpla- és duplapontosan.



Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

1998: Test Mflops	Ws	Wd	Ls	Ld	S+	S*	D+	D*	Rel. [-]
mVAX II (SZL)	.907	.697	.172	.125	.340	.260	.230	.140	0.015
VAX 3400 (AEKI)	2.91	1.89	.660	.410	1.27	.830	.730	.450	0.051
VAX 3100 /80 (VE12)	11.4	7.69	2.45	1.40	4.24	3.15	3.37	2.06	0.173
486/50 MHz (PC/AT)	14.1	12.9	2.15	1.81	3.15	1.52	2.68	1.36	0.224
486/100 MHz (PC/AT)	31.2	26.3	4.29	3.43	6.29	3.03	5.34	2.72	0.425
SunSparc (sunserv)	59.0	64.8	8.45	6.86	23.0	12.7	23.0	9.88	0.849
Pentium S 166 MHz	91.4	90.9	13.7	8.08	31.2	11.3	18.2	8.64	1.00
I860 RISC (Transputer in PC)	34.5	27.5	11.0	8.80	23.2	5.88	23.3	3.44	1.09
Sun 10 (aekisun)	93.5	52.0	14.9	9.82	25.1	13.8	25.1	10.6	1.22
Sil.Gr. Indigo Indy 2 Iris 5.3	64.0	58.0	21.1	12.5	33.2	9.09	33.2	5.70	1.55



Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

1998: Test Mflops	Ws	Wd	Ls	Ld	S+	S*	D+	D*	Rel. [-]
DEC3000/300x* 175MHz 128k c.	230	211	37.1	14.0	95.2	23.5	88.5	13.7	1.73
Sil.Gr. R4400 (Onyx)	48.0	53.0	22.4	16.5	50.0	15.7	42.9	10.8	2.04
IBM6000 /560 (agnes)	41.2	57.6	24.6	22.2	22.3	6.09	89.3	7.00	2.74
IBM6000 /580 (para ELTE)	51.7	73.6	30.3	28.0	28.2	7.66	51.3	8.62	3.47
DEC2100/150* 150M Hz 512k c.	200	156	62.0	31.0	76.3	18.9	75.8	11.0	3.84
IBM6000 /390 (richi3 ELTE)	67.8	94.2	44.3	32.5	31.8	9.03	55.9	10.1	4.02
DEC 2000/4/275** 275MHz 4Mb c.	183.5	228.3	75.6	45.5	91.2	31.8	91.2	24.6	5.63
IBM6000 /590 (rozi 64 MByte)	67.3	95.2	55.1	46.6	31.6	8.98	55.5	10.4	5.77
IBM6000 /590 (richil ELTE)	67.2	93.9	47.8	51.9	31.7	8.98	55.3	10.1	6.42
DEC2100/4/200* 200MHz 2Mb c.	274	220	86.5	60.0	104	25.9	104	15.1	7.43



Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

1998: Test Mflops	Ws	Wd	Ls	Ld	S+	S*	D+	D*	Rel. [-]
IBM6000 /390 (richi3 ELTE)	67.8	94.2	44.3	32.5	31.8	9.03	55.9	10.1	4.02
DEC 2000/4/275** 275MHz 4Mb c.	183.5	228.3	75.6	45.5	91.2	31.8	91.2	24.6	5.63
IBM6000 /590 (rozi 64 MByte)	67.3	95.2	55.1	46.6	31.6	8.98	55.5	10.4	5.77
IBM6000 /590 (richi1 ELTE)	67.2	93.9	47.8	51.9	31.7	8.98	55.3	10.1	6.42
DEC2100/4/200* 200MHz 2Mb c.	274	220	86.5	60.0	104	25.9	104	15.1	7.43
350/100 MHz Pentium II	43.6	260	129	61.2	130	19.2	125	20.4	7.57
Origin2000 R10000 175 MHz 1Mb c.	380	326	86.6	63.6	167	39.7	167	27.2	7.87
Origin2000 R10000 195 MHz 2Mb c.	420	371	101	75.8	181	42.7	181	29.6	9.38
Sil.Gr. R8000 (Pow. Ch.) 4Mb. c.	81.9	77.04	79.0	79.0	45.3	13.8	45.3	10.4	9.77
Onyx2 R10000*** 195 MHz 4Mb c.	420	371	102	95.7	181	42.3	181	29.1	11.8



Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

1998: Test Mflops	Ws	Wd	Ls	Ld	S+	S*	D+	D*	Rel. [-]
350/100 MHz Pentium II	43.6	260	129	61.2	130	19.2	125	20.4	7.57
Origin2000 R10000 175 MHz 1Mb c.	380	326	86.6	63.6	167	39.7	167	27.2	7.87
Origin2000 R10000 195 MHz 2Mb c.	420	371	101	75.8	181	42.7	181	29.6	9.38
Sil.Gr. R8000 (Pow. Ch.) 4Mb. c.	81.9	77.04	79.0	79.0	45.3	13.8	45.3	10.4	9.77
Onyx2 R10000* 195 MHz 4Mb c.	420	371	102	95.7	181	42.3	181	29.1	11.8
2008:									
Intel 2x2.16GHz PC 2Gb RAM WinXP	21276	21276	1760	1760	1064	178	1282	178	217
HP Itanium 4x 64 bit proc.	6667	7692	3300	3300	794	187	794	161	407

* Double-prec. Linpack of reduced size to accommodate in 4 Mb cache.

Centre for Energy Research,

Computer (3D Neutron Flux Iteration in 1998)	Exec.time sec.	Relative performance	Rel. perf. by Linpack D	Est. cost (Mft)	Performace per cost 1994-1995
Sun 10 (aekisun)	4629	1	1	4.5	1
DEC3000/300x 175MHz 128k c.	1570	2.94	1.43	3.5	3.8
DEC 2000/4/275* 275MHz 4Mb c.	731	6.33	4.63	11.0	2.59
IBM6000 /560	611	7.58	2.26	6.5	5.2
IBM6000 /580 (para ELTE)	368	12.6	2.85	7	8.1
DEC 2100/4/200** 200MHz 2Mb c.	360	12.9	3.16	12	4.8
IBM6000 /390 (richi3 ELTE)	358	12.9	3.31	6	9.7
350/100 MHz Pentium II	327	14.2	6.23		
IBM6000 /590 (rozi 64 MByte)	278	16.7	4.74	5.5	13.4
IBM6000 /590 (richi1 ELTE)	265	17.5	5.39	7	11.2
Or.200 R 100000 175 MHz 1 Mb c.	179	25.8	6.48		
Or.2000 R 100000 195 MHz 4Mb c.	159	29.1	7.72		

* with VMS operation system (not fully 64 bit)

** with OSF1 operation system (fully 64 bit)



Sugárvédelmi ellenőrző rendszer: SER KK

Már az 1982 óta működő rendszert is az AEKI konstruálta, a következőkből állt:

Kibocsátás mérés a két kiépítés kéményeiben

„A” típusú állomások 1-7, később 8-9

„B” típusú állomás Dunaföldváron

„V1” vízmérő állomás (bejövő víz)

„V2”, „V3” típusú állomások (kimenő hűtő és „spec. mosoda” vize)

Központi adatgyűjtő és megjelenítő rendszer

A rekonstrukció követelményei:

Legyen egyszeres meghibásodásra védett

100% tartalék és automatikus átváltás a központi adatgyűjtők és megjelenítők esetére

Az új 11 db „G” típusú állomásokkal együtt 20 db; egy „A” vagy „G” kieshet funkcióvesztés nélkül.

Legyen földrengésbiztos

A kábelezés nem védett és csak másodlagos szerepkörben használható

Legolcsóbb: rádió kommunikáció

- ★ UHF az „A” és „G” adataihoz;
- ★ Mikrohullám a védett vezetési pontra.

A KKÁT legyen egy harmadik ellenőrzött forrástag

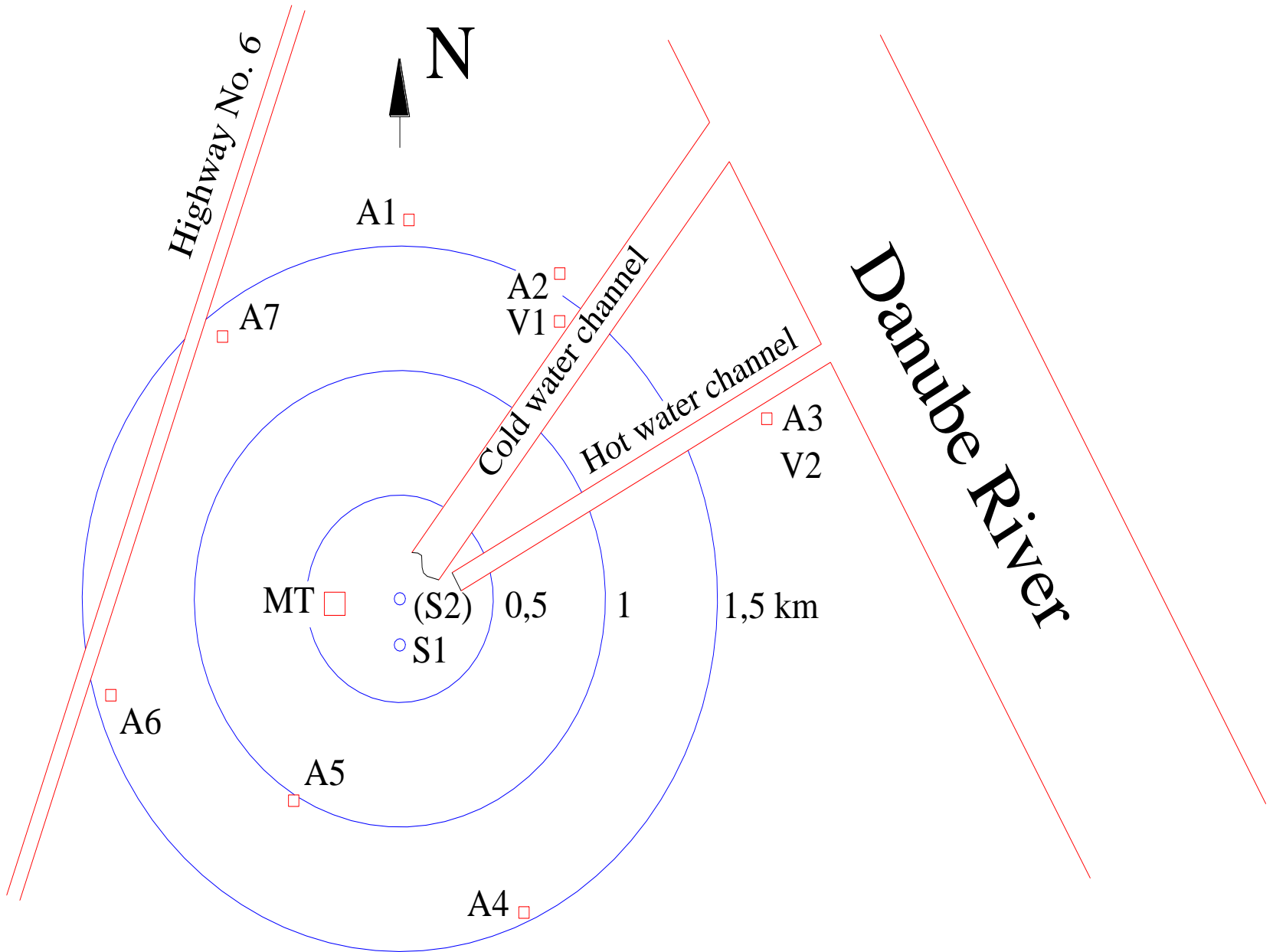
Célkitűzések:

A régi, elavult rendszer lecserélése

- 11 db új, G típusú állomás létesítése
- A teljes projekt alatt folyamatos működés

Új, modern fejlesztés:

- Terjedésszimuláció on-line adatok alapján
- Dózisteljesítmény előrejelzés időben és térben

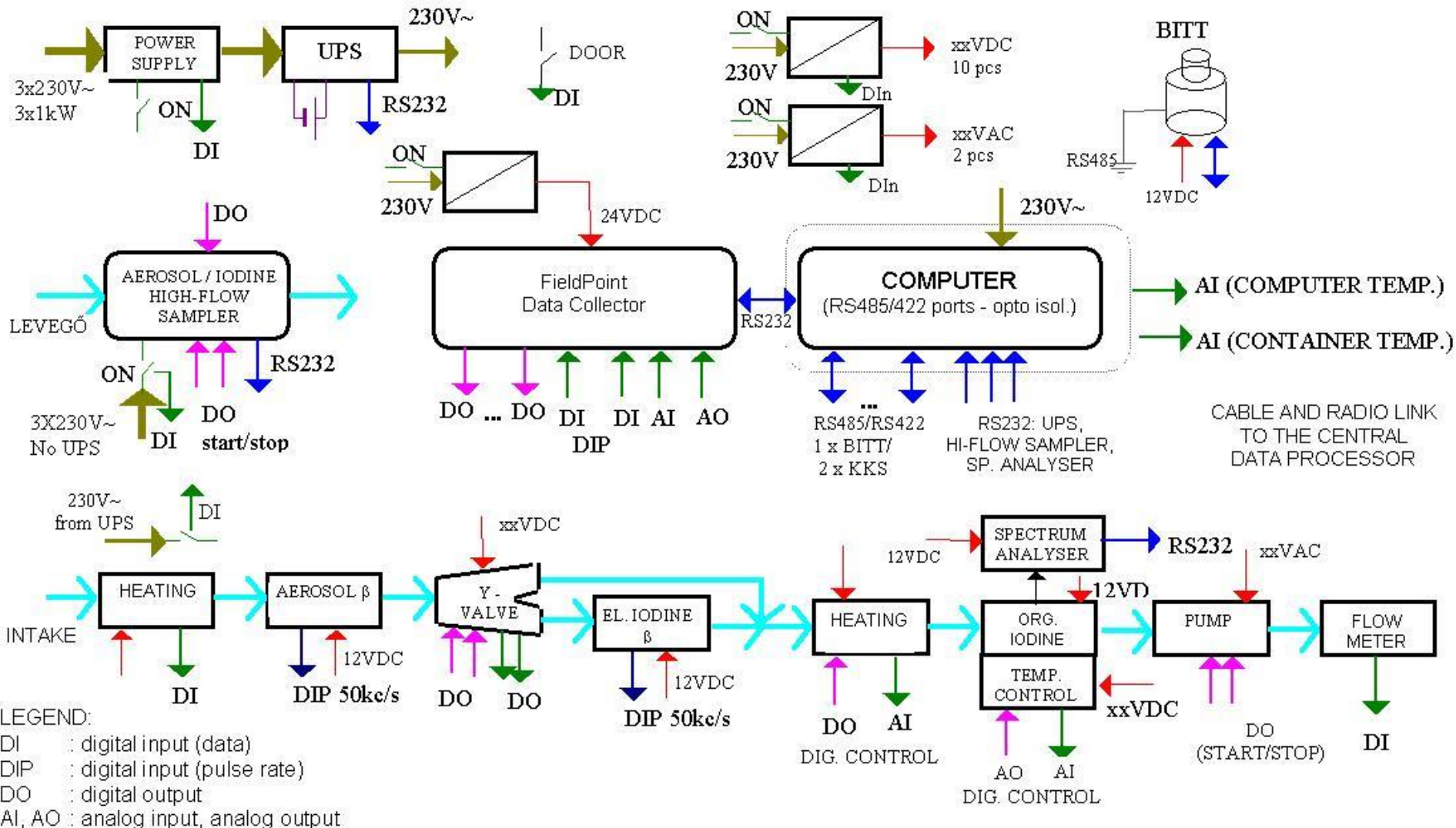






Az „A” típusú állomás funkciói

- Folyamatos γ (gamma) dózis teljesítmény mérés (BITT, 10 nSv/h - 10 Sv/h)
- Folyamatos aerosol β -aktivitás koncentráció integrál mérés/számítás ($10^2 - 5 \cdot 10^7$ Bqh/m³)
- Folyamatos (¹³¹I) aktivitás integrál mérés/számítás ($10^2 - 5 \cdot 10^7$ Bqh/m³)
- Folyamatos szerves (és elemi) jódkaktivitás integrál mérése, számítása ($2 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^7$ Bqh/m³) az alábbi izotópokra: ¹³¹I, ¹³²I, ¹³³I and ¹³⁵I - erre készített speciális szoftverrel





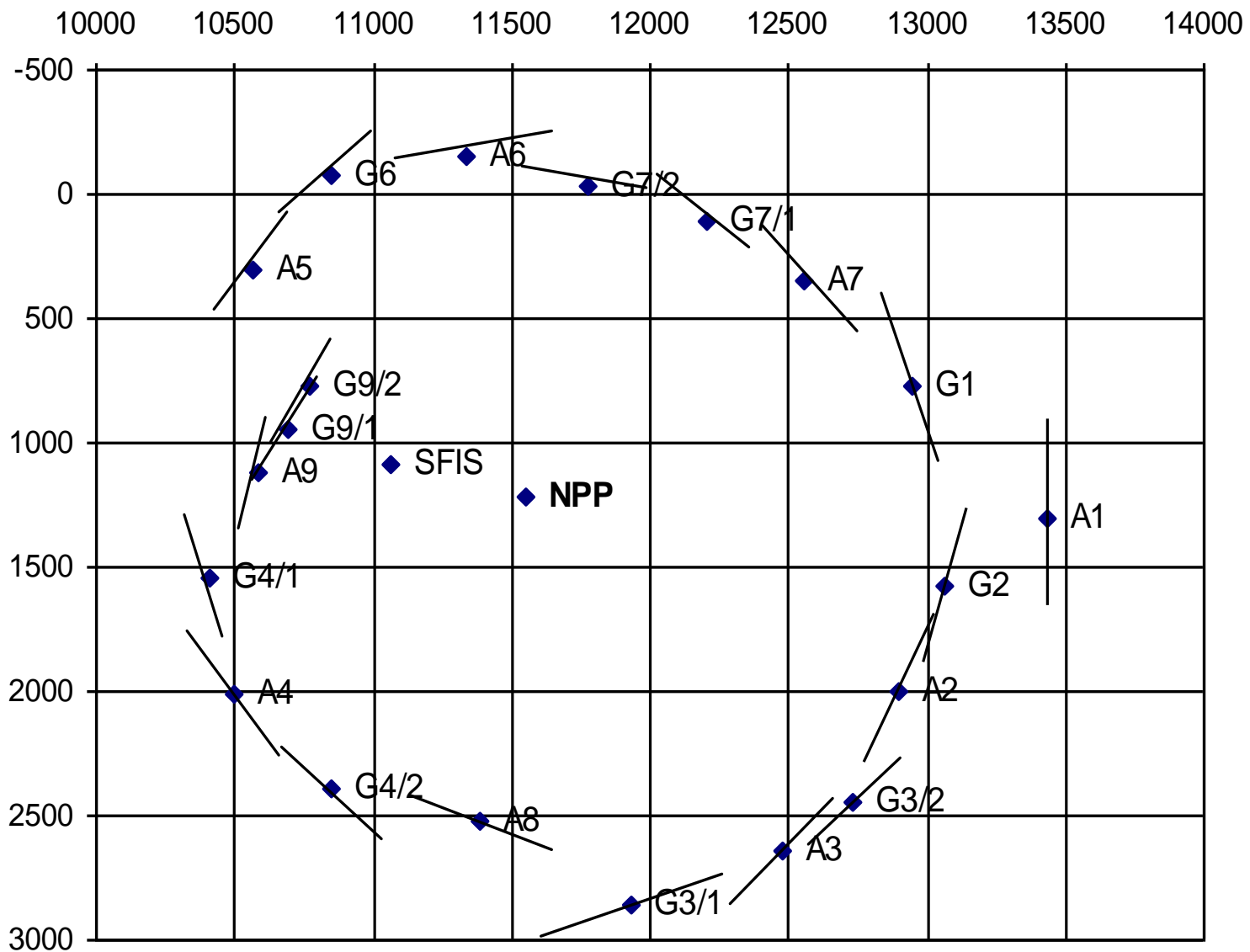
Az új típusú, kiegészítő „G” állomások célja:

Bezárni a réseket:

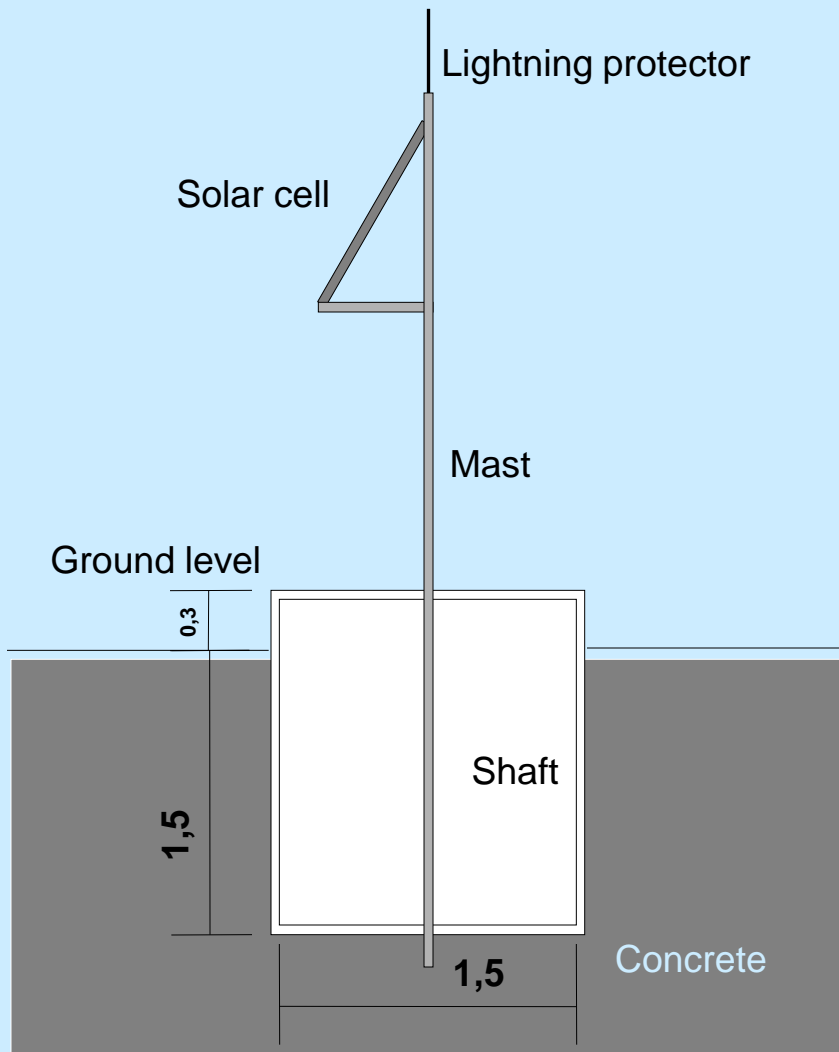
Eredetileg az „A” típusú állomások a közeli települések irányába lettek felállítva, most a teljes kört zárni kell, tetszőleges irányú radioaktivitás terjedés mérések elvégzésére

Ezért még 11 pozícióba kell egyszerűsített, ún. „G” típusú állomást létesíteni, csak γ dózisteljesítmény méréssel, ami az „A” típusú állomáséval azonos

A költségek csökkentése és a földrengésállóság biztosítására kábelezés helyett akkumulátorokkal támogatott napelemes energia ellátást és rádiós (UHF) adattovábbítást kell biztosítani az RS232 kimenetű Gamma-szondához (BITT)



Az „A” és „G” típusú állomások által adott lefedettség

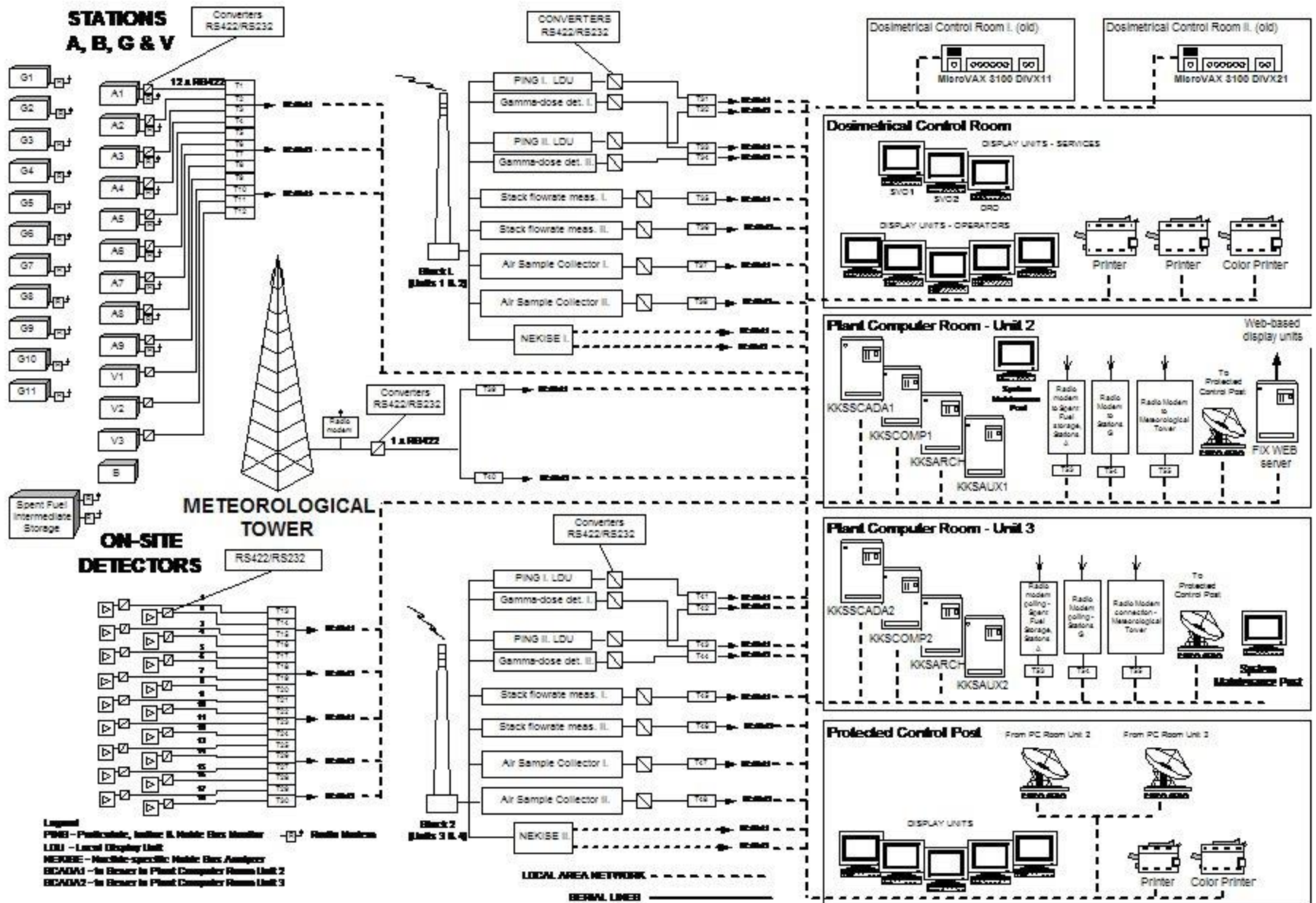


A „G” típusú állomás

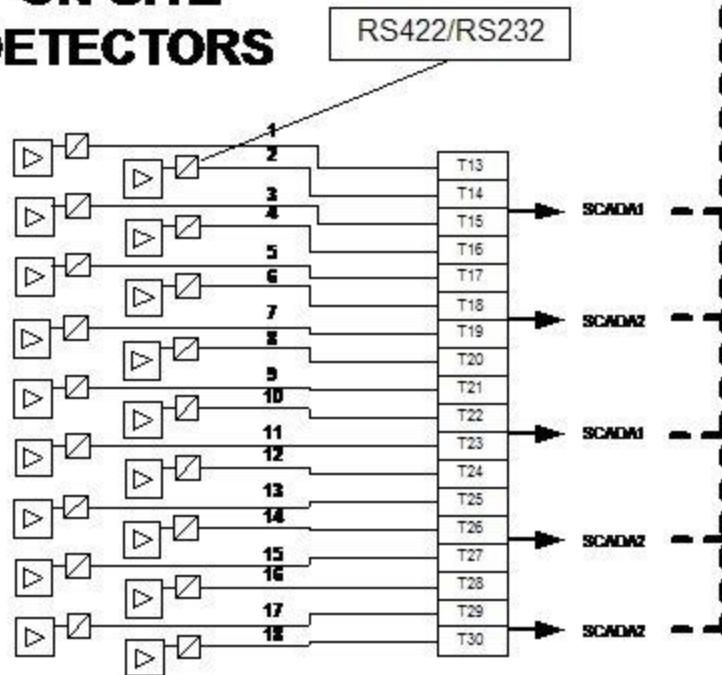
Az érzékeny berendezések telepítése: a BITT szonda, az antenna és a napelem **földrengésbiztos oszlopra;**

A modem, a rádió és az ólomakkumulátorok **földrengésbiztos, hőszigetelt aknába kerülnek**

Environmental Monitoring System of the Paks Nuclear Power Plant - Configuration

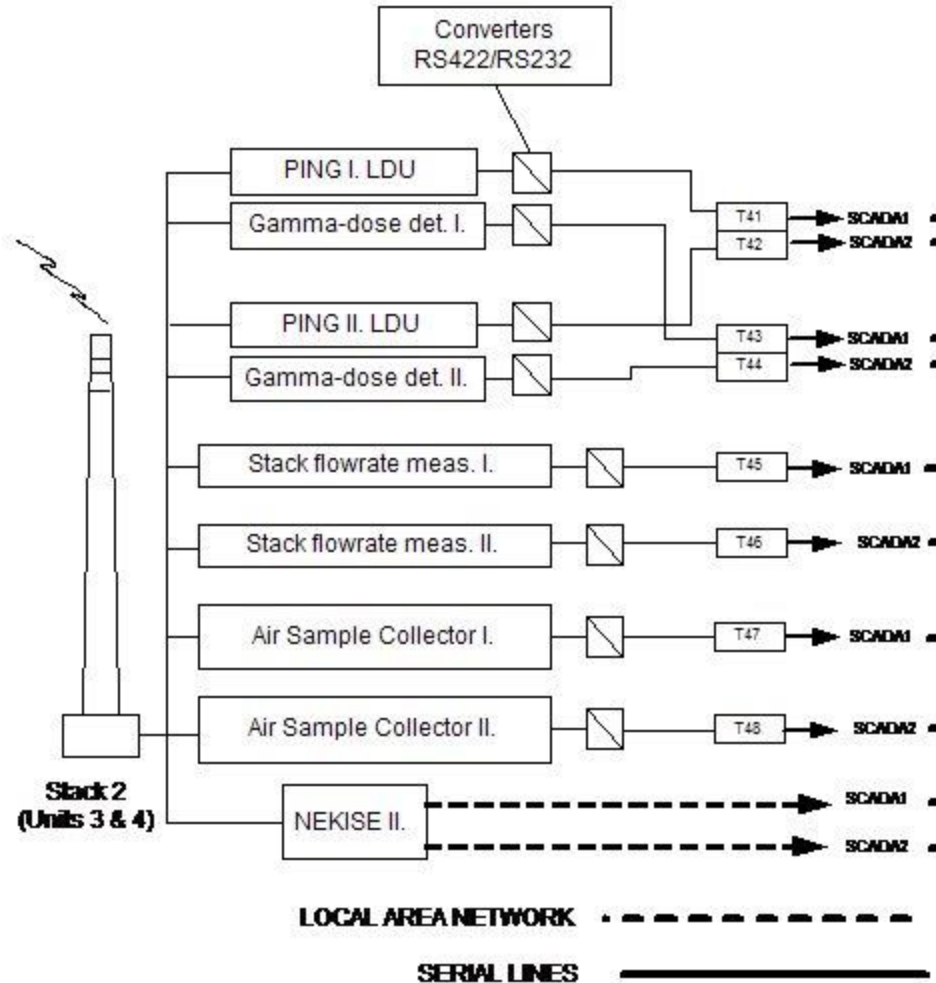


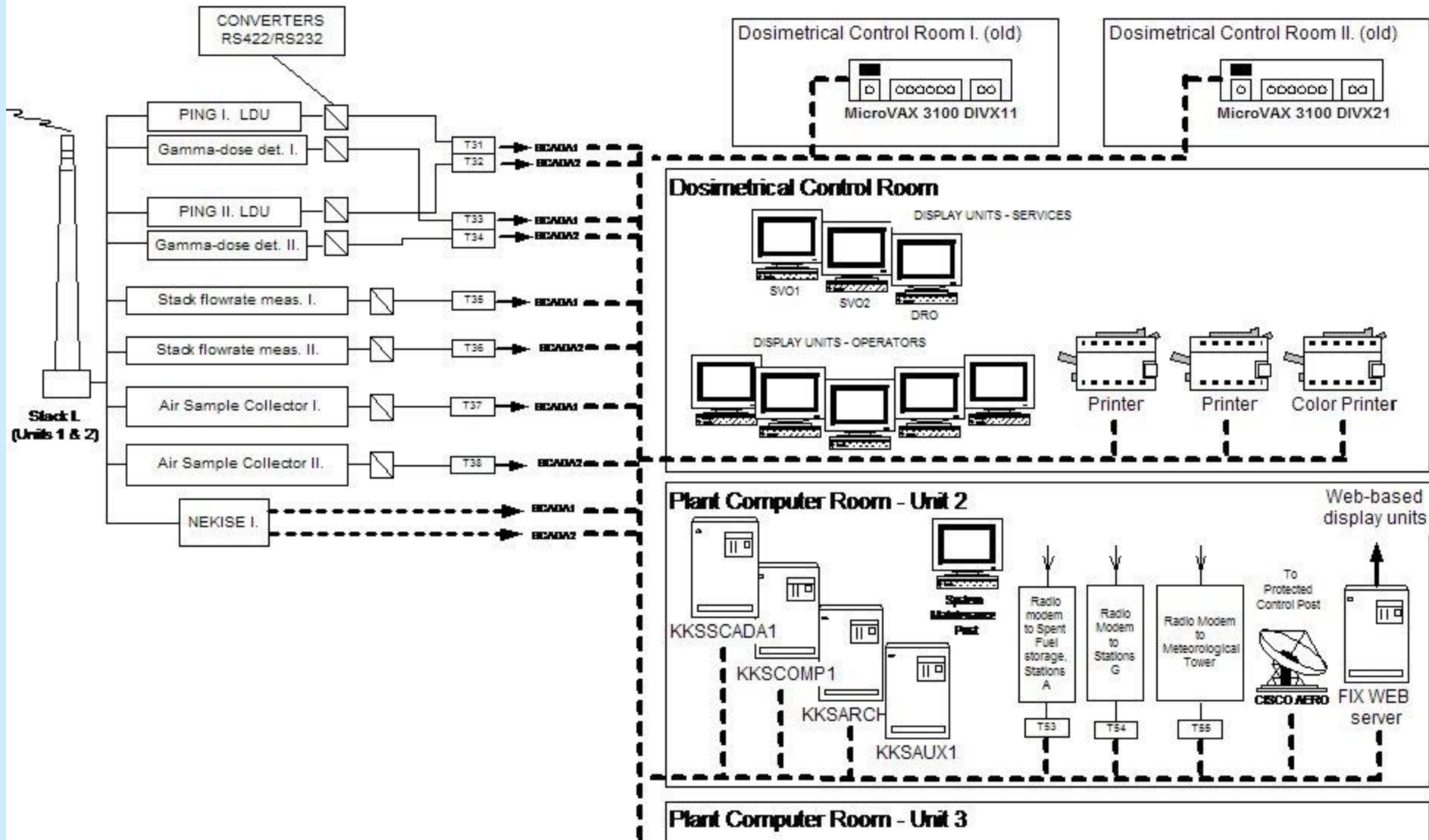
ON-SITE DETECTORS

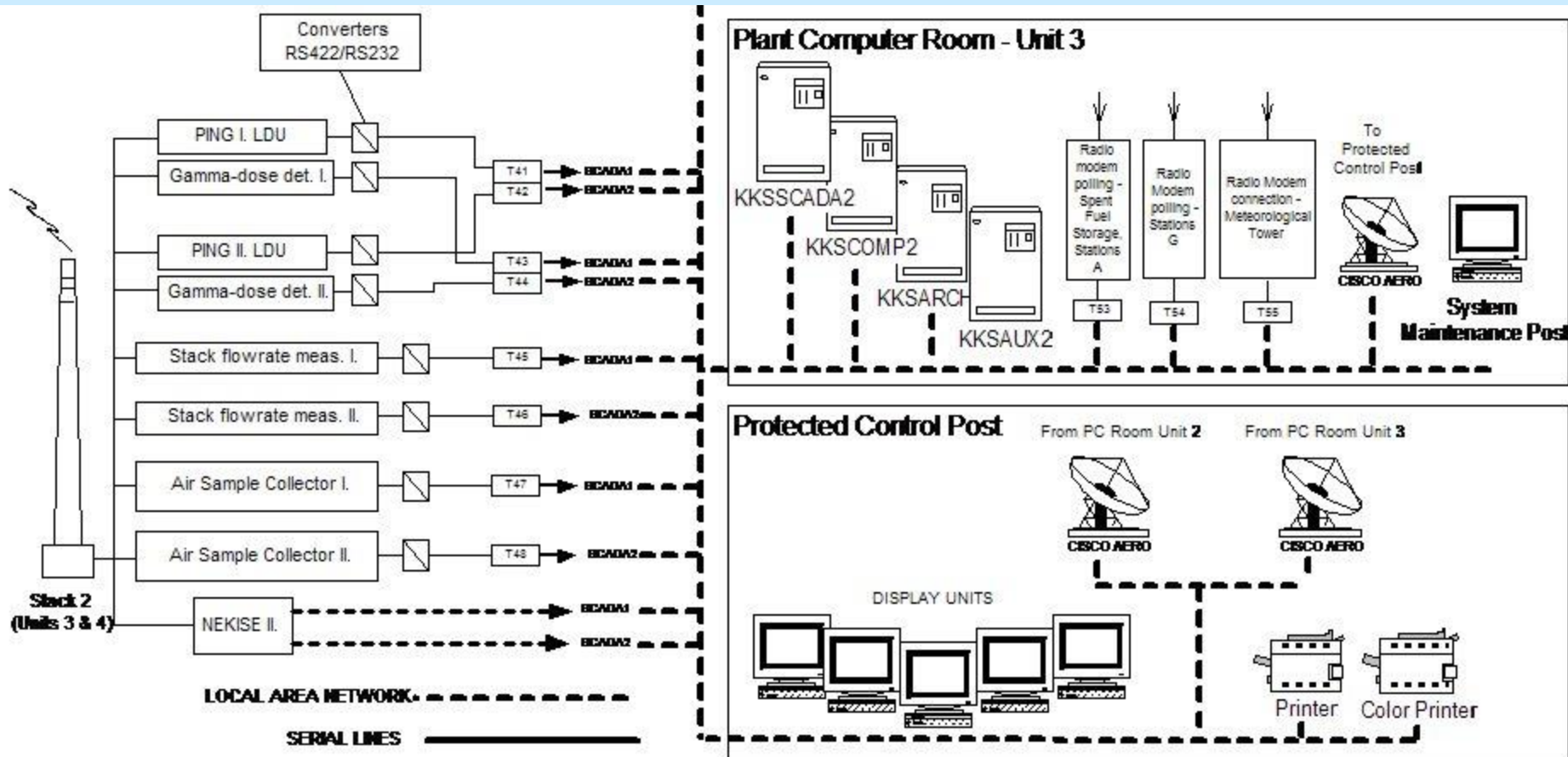


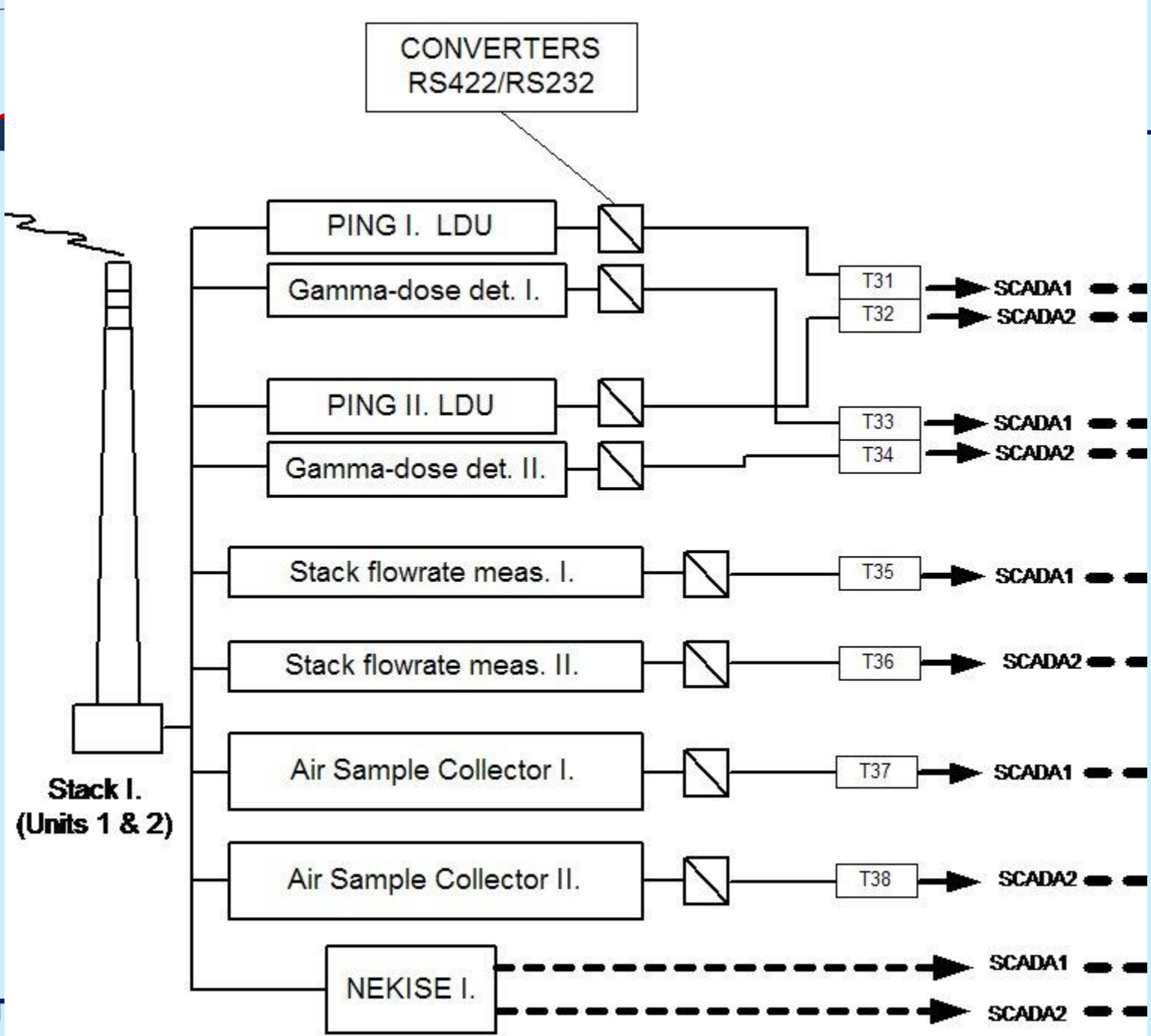
Legend
PING - Particulate, Iodine & Noble Gas Monitor
LDU - Local Display Unit
NEKISE - Nuclide-specific Noble Gas Analyzer
SCADA1 - to Server in Plant Computer Room Unit 2
SCADA2 - to Server in Plant Computer Room Unit 3

 Radio Modem







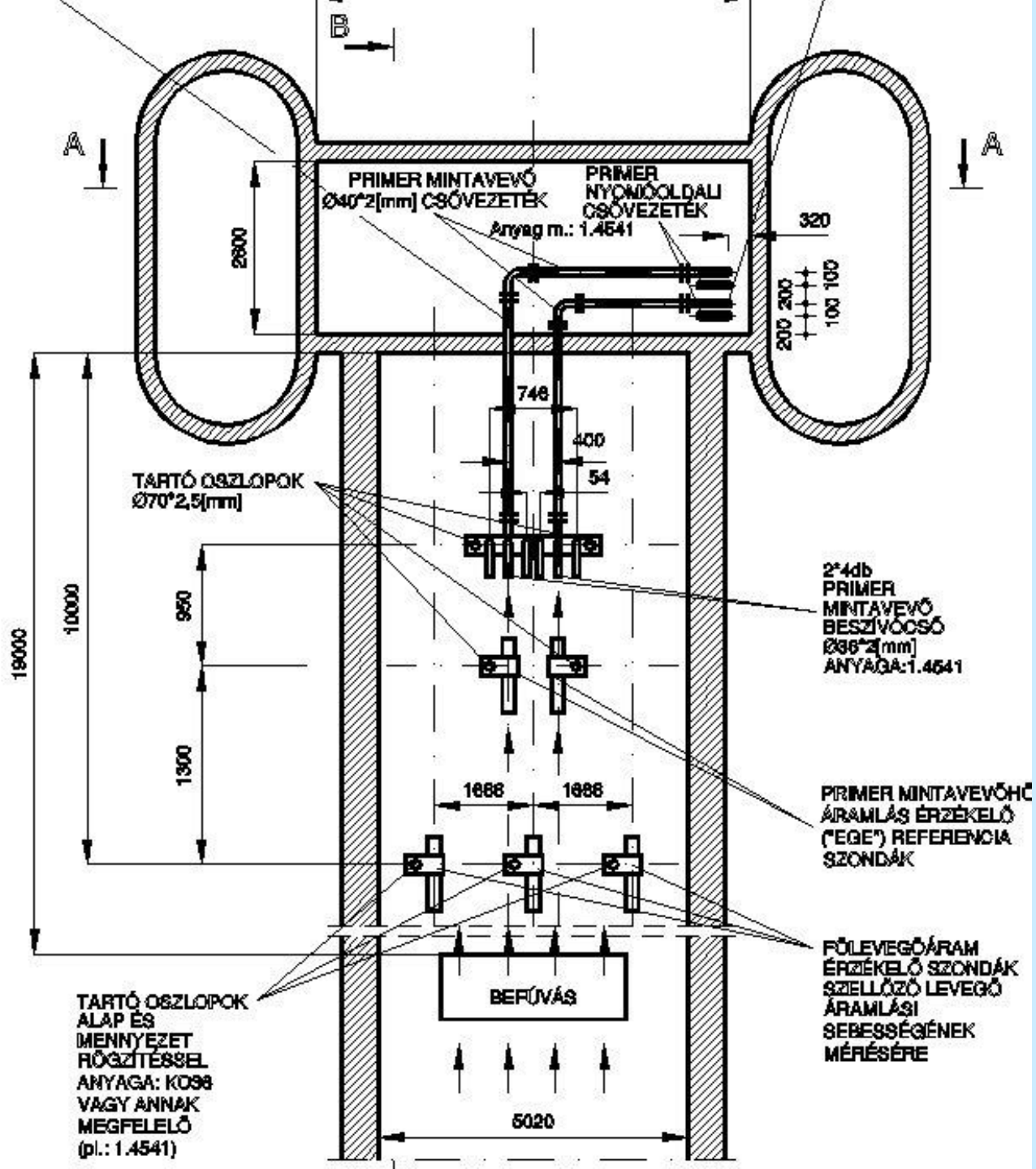




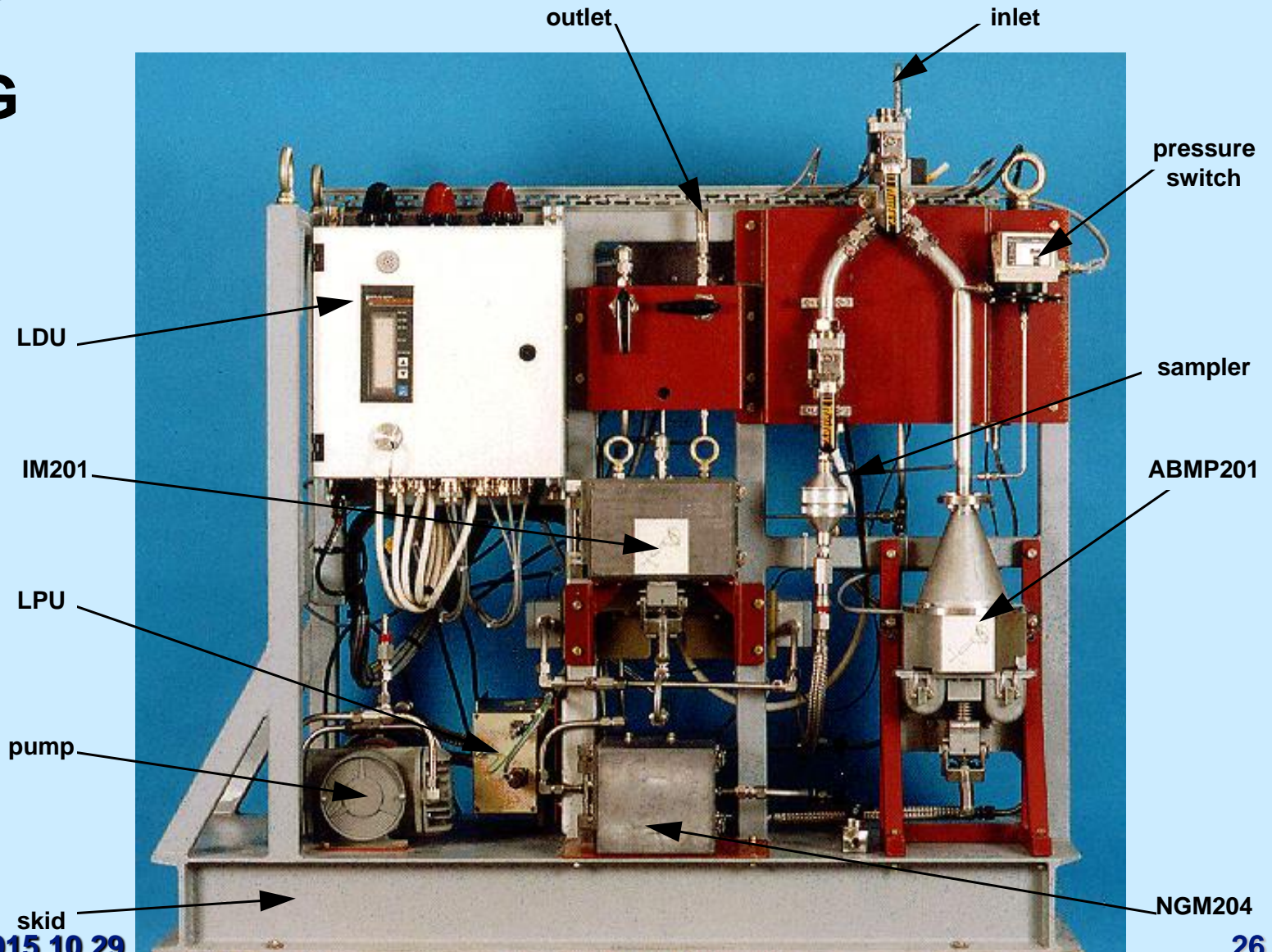
Kémény levegő forgalom mérés mintavétel

Levegő
forgalom:
400,000 to
700,000
 m^3/h

NJSzT ITF 2015.10.29.



PING





Központi adatfeldolgozás

1. Ugyanazt az adatgyűjtő szoftvert használjuk, mint a blokkszámítógép: ***Intellution iFIX SCADA***
2. Elosztott rendszer 100% tartalékkal
3. Ugyanez a számítógép rendszer szolgálja majd ki a szintén rekonstrukcióra váró

Technológiai Sugárzásmérő Rendszert

4. A bemenő adatok Ethernet-en érkeznek (különbéle protokollokkal) és UHF rádiókapcsolatokkal; minden kapcsolat 100%-os tartalékkal rendelkezik
5. Az eredményeket két régi és egy új vezénylőteremben, a Védett Vezetési Ponton jelenítjük meg. Web server-en is elérhetők (intranet); minden 100%-os tartalékkal, kivéve a Web server-t



A központi adatfeldolgozás feladatai

1. Hagyományos funkciók:

Mérések értékelése, alarmok generálása 10 percenként
Adatmegjelenítés (képek, grafikonok, még WWW is)
Adat archiválás (mentés és visszakeresés)
Öndiagnosztika és automatikus tartalékra váltás

2. Kiterjesztett, új funkciók:

Baleset kezdetének detektálása
Esetleges konténment szivárgás detektálása
Terjedésszámítás on-line (pöff modellel)
30 km-es körre kiülepedés és dózisteljesítmény számítás



A terjedésszámítás szimulációs modellje

A „pöff” modell: egy 10 perc hosszú kémény kibocsátás levegő tömegét egy együtt kezelt anyagmennyiségnek tekintjük – ez a „pöff”;

Minden „pöff”-öt nyilvántartunk amíg a tömegének többsége el nem, hagyja a kijelölt 30 km sugarú zónát;

A „pöff nyilvántartásának” feladata, feltételezések:

A középpontja az aktuális szélnek megfelelően mozog;

Három dimenzióban tágul a talajra kiülepedés, a függőleges levegő hőmérséklet inverzió, a talaj jelenlétének figyelembe vételével (alapjában Gauss elo.)

Az izotópok folyamatosan bomlanak, egymásba alakulnak az idővel (56 izotópnak megfelelő bomlási láncokat számolunk)

CPU terhelés optimalizálás

Minden 10 percben kéményenként egy új pöff születik

Egy „pöff”-öt törölünk: ha elhagyja a 30 km-es sugarú körzetet, amire a sugárzást számolnunk kell, vagy a hozzájárulása a sugárzáshoz már elhanyagolható a többiekéhez képest; ezért ha nincs vagy gyenge a szél, ezek ezerszám felszaporodhatnak

Ezért egy „pöff” –öt csak akkor számolunk újra, as ha már legalább az átmérője felével elmozdult; minél gyengébb a szél, annál több a „pöff” a területen, de annál ritkábban számoljuk újra.



Nódusok poláris koordinátákban

Szögfelbontás 5° - ez 72 irányt ad. Radiális felbontás:

Első 10 km: 1 km lépésben - 1 kört és 9 körgyűrűt kapunk

Következő 20 km: 2 km lépésben másik 10 körgyűrűt kapunk

Ez összesen: 72 irányban x 20 körgyűrű = 1440 nódus

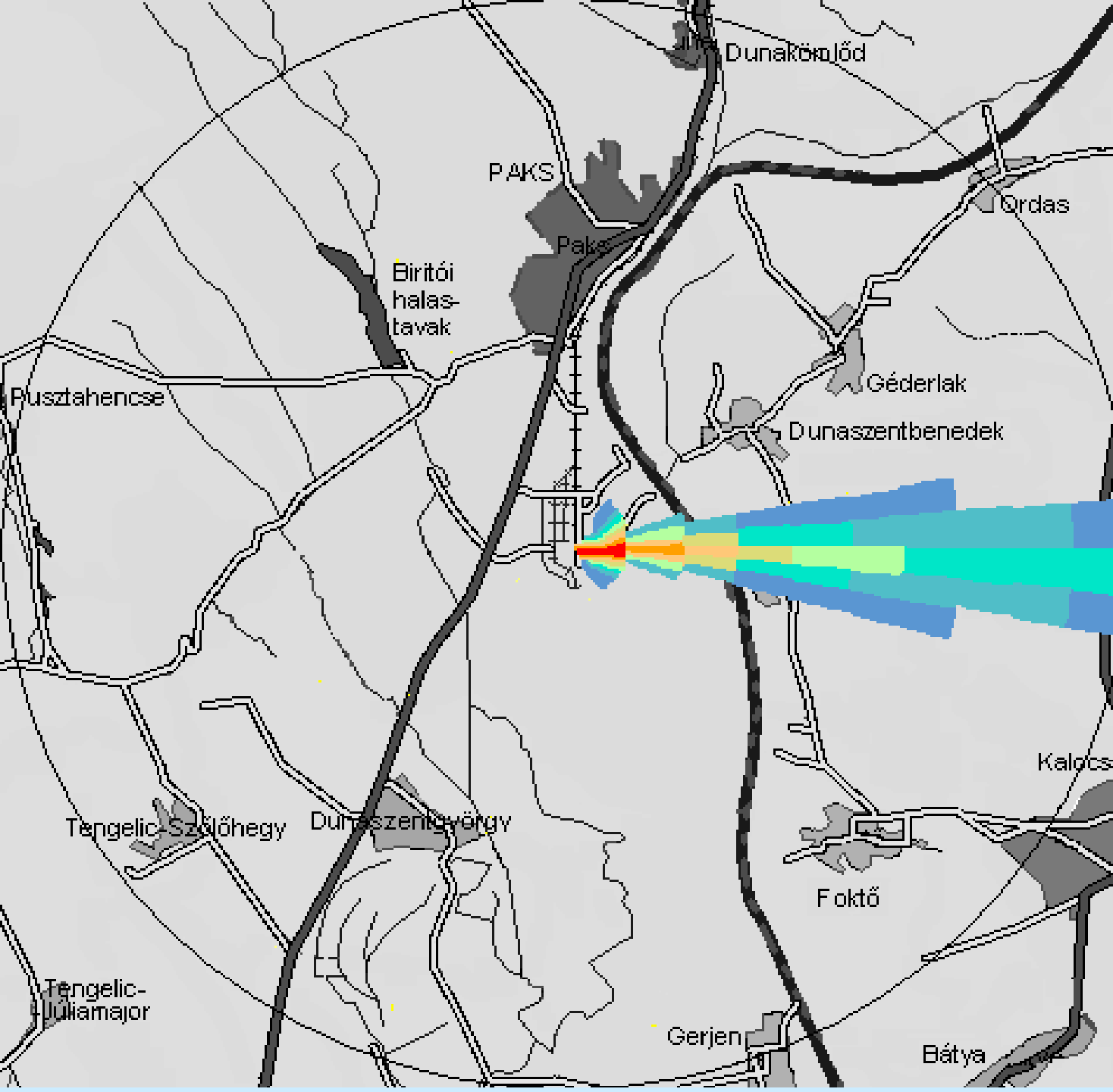
Ezen felül még: 9 db „A”, 11 db „G” állomásra, 23 településre

Számítás minden nódusra: Valamennyi nyilvántartott „pöff” távolsága ismert és a benne lévő 56 izotóp koncentrációja is. Tehát minden **nódusra** összegezni kell valamennyi „pöff” sugárzását **izotóponként**.



A szimulációs algoritmus, amiért az egész van:

- 1. Mérjük a kémény kibocsátásokat, meteorológiai adatokat és számítjuk a terjedést 10 percenként);**
- 2. Kiszámítjuk a sugárzást az „A” és „G” állomások pozíciójára;**
- 3. Összehasonlítjuk a mért és számított értékeket:**
 - 4.1. Jó egyezés: nincs konténment szivárgás**
 - 4.2. Mérés magasabb: van szivárgás, visszaszámoljuk a konténmentre, 30m magasságra; egy második forrástagot határozunk meg;**
- 5. A kémény kibocsátás (120 m-en) és az esetleges szivárgás (30 m-en) ismeretében újraszámítjuk valamennyi nódust; integrálunk;**
- 6. Változatlan időjárást feltételezve több napra előrejelzést készítünk.**



**Generált
adatokkal
szimulációs
eredmény**

**Mérni még
nem sikerült**

**Köszönöm
a
figyelmet!**

Az AGNES projekt: a paksi biztonság értékelése

Gadó János

gado.janos@energia.mta.hu

2015. október 29.

Nagy Számítástechnikai Műhelyek
MTA Atomenergia Kutató Intézet (AEKI)

Tartalom

Előrebocsátandó: az előadás sok szubjektív elemet tartalmaz!

- Mi is volt az AGNES projekt?
- Az AGNES projekt kihívásai
- Mi történt azóta?

Mi is volt az AGNES projekt? - 1

1990-91: rendszerváltozás Magyarországon, német újraegyesítés – újra kellett gondolni a szovjet tervezésű reaktorok biztonságát (Csernobil: 1986!)

- feljelentések
- Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Extrabudgetary Program
- szovjet intézmények megrendülése

Cél

- EU/USA kompatibilis módszerekkel kimutatni, mi a jó - mi a rossz
- a fogyatékoságok kiküszöbölésének fontossági sorrendbe állítása

Döntések (1991)

- sajátmagunk vállaljuk a felelősséget
- finnek bevonása, GRS (D) és TRACTEBEL (B) részvétele, konzultáció oroszokkal
- a projekt megszervezése (Paks/OAB finanszírozás, AEKI, VEIKI, ERŐTERV + paksi kollégák összeszervezése)

A név: Advanced General and New Evaluation of Safety

Mi is volt az AGNES projekt? - 2

A fő jellemzők:

3 évig tartó kemény munka, számítások, részletes jelentések és összefoglaló készítése, erős projektvezetés, a szakemberek baráti összefogása, kiváló nemzetközi kapcsolatok.

Vizsgálati területek:

- Rendszertechnikai felmérés és értékelés nyugati szempontok szerint (ERŐTERV)
- Tervezési üzemzavarok amerikai típusú számítása (AEKI)
(a kísérletes alátámasztás a projekten kívül történt)
- Súlyos baleseti számítások (VEIKI)
- Valószínűségi biztonsági elemzések a NAÜ szabályai szerint (VEIKI)
- Biztonságnövelési javaslatok kidolgozása

Mi is volt az AGNES projekt? - 3

A fő konklúziók (1994):

- ⇒ Alapvető problémák nincsenek
- ⇒ Egy sor átalakítás szükséges → BNI program (1996-2002 között mintegy 60 milliárd Ft, a zónaolvadási gyakoriság több, mint egy nagyságrenddel csökkent) → az EU-csatlakozási tárgyalásokon Paks nem volt fontos téma
- ⇒ További K+F és elemzések szükségesek (ÁOKU, PSA-2, ...) – mind megvalósult, ezért nem okozott különösebb drámát a stressz teszt (2011-2012), ezért valósulhatott meg a teljesítmény növelése és az üzemidő-hosszabbítás
- ⇒ „Európai” szabályozás kell → már 1995-ben EU-konform Nukleáris Biztonsági Szabályzat lépett életbe

Az AGNES projekt abszolút hivatkozási alap lett.

Az AGNES során létrejött hazai együttműködés mind a mai napig az erőmű biztonságának fontos összetevője.

Az AGNES projekt kihívásai - 1

Régi idők (1970-s, 1980-as évek, ICL-1905, R-40, R-55):

- * Talán az atomenergetikai számítások voltak a leginkább gépidő-igényesek

A szakmai kihívások dióhéjban - reaktorfizika:

Erős volt a kísérleti háttér (ZR-6), az egyes jelenségeket ki tudtuk számítani, de az erősen időfüggő problémák megoldására nem rendelkezünk 3D programmal – hatszöges geometriára a világban sem volt ilyen.

Paksi blokkok: 349 köteg (+ a környező reflektorok), mindegyik kötegben 126 darab 2,4 m magas pálca – kellene tudni, hogy ebben a reaktorban milyen a neutronok hely és energia (valamint repülési irányszög) szerinti eloszlása.

Nem csak stacioner állapotokra kell számolni tudni, hanem a gyorsan változó üzemzavari helyzetekre is, amikor működik (vagy nem) a reaktorvédelem. Értékelni kell, hogy a különböző folyamatok következtében a fűtőelemek hermetikusak maradnak-e vagy sem.

Az AGNES projekt kihívásai - 2

A szakmai kihívások dióhéjban - termohidraulika:

Erős volt a kísérleti háttér (PMK), a számítások amerikai (később amerikai, német és francia) kódokkal történtek.

A kazettákban víz áramlik felfelé a fűtőelempálcák között. A nyomás nagy (125 bar), a hőmérséklet 280 °C-ról 310 °C-ra nő és közel kerül a telítési értékhez. Az áramlást zavarják a távtartólemezek. Az áramlás kétfázisú, megjelenik a gőzfázis. A helyi áramlási kép függ a meghatározandó mennyiségektől (T,p,v stb.).

Üzemzavarok következtében a víz elforrhat, de a biztonsági rendszerek víze elárasztja a reaktorzónát. Az egyes folyamatok időállandói nagyságrendekkel eltérnek egymástól (stiff-egyenletek).

Üzemzavarok következtében a fűtőelempálcák dehermetizálódnak, aktivitás juthat a primerkörbe, a konténmentbe és a környezetbe.

A szakmai kihívások dióhéjban – visszacsatolások:

A reaktorfizikai és termohidraulikai jelenségek ráadásul csatoltak, a számításokat is össze kell csatolni.

Az AGNES projekt kihívásai - 3

Mit jelent a tervezési üzemzavarok biztonsági elemzése?

Ezt Magyarországon az AGNES projekt idején, a világban elterjedt amerikai eredetű előírások és módszerek megismerésével értettük meg. Csak néhány „apró” követelmény:

- az üzemzavarok körének teljesnek kell lennie
- világos elfogadási kritériumokkal kell rendelkezni (itthon nem volt szabályozva)
- az egyes elemzések konzervativizmusát biztosítani kell
- az alkalmazott módszerek, programok egyértelmű, teljes leírása, a módszerek validálása szükséges
- az elemzések olyan leírása szükséges, hogy a számításokat más is meg tudja ismételni.

Az AGNES projekt kihívásai - 4

A számítástechnikai kihívások

Programok átvételén és kifejlesztésén túlmenően szükséges volt „erős” számítógépek alkalmazása, mert rengeteg számítást kellett (esetenként többször is) elvégezni. A projekt AEKI-re eső részének számítási kapacitásigénye nehezen volt felmérhető (utólag is). A számítások egy részét külföldön végezték, sokszor saját szakembereink.

Akkoriban gyorsan nőttek a számítástechnikai kapacitások és „erős” számítógépeket (AGNES és ROZI) tudtunk vásárolni.

Jánosy J. Sebestyén (CPU idő alapon) és Keresztúri András (számításigényes kód teljes futási ideje alapján) nyomon követték az 1990-es években történt fejlesztéseket. Erről Jánosy előadást is tart. Néhány összehasonlító adatot tartalmaz a következő táblázat.

Az AGNES projekt kihívásai - 5

Számítási idők összehasonlítása

Számítógép	Linpack double precision teszt	KIKO3D számítás
VAX 3100/80	0.41	-
IBM486/100MHz PC/AT	1	-
SUN 10	2.86	1
IBM6000/560 AGNES	6.47	7.58
IBM6000/590 ROZI	13.6	16.7
ORIGIN2000 R10000	22.1	29.1

A számítógépek ára gyakorlatilag nem változott (1990-es évek!).

Mi történt azóta?

- Paksi biztonság:
 - * Főkonzulensi tevékenység, a biztonság további elemeinek értékelése, stressz-teszt
 - * Végleges Biztonsági Jelentés elkészítése – üzemidő-hosszabbítás
 - * A teljesítmény növelése, jobban kihasználható fűtőelemek bevezetése
- Számítástechnika:
 - * Erőművi szimulációs kódok biztonsági elemzésekhez – erős PC-ken
 - * Az érzékenységi/bizonytalansági számítások szerepe megnőtt a konzervativizmus leszorítása érdekében – erős PC-ken
 - * Speciális számítások speciális gépeken :
 - Monte-Carlo neutronfizika
 - Computational Fluid Dynamics
 - szilárdsági számítások

Ma már nem az atomenergetika a legnagyobb számítástechnikai megrendelő.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Centre for Energy Research,
Hungarian Academy of Sciences

A New Virtual Control Room System for the Paks NPP Full- Scope Simulator

G. Házi, J. Páles, T. Fogd, G. Makai

Reactor Monitoring and Simulator Department

NJSzT ITF 2015, Budapest



Motivation

- **Development of the full-scope training simulator of Paks NPP:**
 - Construction 1988, KFKI AEKI-NOKIA Afora
 - Continuous improvements and upgrades to face the new requirements (HW & SW components, technological model system)
 - Replica simulator configuration in the Institute for the developments (reduced)
- **2012: New simulator room establishment**
 - Extended replica simulator configuration + plant computer system, + core monitoring system, + large screen displays)
 - Support other application areas
I&C system design and validation, HMI development and study, engineering support, etc.
- **2013 :Virtual control room development**

CER Simulator room

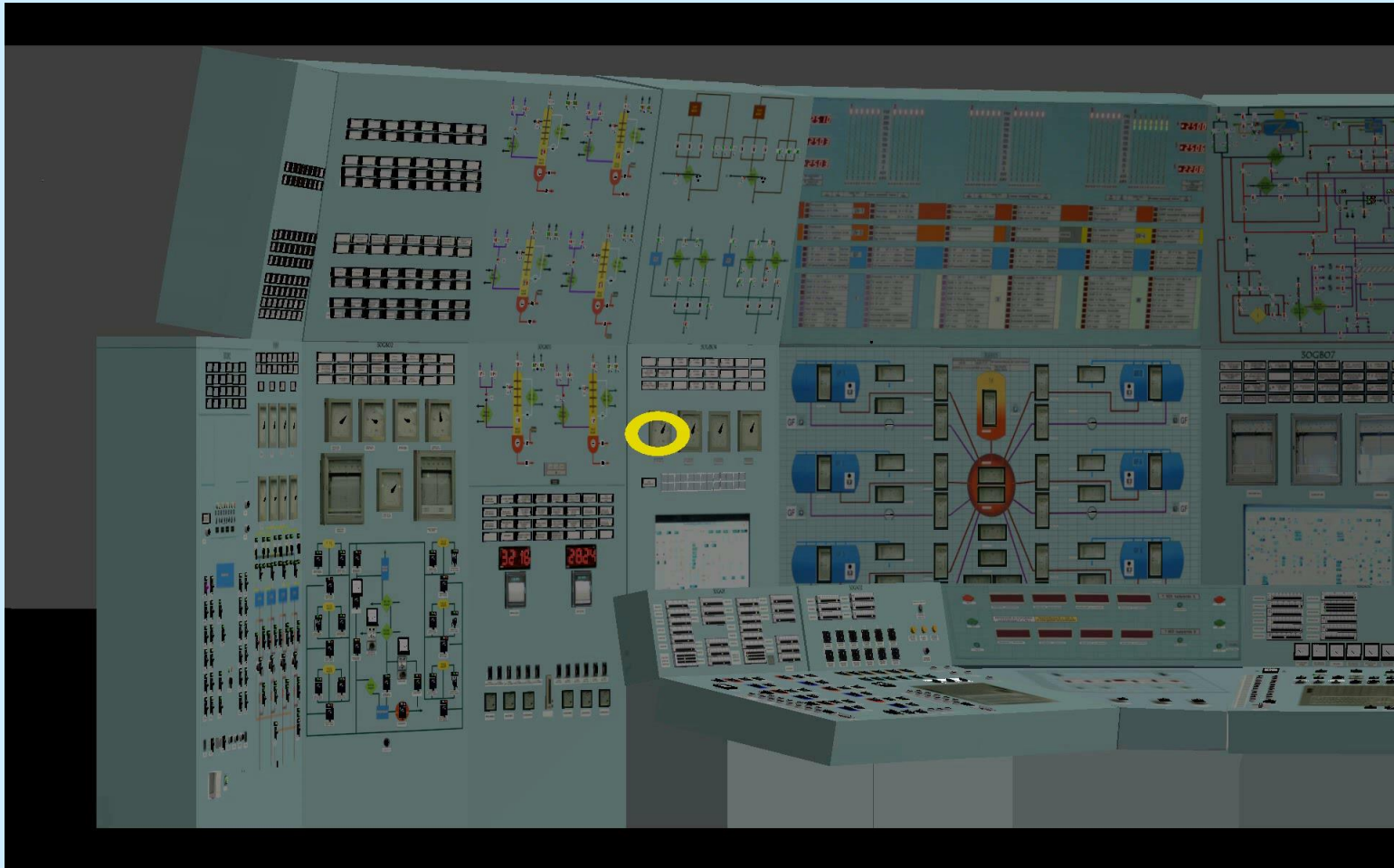




Simulator control room at Paks NNP

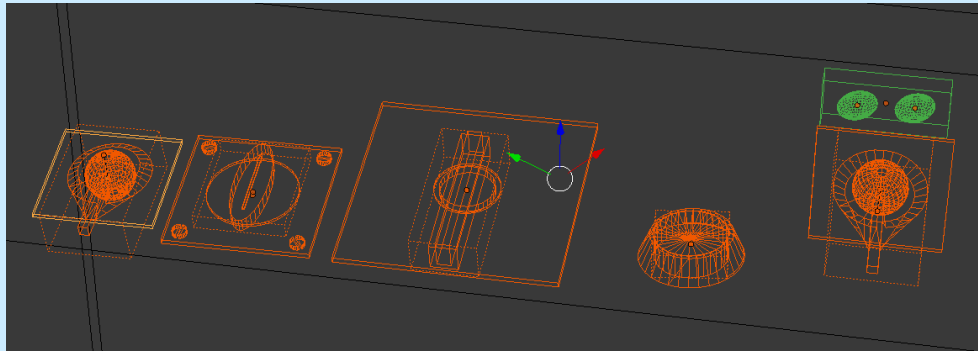


Virtual representation of the CR



3D interactive model of the CR: geometry

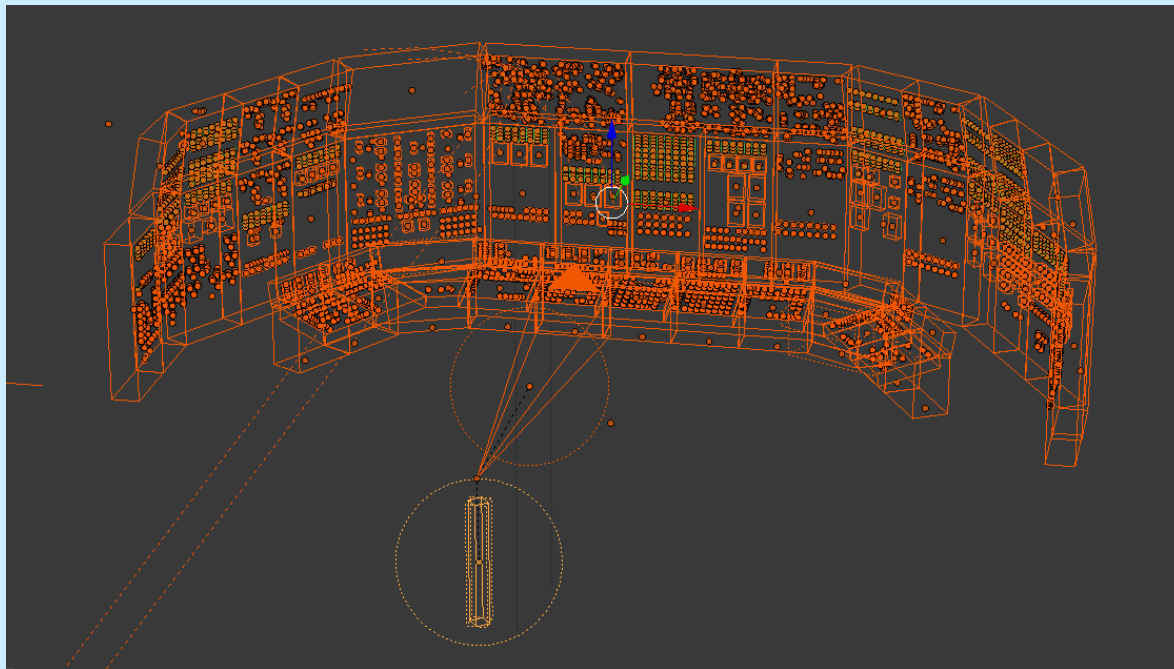
- **Blender: free and open-source 3D computer graphics SW**
 - **Building geometry: switches, actuators, push buttons, instruments, panels**



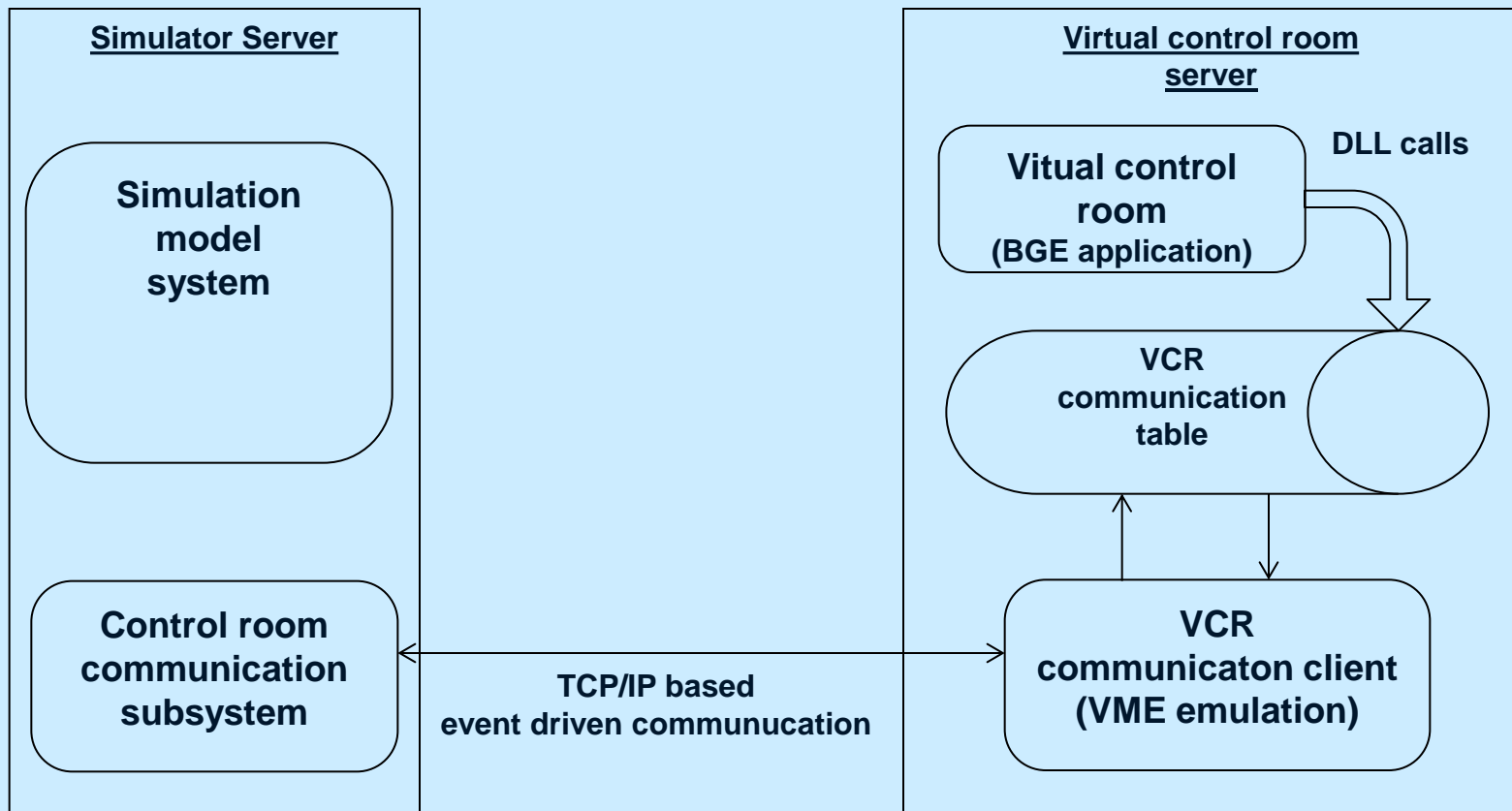
- **Applying photos of the CR as textures:**
 - at the beginning: helps the placement and positioning of CR devices
 - at the end: process and replace the original images (higher resolution, smaller size)
- **Share geometrical data (mesh) among the same looking objects:**
 - better memory utilization,
 - a large number of same looking objects can be modified at once (mesh, material).

3D interactive model of the CR: interaction and movement

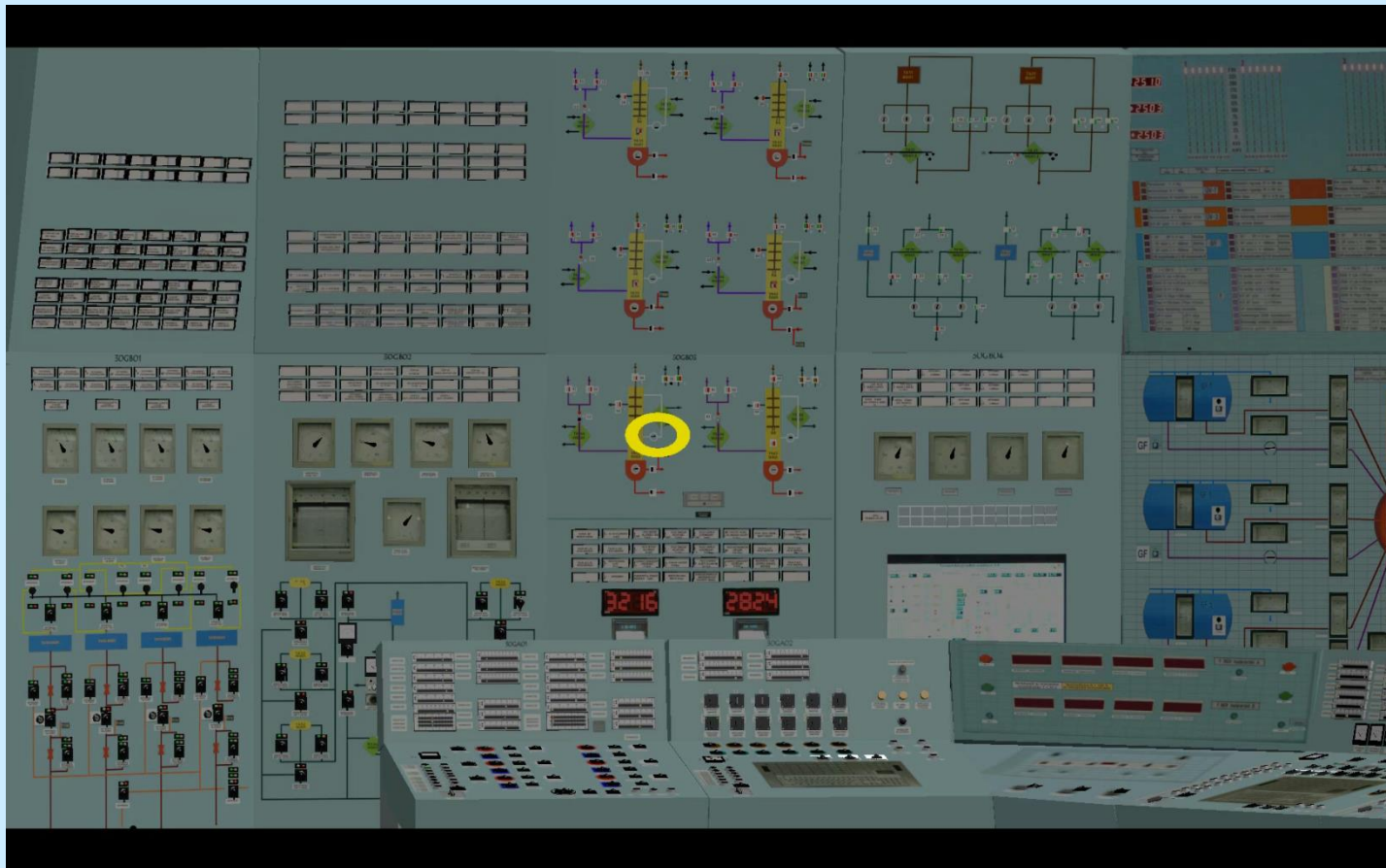
- **Blender Game Engine (BGE)**
 - BGE logic bricks: sensors, controllers, actuators
 - Python scripts: complex object movement, simulator communication
 - Modeling the operator: operator object with a linked camera



Virtual CR – Simulator communication



Using selection units



Navigation methods

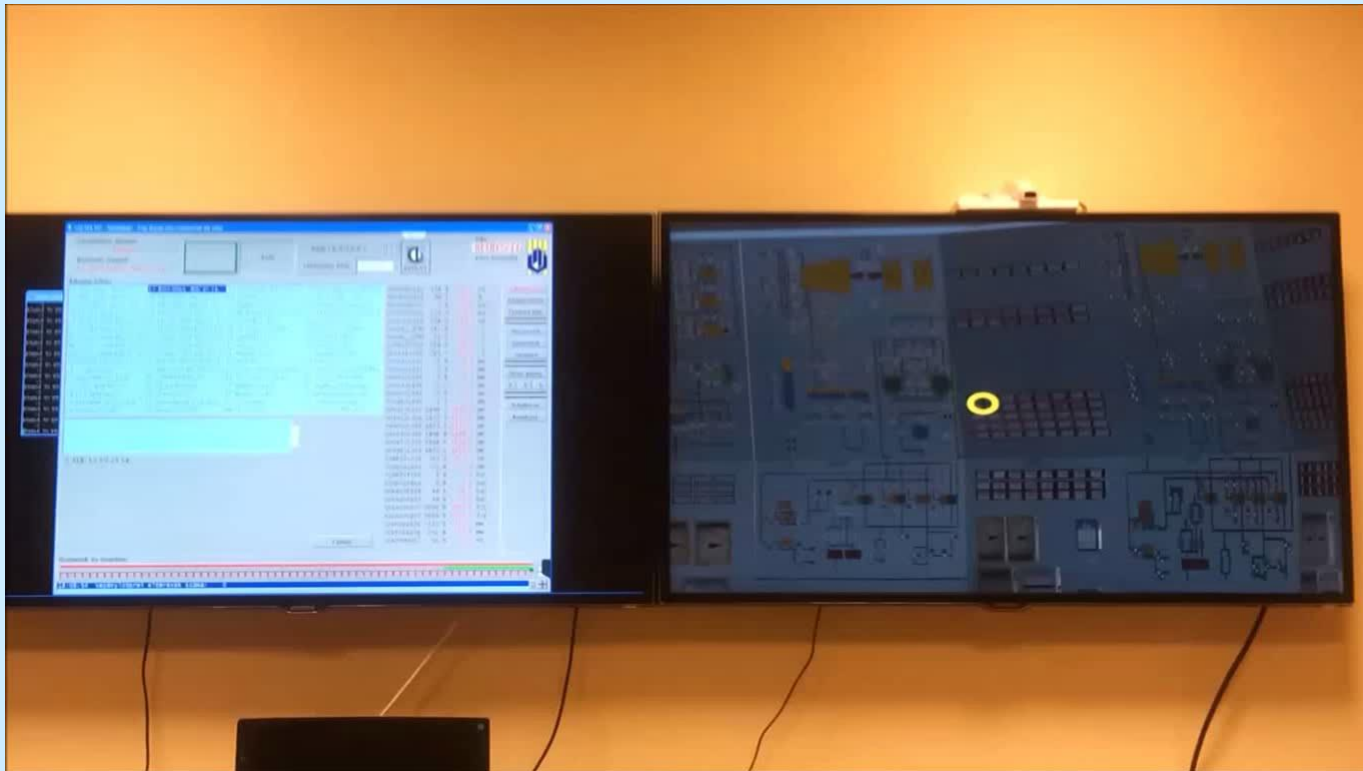
- **Desktop computer :**
keyboard + mouse
- **Large screen display:**
 - **Wireless control with Nintendo
Wii Remote and Nunchuk**



- **Experimenting with head
tracking**



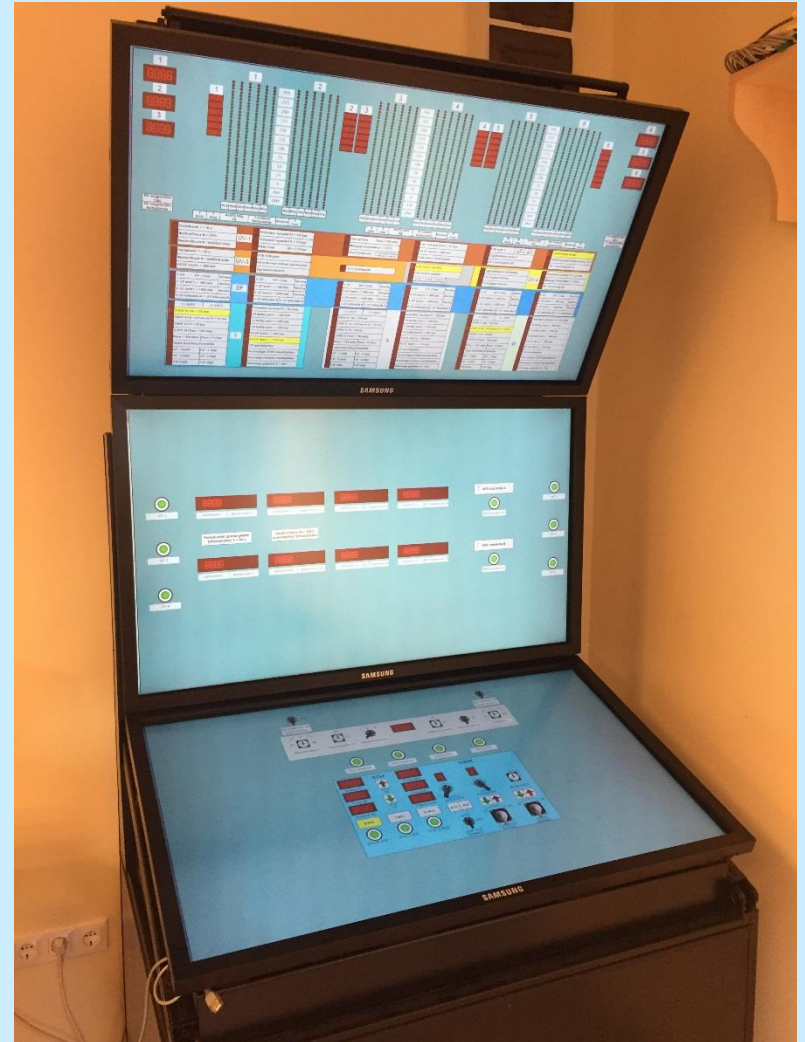
VCR simulation scenario





Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

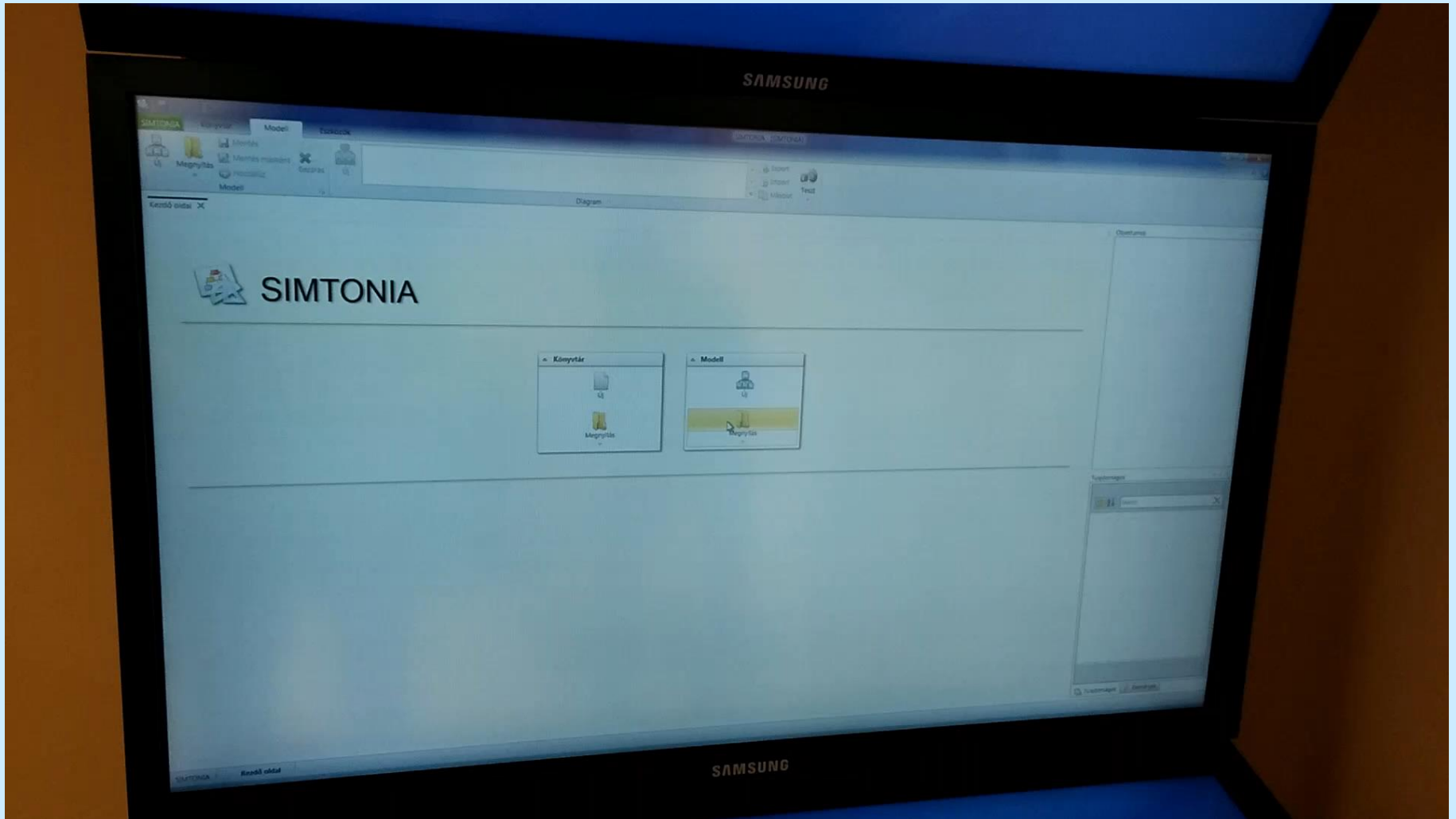
- Refurbishment of RCS and RPCS as a subcontractor of SKODA JS
- Touchscreen solution based on SIMTONIA's visual engine







Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences





**Thank you
for your attention!**

AEKI-s műszerek az űrben

Apáthy István

- **Az AEKI-ben és jogelődeiben 1970 óta folyik űrkutatás**
- **A 90-es évekig az Interkozmosz keretében**
- **Az űrkutatás / űrdozimetria az AEKI alapító okiratában deklarált alaptevékenység**
- **Az Űrelektronikai (ma: Űrdozimetriai) Csoport az első, űreszközöket készítő professzionális magyar műhely**
- **A valaha űrbe juttatott magyar kísérleti eszközök ~85%-a az AEKI-ben készült**

AEKI-s mérőeszközök az űrben

Date of start / return (YYYY.MM.DD.)	Space vehicle / Target	Equipment	Experiment name
1970.11.28.	Vertical-1	plastic foil micrometeorite trap	Tanja
1971.08.20.	Vertical-2	plastic foil micrometeorite trap	Tanja
1972.04.07.	Intercosmos-6	plastic foil micrometeorite trap	Tanja
1974.10.31.	Intercosmos-12	micrometeorite detector	K-1-3
1975.12.11.	Intercosmos-14	micrometeorite detector	K-1-3
1977.09.24.	Intercosmos-17	micrometeorite detector	K-1-4
1977.10.25.	Vertical-6	retarding potential analysers	LAM-1, -2
1978.10.30.	Prognoz-7	solar wind analyser	D-173 B
1978.11.03.	Vertical-7	retarding potential analyser	LAM-1
1979.03.12.	Progress-5 / Salyut-6	TLD (thermoluminescent dosimeter) capsules	Integral
1979.05.13.	Progress-6 / Salyut-6	TLD capsules	Integral
1980.05.26.	Soyuz-36 / Salyut-6	TLD capsules	Integral
1980.05.26.	Soyuz-36 / Salyut-6	TLD reader + dosimeters	Pille
1980.09.18.	Soyuz-38	TLD capsules	Integral
1981.12.21.	Vertical-10	retarding potential analysers	LAM-2
1983.03.02.	Cosmos-1443 / Salyut-7	TLD reader + dosimeters	Pille
1984.10.06.	Space Shuttle STS-41G	TLD reader + dosimeters	Pille-S
1984.12.15.	VEGA-1	particle analyser	Plasmag
1984.12.21.	VEGA-2	particle analyser	Plasmag
1986.06.19.	Cosmos-1760	ultrathin TLDs	-
1987.03.03.	Progress-28 / Mir	TLD dosimeters	Pille
1988.07.07.	Phobos-1	particle spectrometer	HARP
1988.07.07.	Phobos-1	particle analyser	TAUS
1988.07.12.	Phobos-2	particle spectrometer	HARP
1988.07.12.	Phobos-2	particle analyser	TAUS
1995.07.22.	Progress-M28 / MIR	TLD reader + dosimeters	Pille'95
1995.10.08.	Progress-M29 / MIR	TLD reader + dosimeters	Pille'95
1997.01.12.	Space Shuttle STS-81 / MIR	TLD reader + dosimeters	Pille'96
2001.02.24.	Progress-M44 / ISS	neutron dosimeter	BRADOS-1
2001.10.31.	back: Soyuz-TM32	track detectors	
2001.03.08.	Space Shuttle STS-102 / ISS	TLD reader + dosimeters	Pille'97
2002.10.15.	Foton-M1/ Proton	neutron dosimeter, track detectors, TLDs	BIOPAN-4 (failed)
2003.02.02.	Progress-M47 / ISS	neutron dosimeter	BRADOS-3
2003.10.28.	back: Soyuz-TMA2	track detectors	

AEKI-s mérőeszközök az űrben

Date of start / return (YYYY.MM.DD.)	Space vehicle / Target	Equipment	Experiment name
2003.09.28.	Progress-M48 / ISS	TLD reader + dosimeters	Pille-MKS
2004.01.29. 2005.10.11.	Progress-M1-11 / ISS back: Soyuz-TMA6	neutron dosimeter track detectors	Matroshka-I
2004.03.02.	Rosetta / Philae	simple plasma monitor dust impact monitor	ROMAP / SPM SESAME / DIM
2005.02.28. 2005.10.11.	Progress-M52 / ISS back: Soyuz-TMA6	neutron dosimeter track detectors	BRADOS-5
2005.05.31. 2005.06.16.	Foton-M2 / Szozuz U	neutron dosimeter track detectors, TLDs	BIOPAN-5
2005.12.21. 2006.12.22.	Progress-M55 / ISS back: STS-116	neutron dosimeter track detectors	Matroshka-IIA
2007.05.12. 2007.10.21	Progress-M60 / ISS back: Soyuz-TMA10	neutron dosimeter track detectors	BRADOS-6 (SI2)
2007.09.14. 2007.09.26.	Foton-M2 / Szozuz U	neutron dosimeter track detectors, TLDs	BIOPAN-6
2007.10.10. 2008.11.30.	Soyuz-TMA11 / ISS back: STS 126 Endeavour	neutron dosimeter track detectors	Matroshka-IIB
2007.10.23 2007.11.7.	Discovery, STS120 15d2h24m	track detectors	Space ICCHIBAN (Harmony installation)
2008.05.14. 2008.10.24.	Progress-M64 / ISS back: Soyuz-TMA12.	neutron dosimeter track detectors	BRADOS-7 (SI3)
2009.03.26.	Soyuz-TMA14 / ISS	TLD dosimeters	Pille Simonyi-2
2009.07.15. 2009.11.27.	STS127-Endeavour / ISS back: STS129-Atlantis	combined particle track detectors	DOSIS-1
2009.11.16. 2010.05.26.	STS129-Atlantis / ISS back: STS132-Atlantis	combined particle track detectors	DOSIS-2
2010.04.28 2011.03.16.	ProgressM-05M/37P / ISS back: Soyuz-TMA01M/24S	neutron dosimeters, track detectors	Matroshka-KIBO
2010.04.28. 2010.11.26.	ProgressM-05M/37P / ISS back: Soyuz-TMA19	Track & TLD detectors	DosMap-SM&Pirs SPD-7
2010.09.10. 2011.03.16. .2012.07.01. 2013.03.16. 2011.09.16	ProgressM-07M/39P / ISS back: Soyuz-TMA01M/24S -1 st unit back: Soyuz-TMA03M - 2 nd unit back: Soyuz-TMA06M -3 rd unit back: Soyuz-TMA21-4 th unit	Launched all 4 packages together TTD-6-1 Track & TLD detectors TTD-6-2 Track & TLD detectors TTD-6-3 Track & TLD detectors TTD-7-2 Track & TLD detectors	BioTrack in PIRS

AEKI-s mérőeszközök az űrben

Date of start / return (YYYY.MM.DD.)	Space vehicle / Target	Equipment	Experiment name
2011.04.04. 2011.11.22.	Soyuz-TMA21 / ISS back: Soyuz-TMA02M	Track & TLD detectors	DosMap2-SM-Pirs-MRM2 SPD-8
2011.04.04. 2011.09.16.	Soyuz-TMA21 / ISS back: Soyuz-TMA21	Track & TLD detectors	Cosmonaut dosimeters-1 P1, P2, P3
2011.06.07. 2011.11.22.	Soyuz-TMA-02M / ISS back: Soyuz-TMA-02M	Track & TLD detectors	Cosmonaut dosimeters-1 P4, P5
2011.11.14. 2012.04.27.	Soyuz-TMA22 / ISS back: Soyuz -TMA22	Track & TLD detectors	Cosmonaut dosimeters-1 P6, P7, P8
2011.12.21 2012.07.01.	Soyuz-TMA03M / ISS back: Soyuz-TMA03M	Track & TLD detectors	Cosmonaut dosimeters-1 P9,P10
2012.05.15. 2012.09.17.	Soyuz-TMA04M / ISS back: Soyuz-TMA04M	Track & TLD detectors	Cosmonaut dosimeters-2 P1, P2
2012.05.15. 2013.05.14.	Soyuz-TMA04M / ISS back: Soyuz-TMA07M	Track & TLD detectors	DosMap3-SM-Pirs-MRM2 SPD-9
2012.05.15. 2012.09.17.	Soyuz-TMA04M / ISS back: Soyuz-TMA04M	Track & TLD detectors	DOSIS-3D, 1 st increment
2012.10.23. 2013.03.16	Soyuz-TMA06M / ISS back: Soyuz-TMA06M	Track & TLD detectors	DOSIS-3D, 2 nd increment
2012.10.31.	Progress-M17M / ISS / SM	3D Si telescopes	TRITEL-SURE, Columbus
2012.12.19. 2013.05.14.	Soyuz-TMA07M back: Soyuz-TMA07M	Track & TLD detectors, pendrive	TRITEL-SURE, Columbus
2013.03.28. 2013. 09.11.	Soyuz-TMA08M /34S Soyuz-TMA08M	Track & TLD detectors	DOSIS-3D, 3 rd increment
2013.03.28.	Soyuz-TMA08M / ISS	3D Si telescopes Track & TLD detectors	TRITEL-RS, SM
2013.04.19. 2013.05.19	BION-M1 (Soyuz-2-1A) back: BION-M1 (Soyuz-2-1A)	Track & TLD detectors	BION, phase 1
2013.09.25. 2014.03.11.	Soyuz-TMA10M /36S Soyuz-TMA10M	Track & TLD detectors	DOSIS-3D, 4 th increment
2013.09.25. 2014.03.11.	Soyuz-TMA10M /36S Soyuz-TMA10M /ISS	Track & TLD detectors	TRITEL-RS-2, SM
2013.09.25. 2014.05.14.	Soyuz-TMA10M /36S Soyuz-TMA11M /37S	Track & TLD detectors	DosMap4-SM-Pirs-MRM2 SPD-10
2014.03.25. 2014.09.11.	Soyuz-TMA12M /38S Soyuz-TMA12M/ISS	Track & TLD detectors	DOSIS-3D, 5 th increment

Mikrometeorit-csapdák

- **KFKI kutatóreaktor, aktivációs analízis**
- **Mikrometeoritok**
- **„Tánya” passzív mikrometeorit csapdák**
 - az első magyar űrbe juttatott eszközök
 - Vertyikál-1 és -2 (1970, 1971) rakétaszondák
 - Interkozmosz-6 (1972) visszatérő műhold
- **A Luna-16 (1970) holdszonda által gyűjtött holdkőzet-minták elemzése**

„Tánya” mikrometeorit csapda



Mikrometeorit detektorok

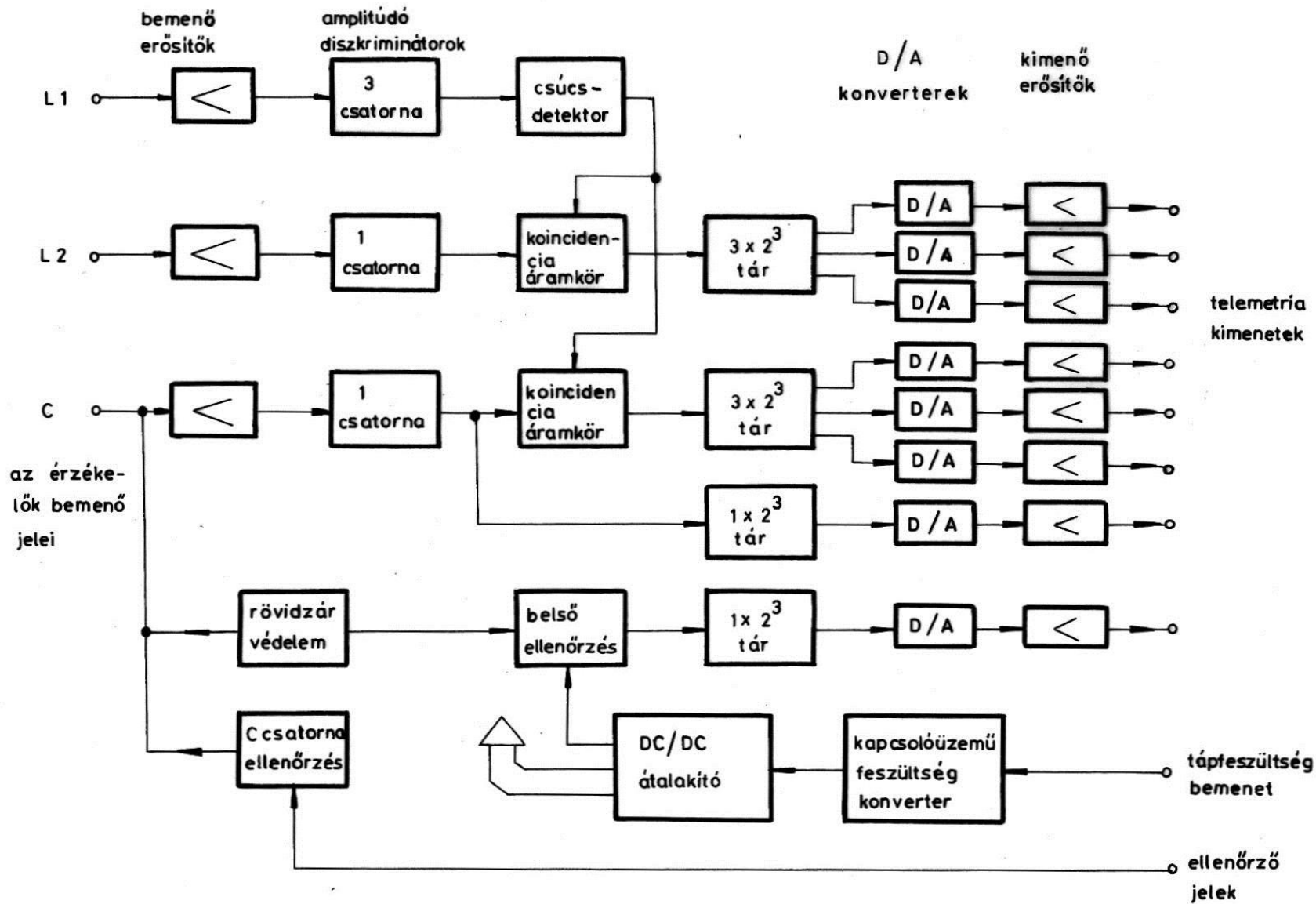
- **Mikrometeoritok paramétereinek fedélzeti mérése elektronikus érzékelőkkel**
- **Nemzetközi együttműködés**
 - **detektorok: GEOHI (Moszkva), Prágai Csillagvizsgáló Intézet**
 - **elektronikus egység: KFKI AEKI**
- **KFKI AEKI, Űrelektronikai Csoport (1970)**
- **Szinte nulláról indulva, kevés diákköri tapasztalat**
- **Vizsgáló-eszközök létrehozása (termo-vákuum kamra)**
- **Technológia kifejlesztése (vargabetűk)**

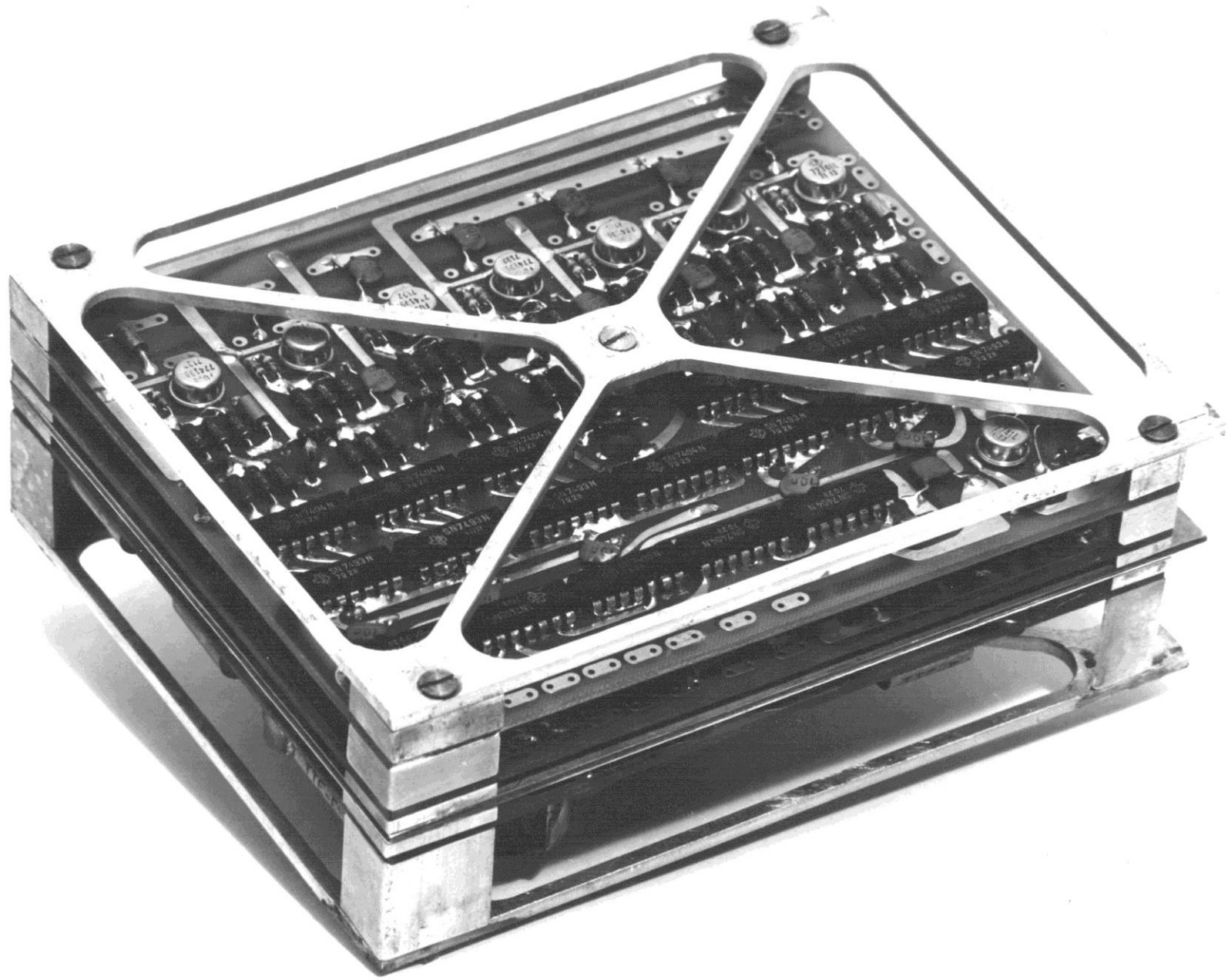
Űr-követelmények

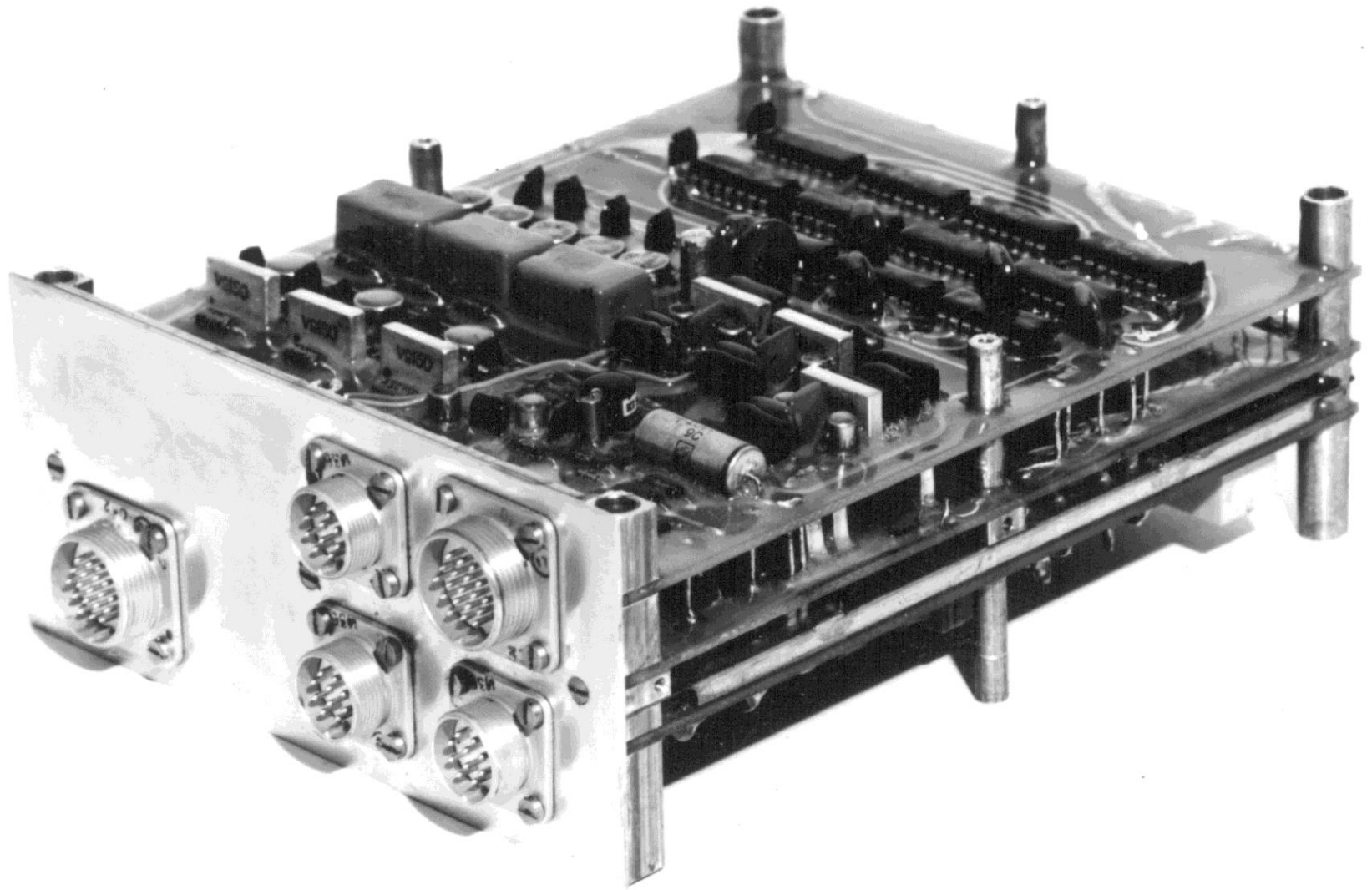
- **Általános követelmények**
 - kis méret
 - kis tömeg ($>10\text{e}\$ / \text{kg}$)
 - extrém környezet (vákuum, súlytalanság, széles hőmérséklettartomány)
 - hosszú élettartam, extrém nagy megbízhatóság
- **Mechankai követelmények felbocsátáskor**
 - nagy statikus gyorsulás
 - széles frekvencia-spektrumú vibrációs terhelés
- **Hőtani követelmények vákuumban, súlytalanságban**
 - konvekció hiánya – csak hővezetés és –sugárzás
- **Elektronikai követelmények**
 - kis fogyasztás
 - széles tartományban változó egyenfeszültségű táplálás
 - földhurkok elkerülésére DC/DC elválasztás
 - nagy megbízhatóság

Mikrometeorit detektor elektronika

- **Mérési feladat**
 - detektorok tápellátása
 - jelfogadás, esemény-számlálás / tárolás, koincidencia-detektálás
 - analóg TM-csatornákra való illesztés DC-elválasztással
 - fedélzeti parancsok fogadása, feldolgozása
 - EMC-követelmények kielégítése
 - földi ellenőrzőpult
- **Alkatrész-bázis, elektronikai megoldások**
 - tranzisztorok, TTL IC-kből sorrendi hálózat, D/A-k diszkrét elemekből, REMIX hibrid IC-k
- **Technológiai példány: K-1-2**
- **Első, végleges változat: K-1-3**
 - Interkozmosz-12, -14 műholdak (1974, 1975)
 - az első magyar elektronikai eszköz a világűrben
- **Továbbfejlesztett változat: K-1-4**
 - Interkozmosz-17 műhold (1977)









1

2

5

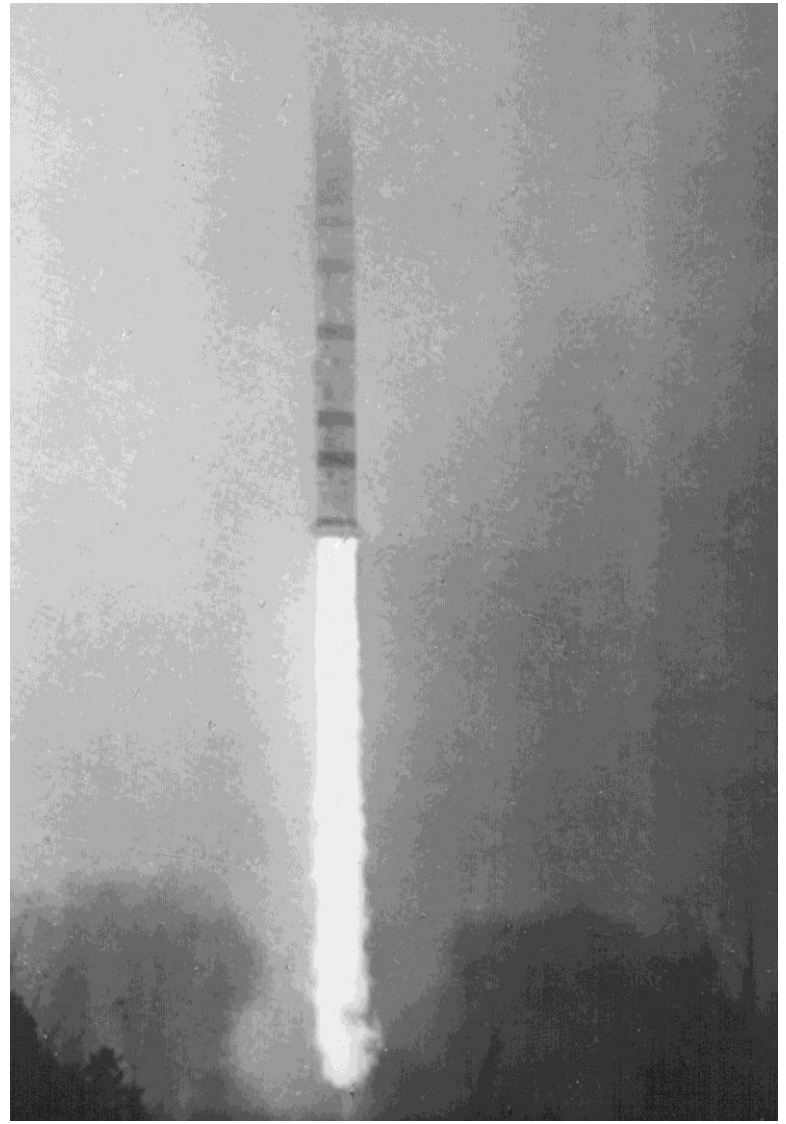
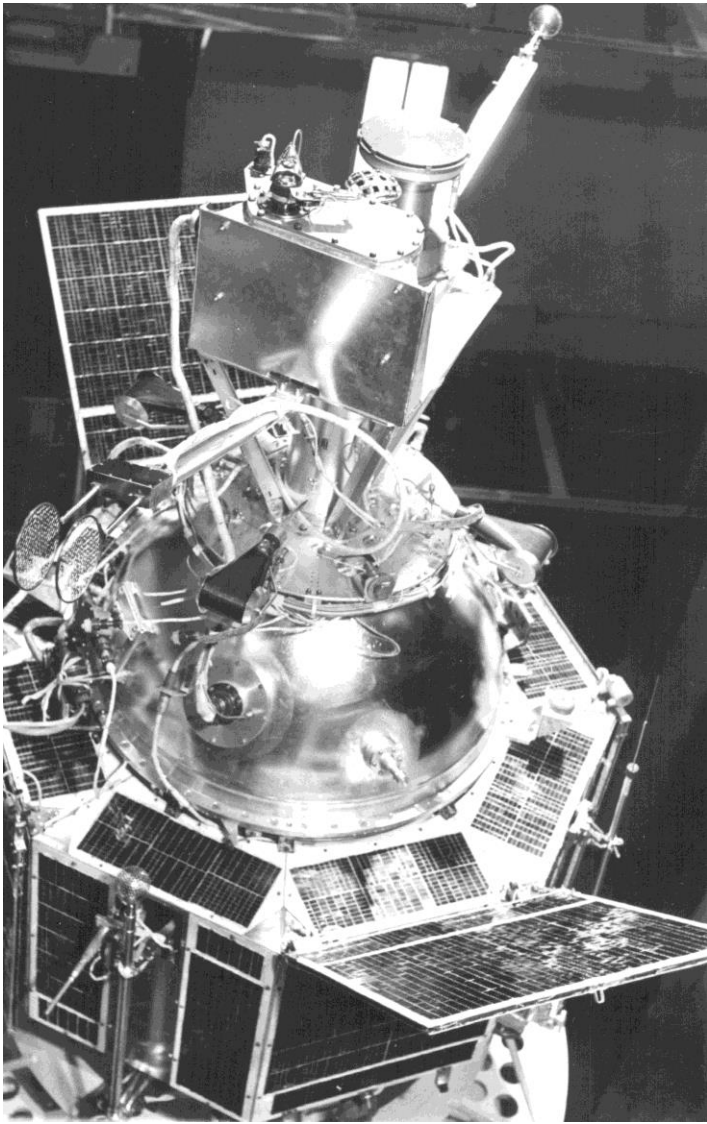
3

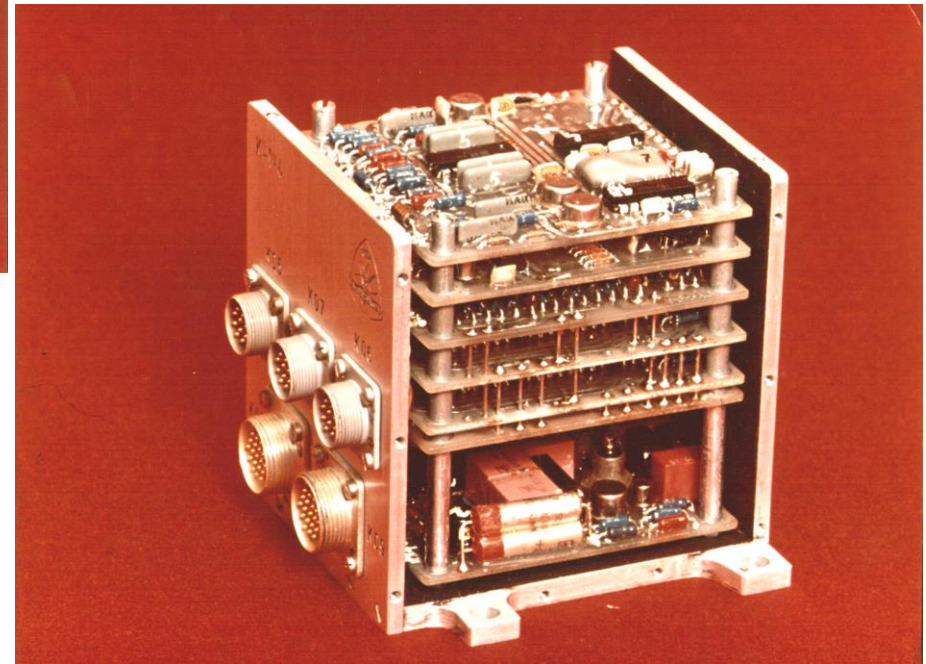
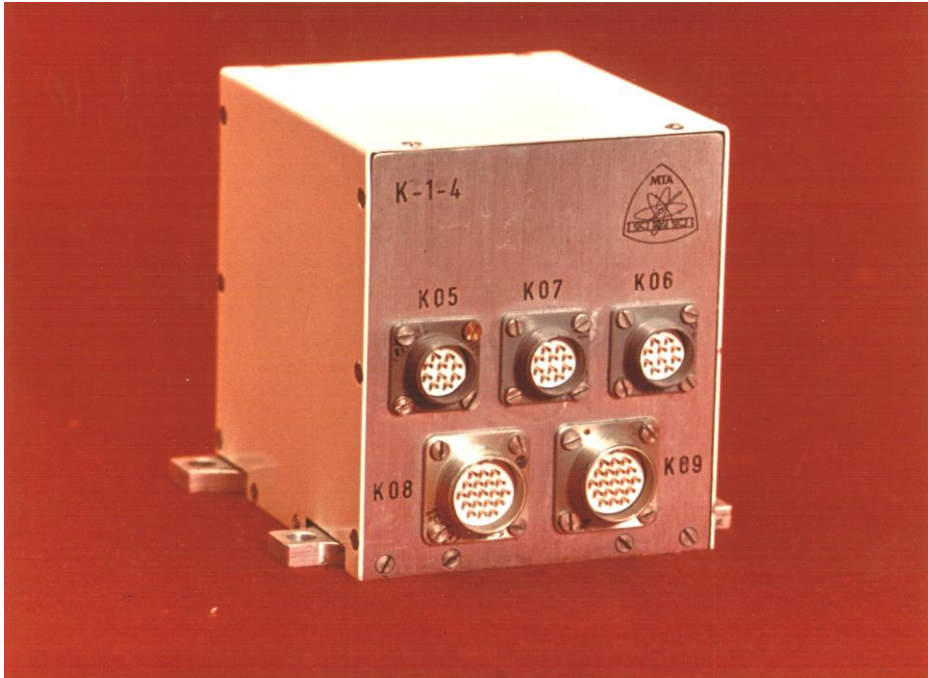
4

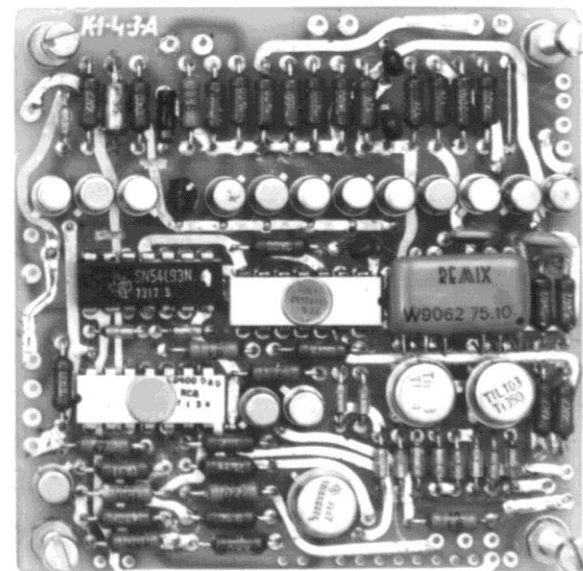
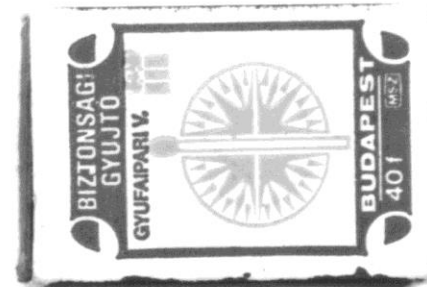
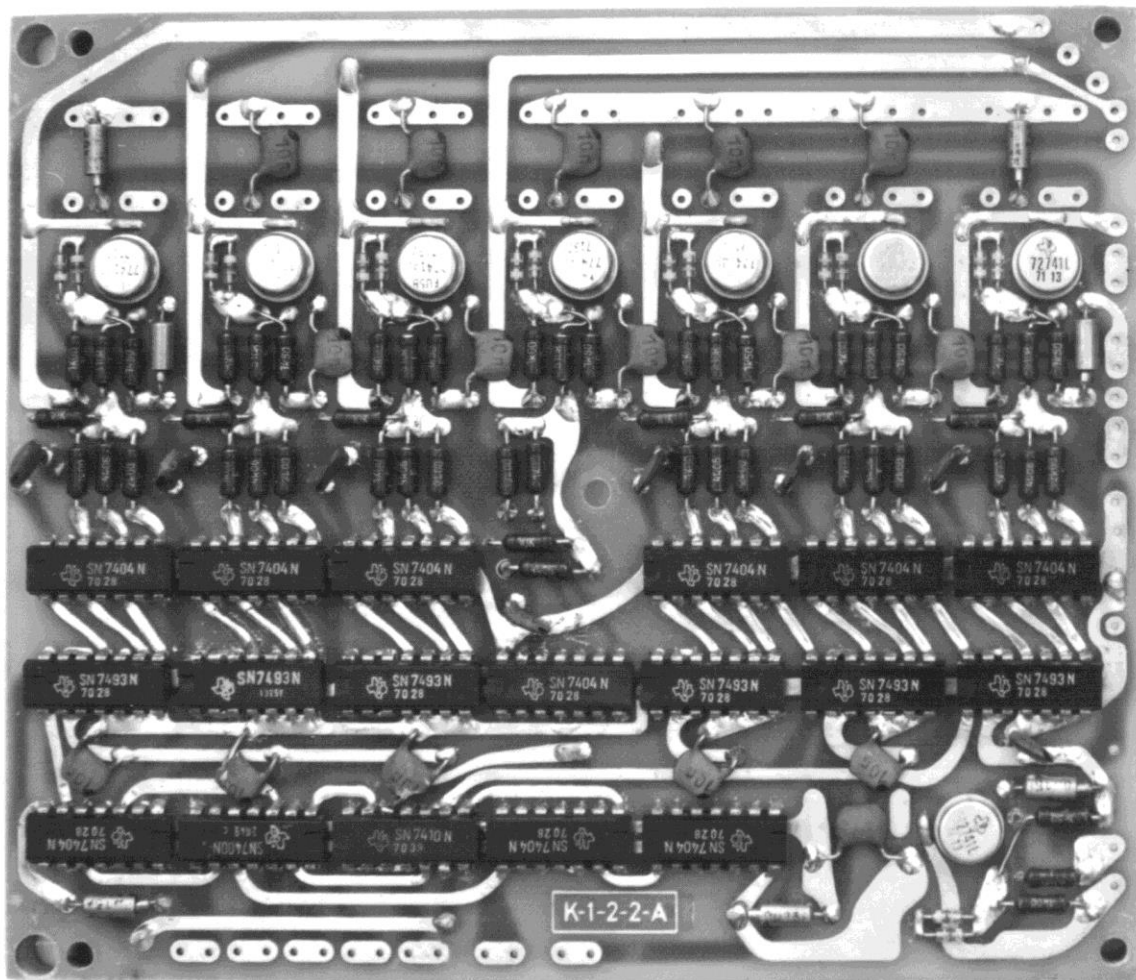
k-1-3/2

MADE IN HUNGARY





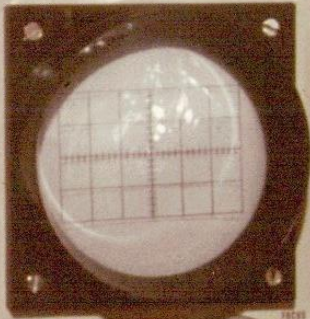




TV KIMIC II

19-4351/9901

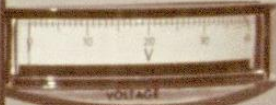
1970-43



POWER SUPPLY TESTER



SUPPLY CURRENT



VOLTAGE

Control knobs for the power supply tester, including 'SUPPLY' (0-30) and 'MEAS.' (+5V, +12V, +15V).

LOGIC TESTER



CHANNEL LEVELS

Control knobs for the logic tester, including '+0.5V' and 'INPUT COMPENSATION'.

Control knobs for the logic tester, including 'OUTPUT' and 'INPUT SIGNAL'.

CAPACITOR SHORT CIRCUIT

EXT. COMMAND MODE TESTER

Buttons and a knob for the external command mode tester, labeled 'COMMAND SIGNAL', 'DOWN SIGNAL', and 'TEST'.

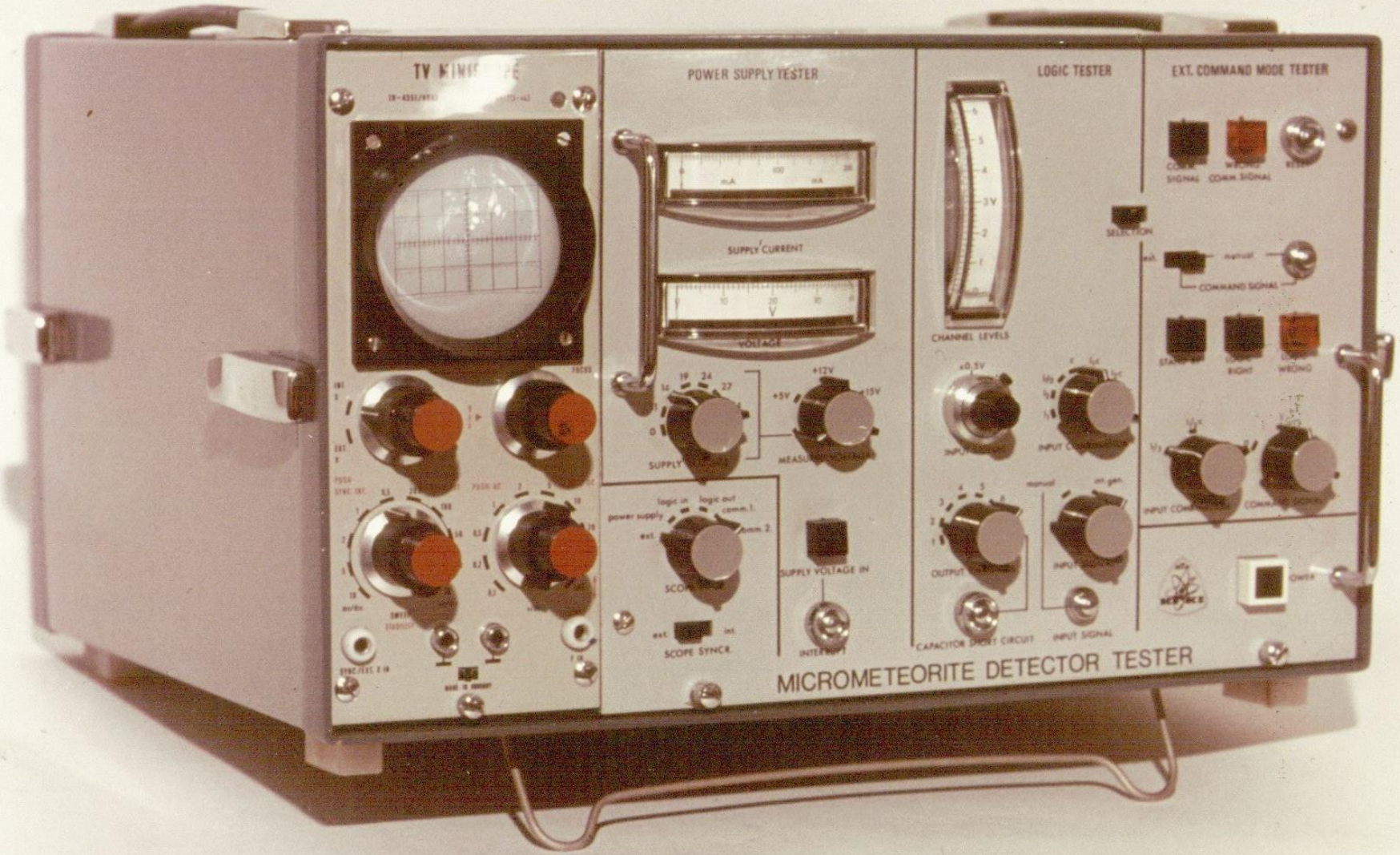
Buttons and a knob for the external command mode tester, labeled 'SELECTION' and 'COMMAND SIGNAL'.

Buttons for the external command mode tester, labeled 'START', 'RIGHT', and 'WRONG'.

Control knobs for the external command mode tester, labeled 'INPUT COMPENSATION' and 'COMMAND SIGNAL'.

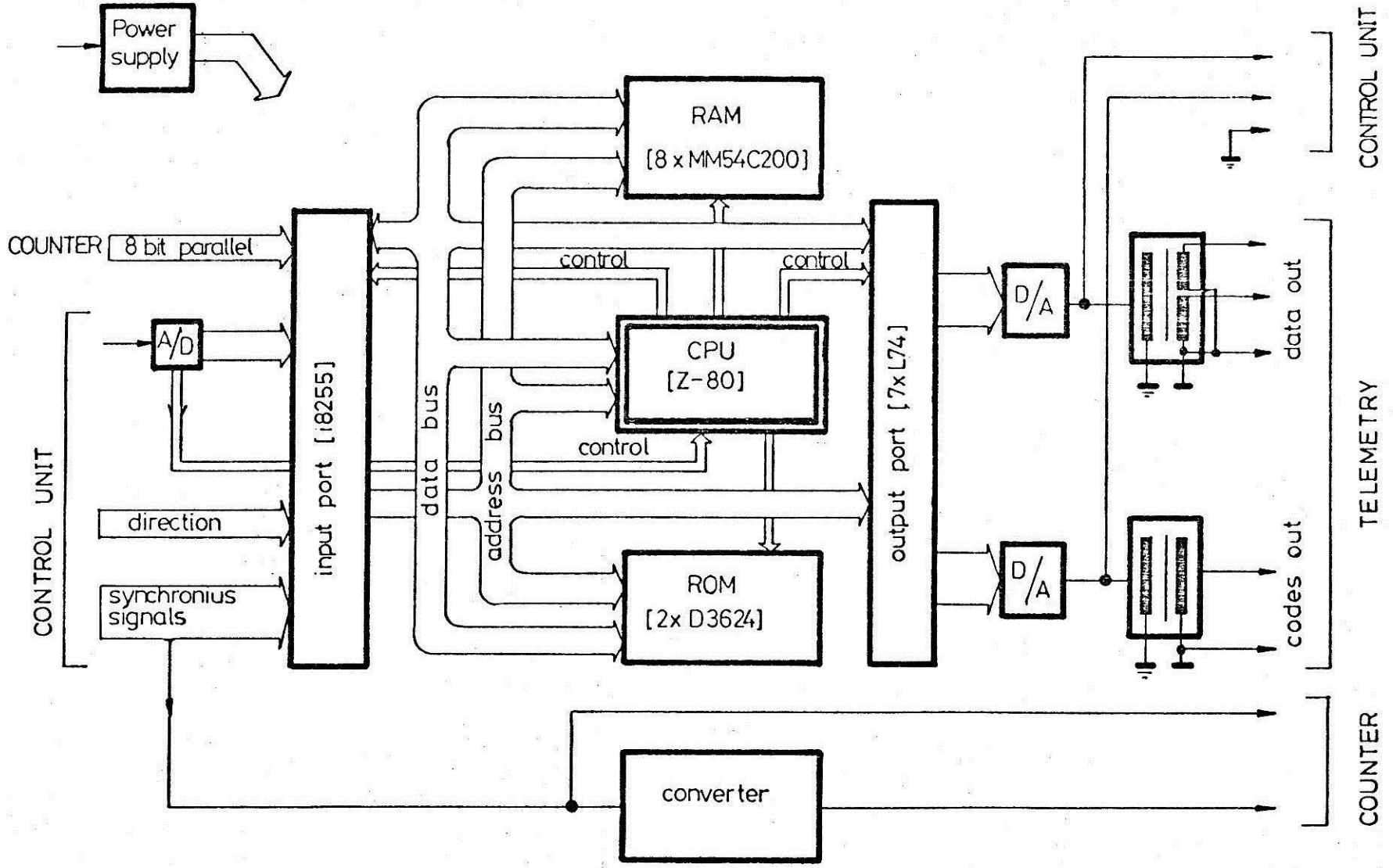
A power switch and a logo for 'KIMIC'.

MICROMETEORITE DETECTOR TESTER



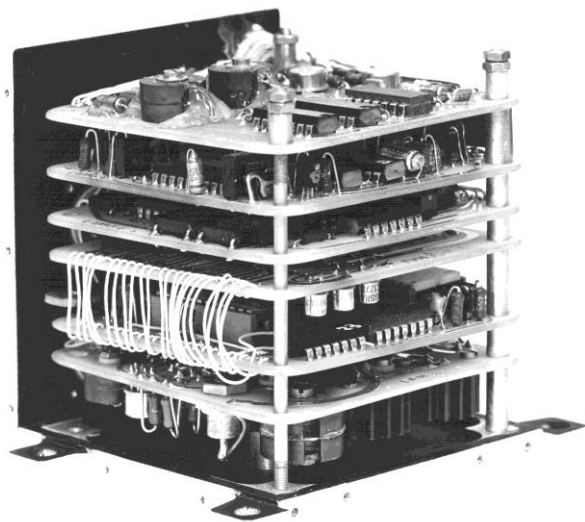
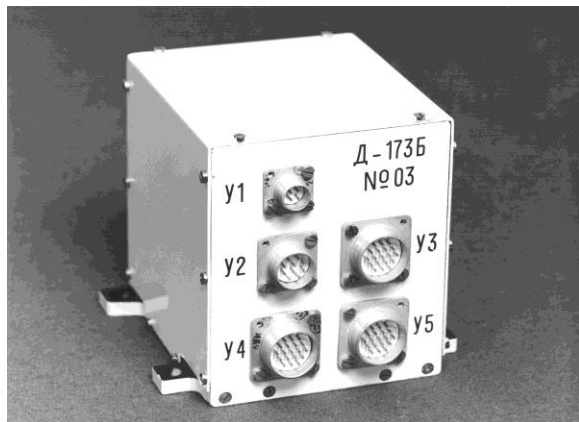
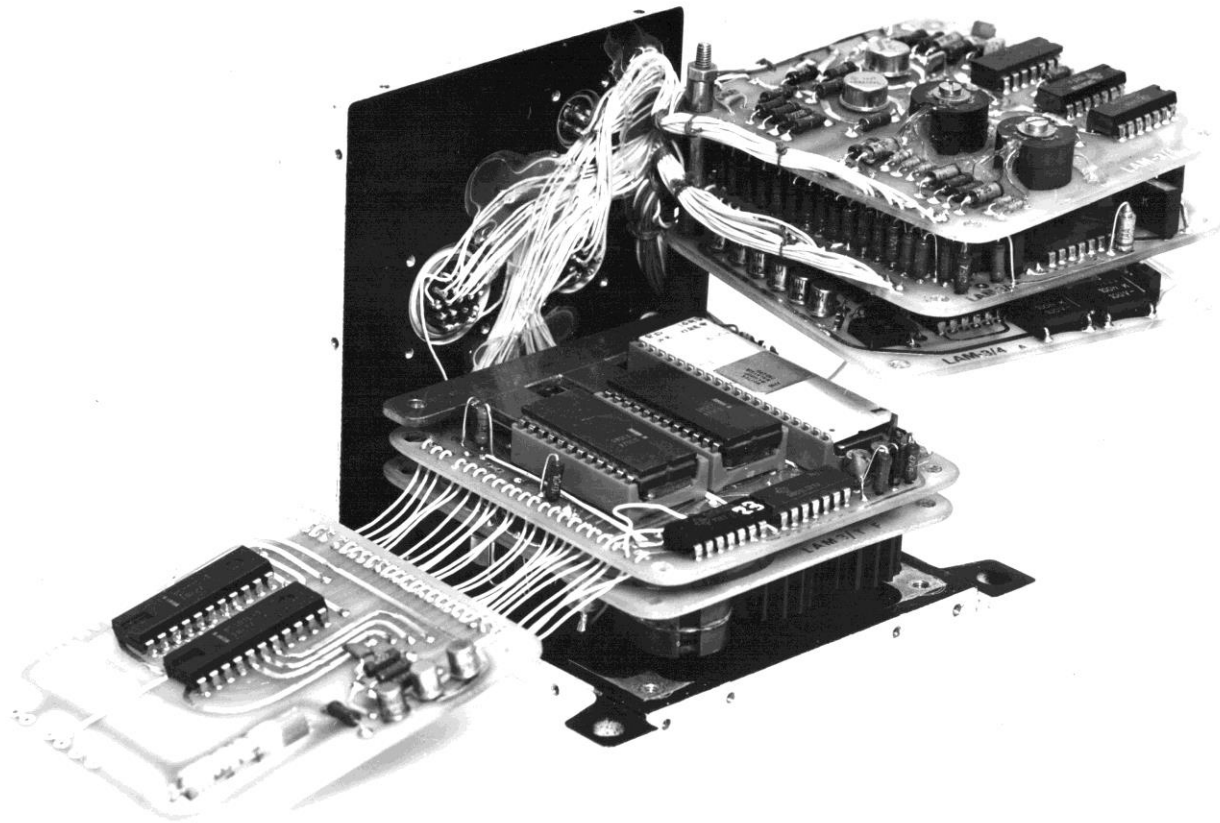
Töltött részecske detektorok

- Földi magnetoszféra, ionoszféra
- Napszél, kölcsönhatás égitestekkel
- Kapcsolat a GGKI-val → IKI-vel
- DB-173 irányérzékeny napszéldetektor elektronikai egység (IKI, Ógyallai Obszerv.)
- Prognóz-7 műhold (1978)
- Mérési feladat
 - digitális jelek fogadása, számlálása 16 detektorról
 - maximum-keresés, szelektálás, adattárolás
 - TM-csatornákra való illesztés DC-elválasztással
 - fedélzeti parancsok fogadása, feldolgozása
 - EMC-követelmények kielégítése
 - földi ellenőrzőpult



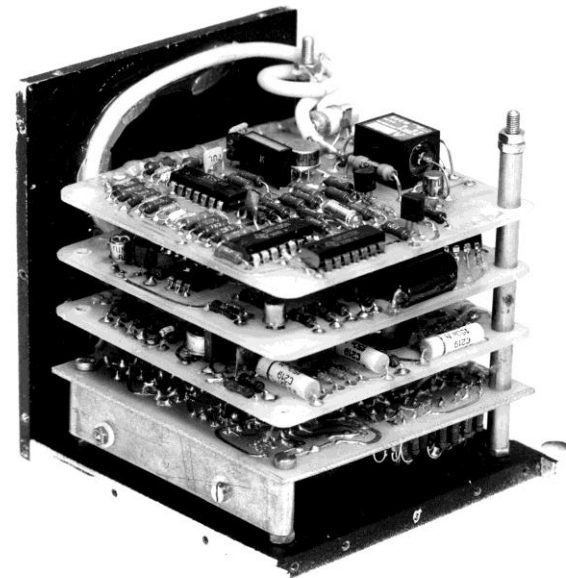
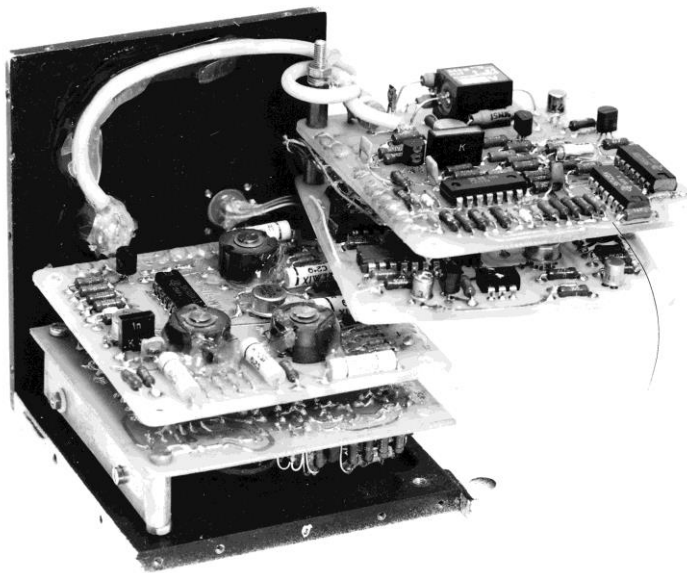
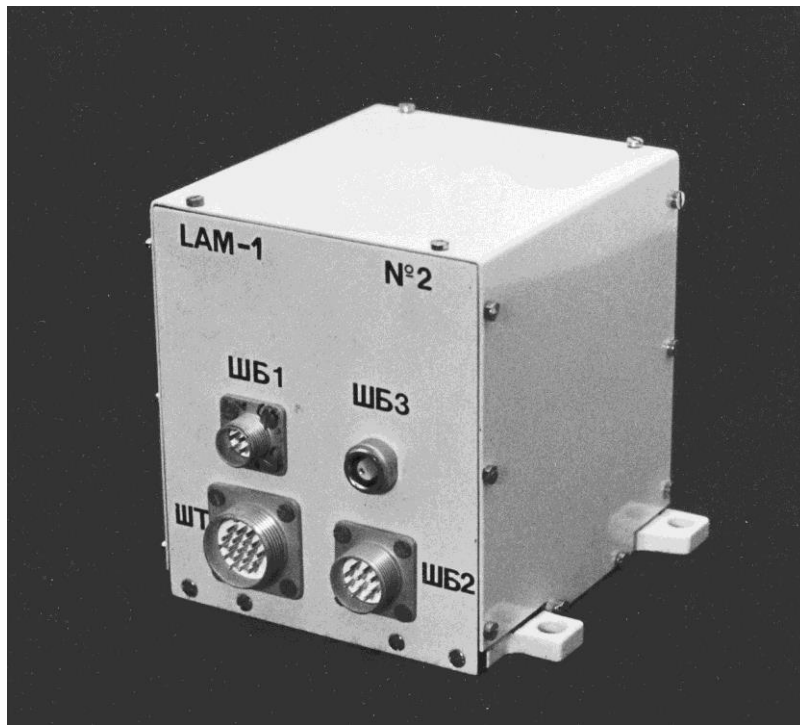
DB-173 elektronikai egység

- **Első mikroprocesszoros fedélzeti tudományos berendezés az Interkozmoszban**
- **Alkatrész-bázis, elektronikai megoldások**
 - Z80-as processzor
 - bipoláris TTL memóriák, logika
 - fogyasztáscsökkentés: memóriáknak tápfesz csak a CS idejére
 - processzor, memória hőhidas hűtése



Töltött részecske detektorok

- **Ionoszféra-mérések geofizikai rakétákkal (IKI, GGKI)**
 - LAM-1, -2 kisárammérő elektronikai egységek
 - Vertikál-6, -7, -10 (1977, 1978, 1981)
- **Mérési feladat, áramköri megoldások**
 - detektorok tápellátása; fűrészel-generálás
 - extrém kis áramok (pA, fA = 10^{-15} A) viszonylag nagy sebességű mérése
 - a kisméretű Gohmos visszacsatoló ellenállások hőfokfüggésének kompenzálása
 - automatikus méréshatárváltás miniatűr latch-reléekkel
 - TM-csatornákra való illesztés DC-elválasztással
 - fedélzeti parancsok fogadása, feldolgozása
 - EMC-követelmények kielégítése
 - földi ellenőrzőpult

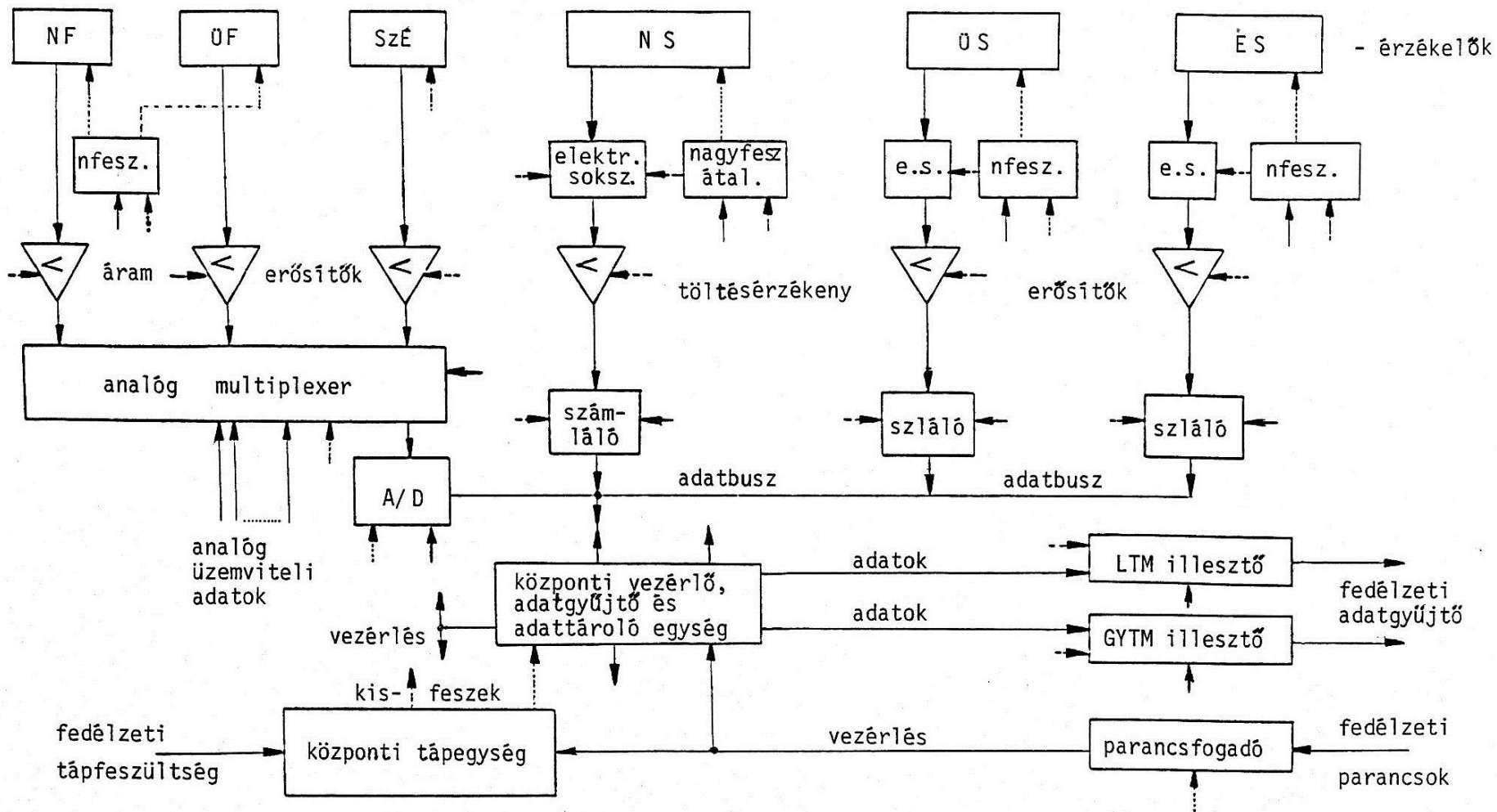


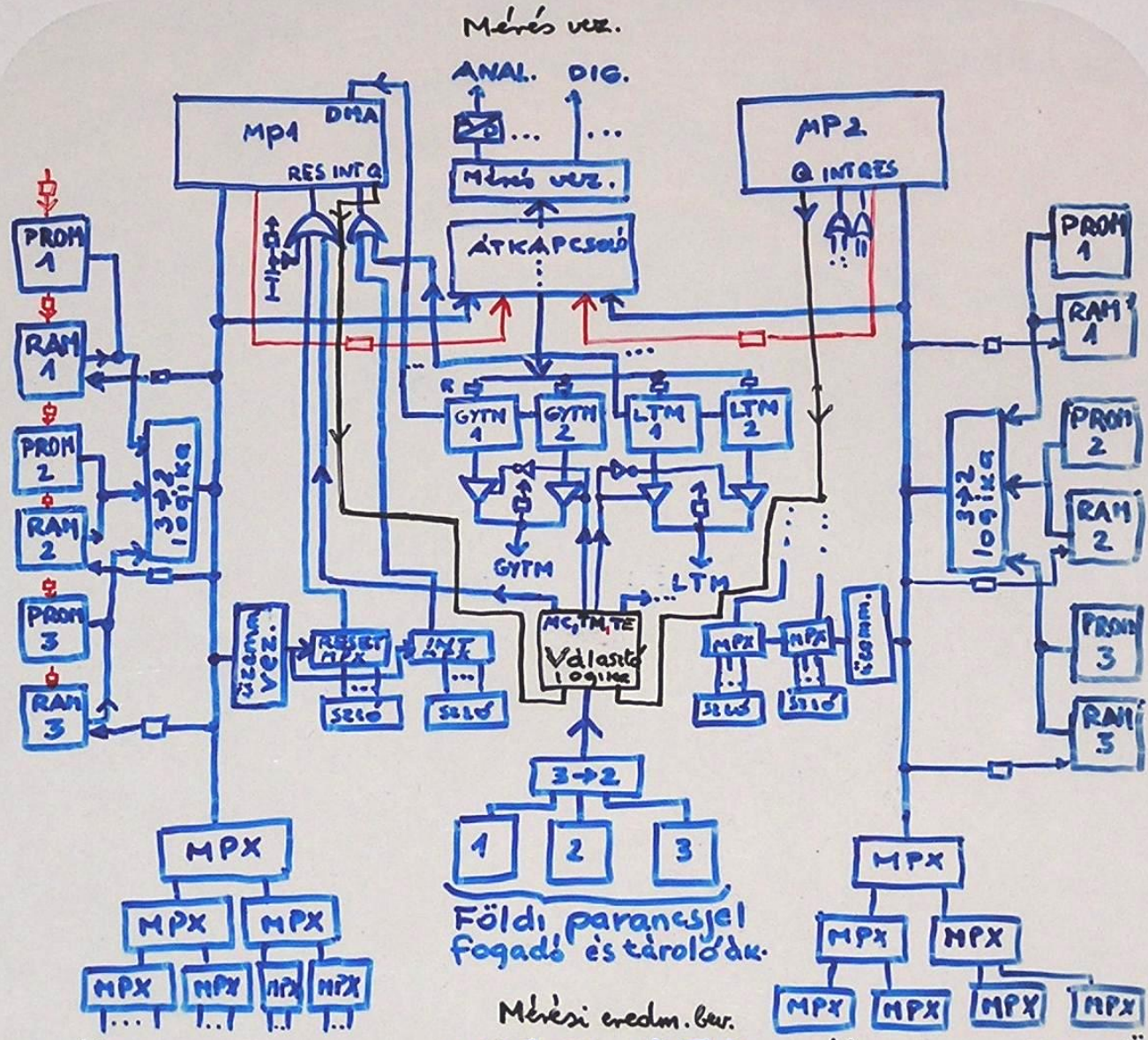
Töltött részecske detektorok

- **Töltött részecske detektorok a bolygóközi térben**
- **VEGA űrszondák**
 - a napszél és a Halley üstökös körüli plazma mérése
 - VEGA-1, -2 (1984-86)
 - a legnagyobb magyar űrvállalkozás
 - „Plazmag” kombinált detektor elektronika (+ BME)
 - felbocsátás Bajkonurból

„Plazmag” elektronikai egység

- Az általunk valaha készített legbonyolultabb berendezés
- Az általunk valaha készített legmegbízhatóbb berendezés
- **Mérési feladat**
 - 6 érzékelő jeleinek fogadása, feldolgozása: digitális jelek számlálása, pA-es áramok mérése
 - nagyfeszültségű tápok vezérlése
 - TM-csatornák kiszolgálása
 - fedélzeti parancsok fogadása, feldolgozása
 - autonóm működés
- **Áramköri megoldások**
 - RCA CDP1802-es CMOS mikroprocesszor – 3 gyártó termékeiből válogatva
 - UMDS HW-es és SW-es továbbfejlesztése
 - CMOS „beégetős” PROM-ok
 - CMOS RAM-ok, logikai IC-k
 - NVRAM: úrkvalifikált miniatűr latch-relék
 - hidegtartalékolt redundáns rendszer
 - rendszerenként 3/2 memória-készlet
 - mesterségesen öregbített, darabonként bevizsgált alkatrészek
 - reset másodpercenként,
- **Földi ellenőrzőpult**
 - RMKI által fejlesztett univerzális, modul rendszerű, mikroprocesszoros célelektronika saját specifikus célmodulokkal

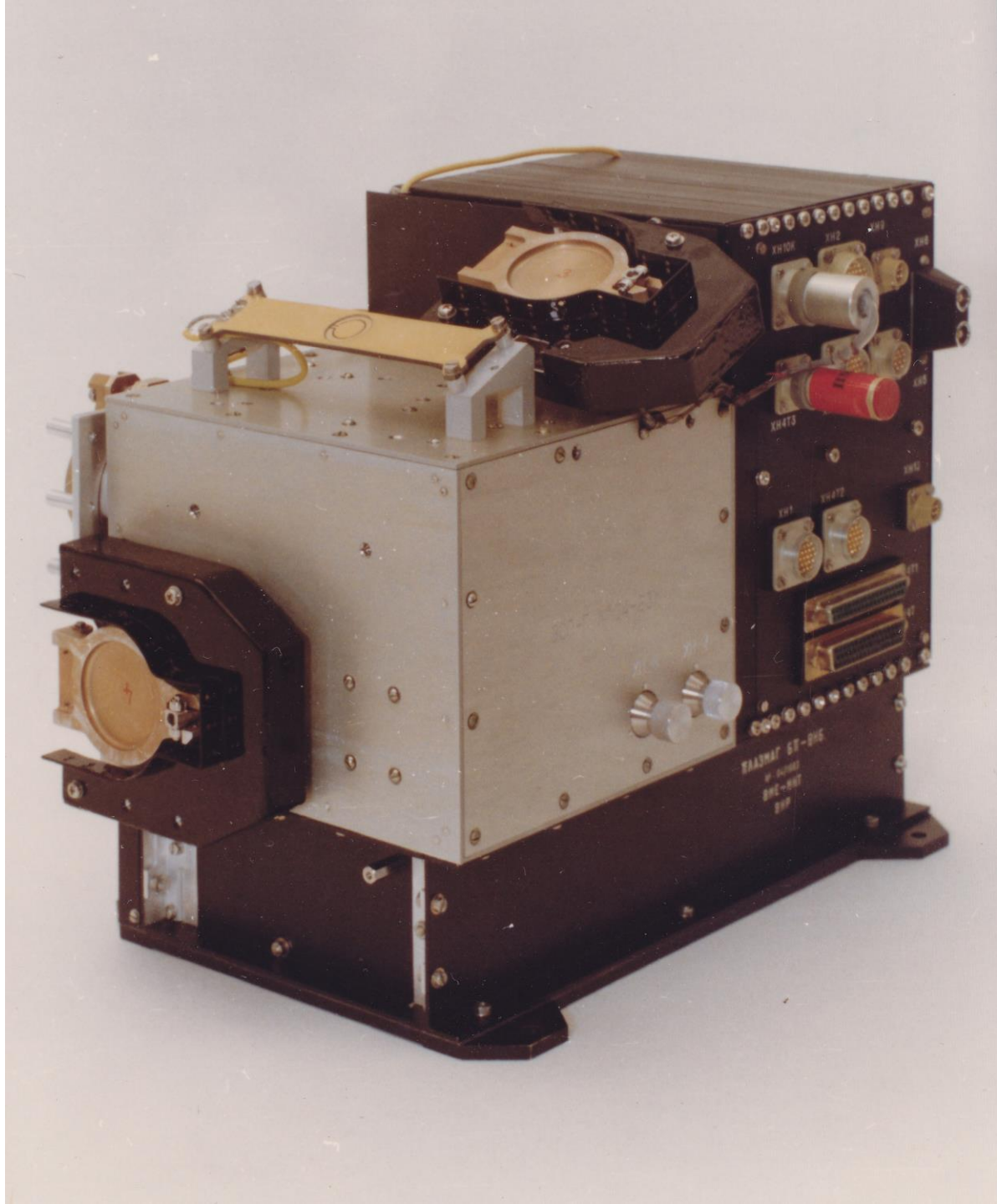




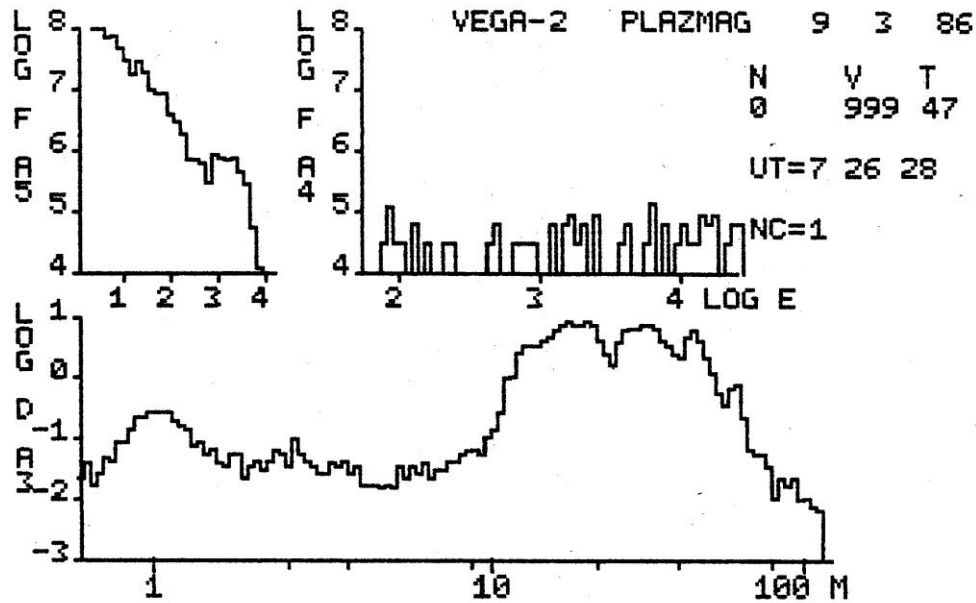
Mérés House - Földi Üzem
eredm.-k keeping parancsok and
adatok egy része select



Mérés House - Földi Üzem
eredm.-k keeping parancsok and
adatok egy része select







[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
 Ap'atly Jani
 Rank 3rd

sandri' sd'lor
 Mikaly Liozlo'

VEGA-2

PLASMAG-1

9 March 1986

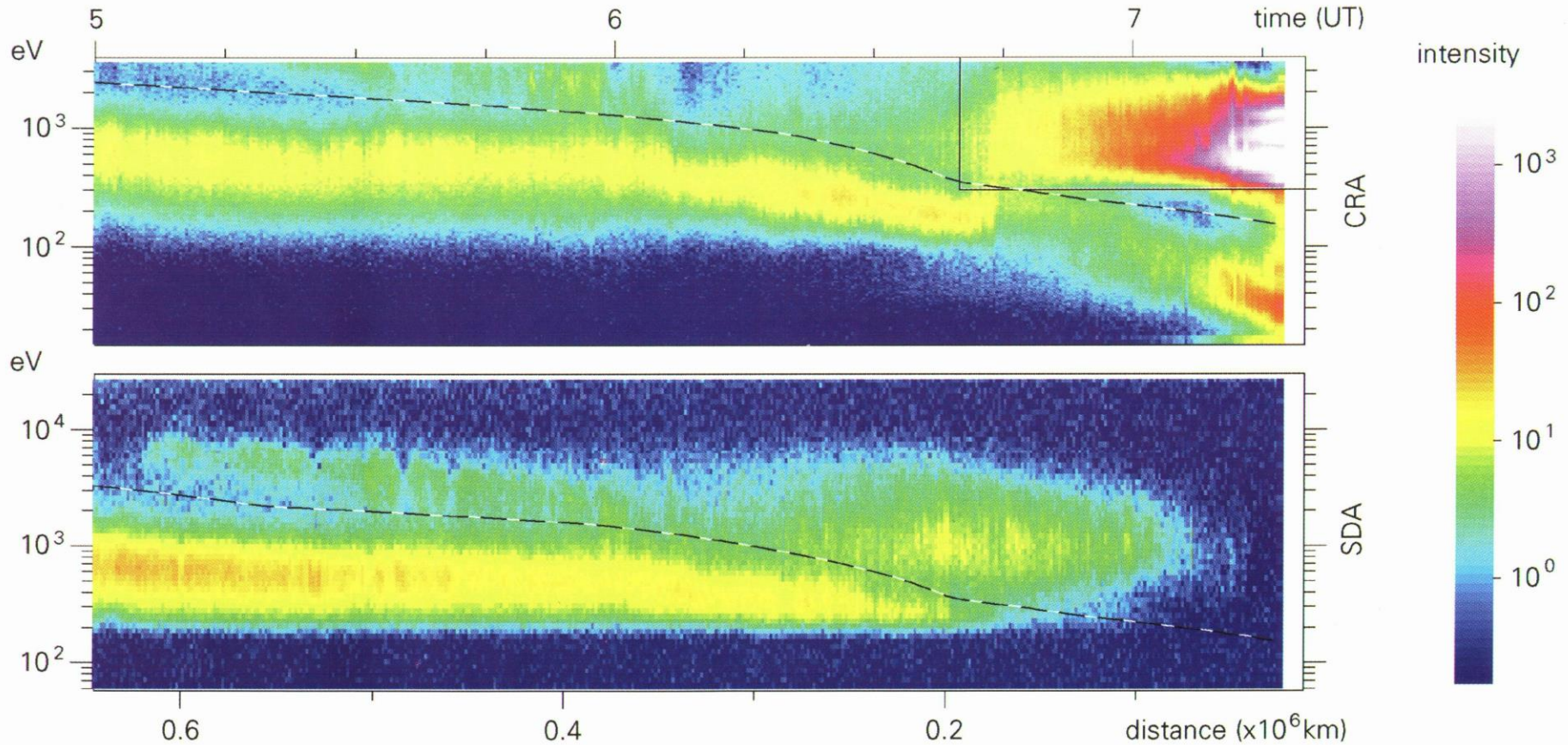


Fig. 1. Ion energy spectra measured in the ram (CRA) and solar (SDA) direction.

Amiről már nem beszélek

- Phobos űrszondák
- Pille dózismérő rendszer
- PorTL dózismérő
- Passzív dózismérők az ISS-en
- Rosetta / Philae mérőműszerek
- Bexus sztratoszféra ballonkísérletek
- Rexus rakétakísérlet
- TriTel félvezetőteleszkópos dózismérők
 - PC104 alapú vezérlőpult, **CF memóriakártya**, Ethernet, RS232, színes érintőképernyő, gyors A/D-k stb.

Készönöm a figyelmet!

Tudományos mérések magyar részvétellel a 67P/Csurjumov-Geraszimenkó üstökös felszínén

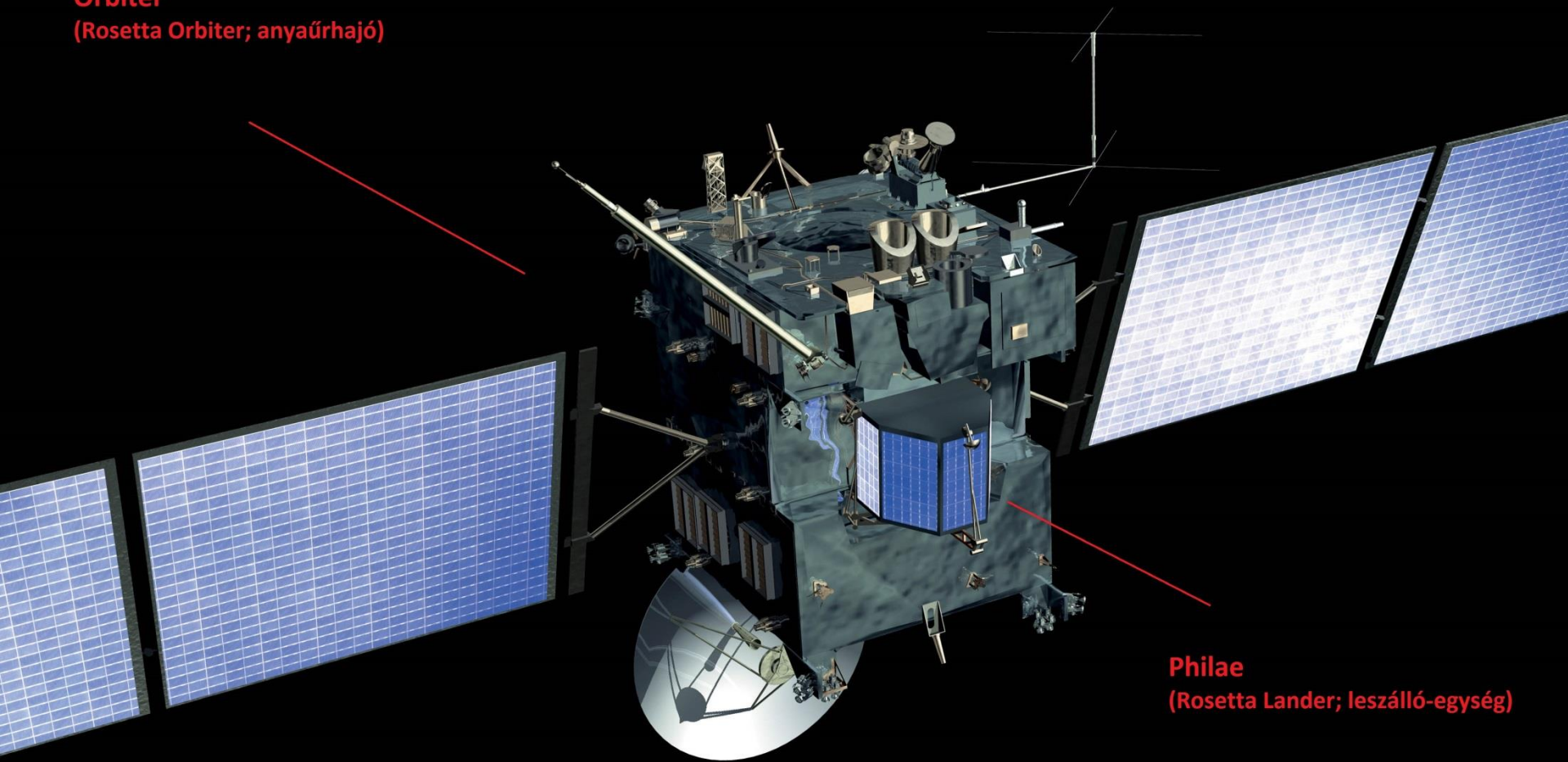
Apáthy István
MTA EK SVL
Űrdozimetriai Kutatócsoport

A Rosetta-misszió

- Az ESA egyik „corner stone” missziója (1993)
- Feladata a „67 P/Csurjumov-Geraszimenkó” (eredetileg a „46 P/Wirtanen”) üstökös tanulmányozása ~3,4 CsE-től napközelig
- Start: 2004; megérkezés: 2014
- Eszközei:
 - távmérő műszerek (Orbiter: keringő egység)
 - In-situ mérések (Lander: leszálló egység, Philae)



Orbiter
(Rosetta Orbiter; anyáűrhajó)



Philae
(Rosetta Lander; leszálló-egység)

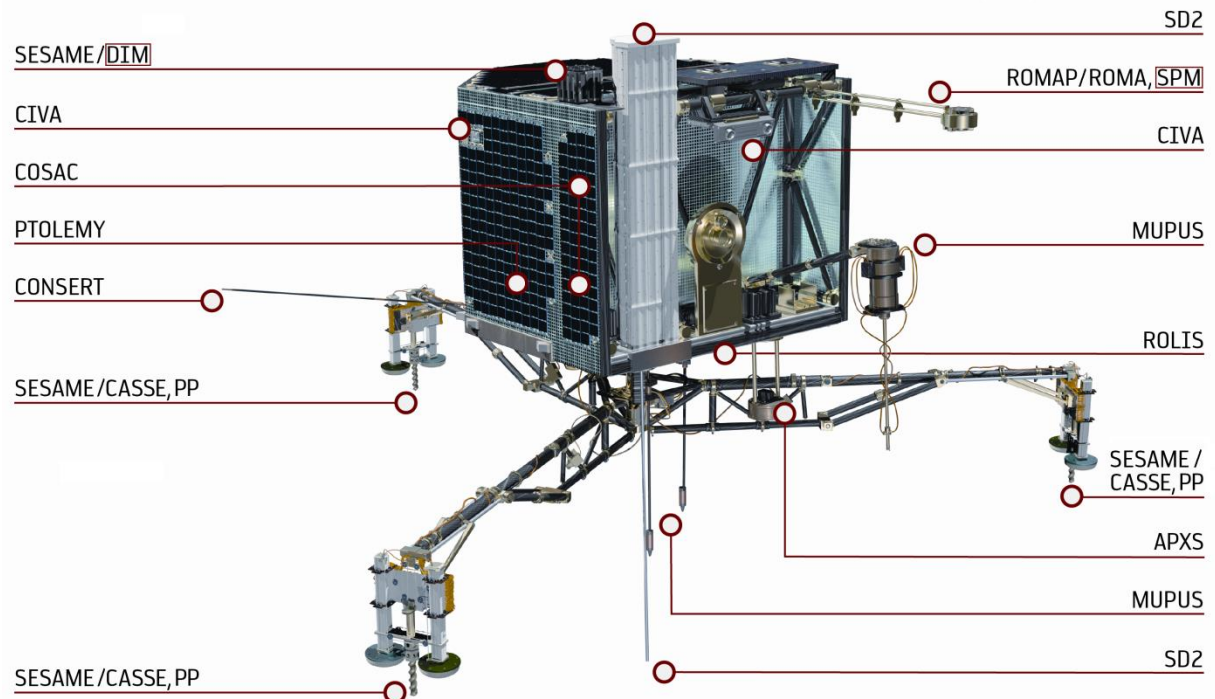
A Philae

- Tömeg: ≈ 100 kg (ebből a tudományos kísérletek): ≈ 21 kg
- Felépítés: hatszög alapú hasáb, szénszálás szendvics szerkezet
- Napelemek: 5 oldallapon és a fedőlapon
- A kísérletek érzékelői: a 6. oldallapon (balkon), a fenéken, a tető szélén

Méreték:

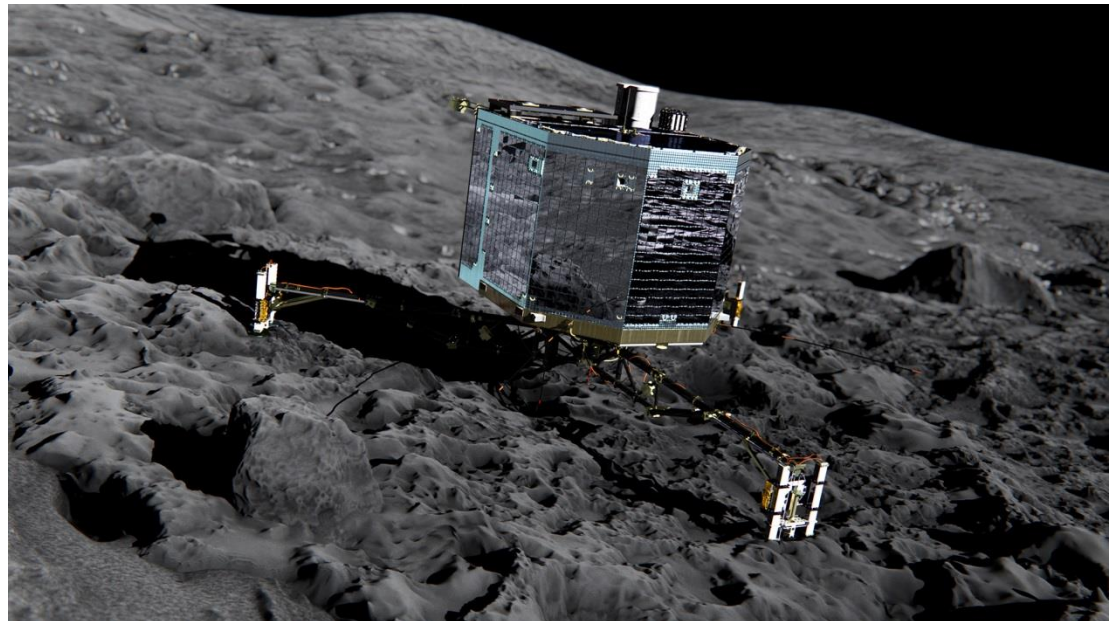
Alap-átló: ≈ 1 m

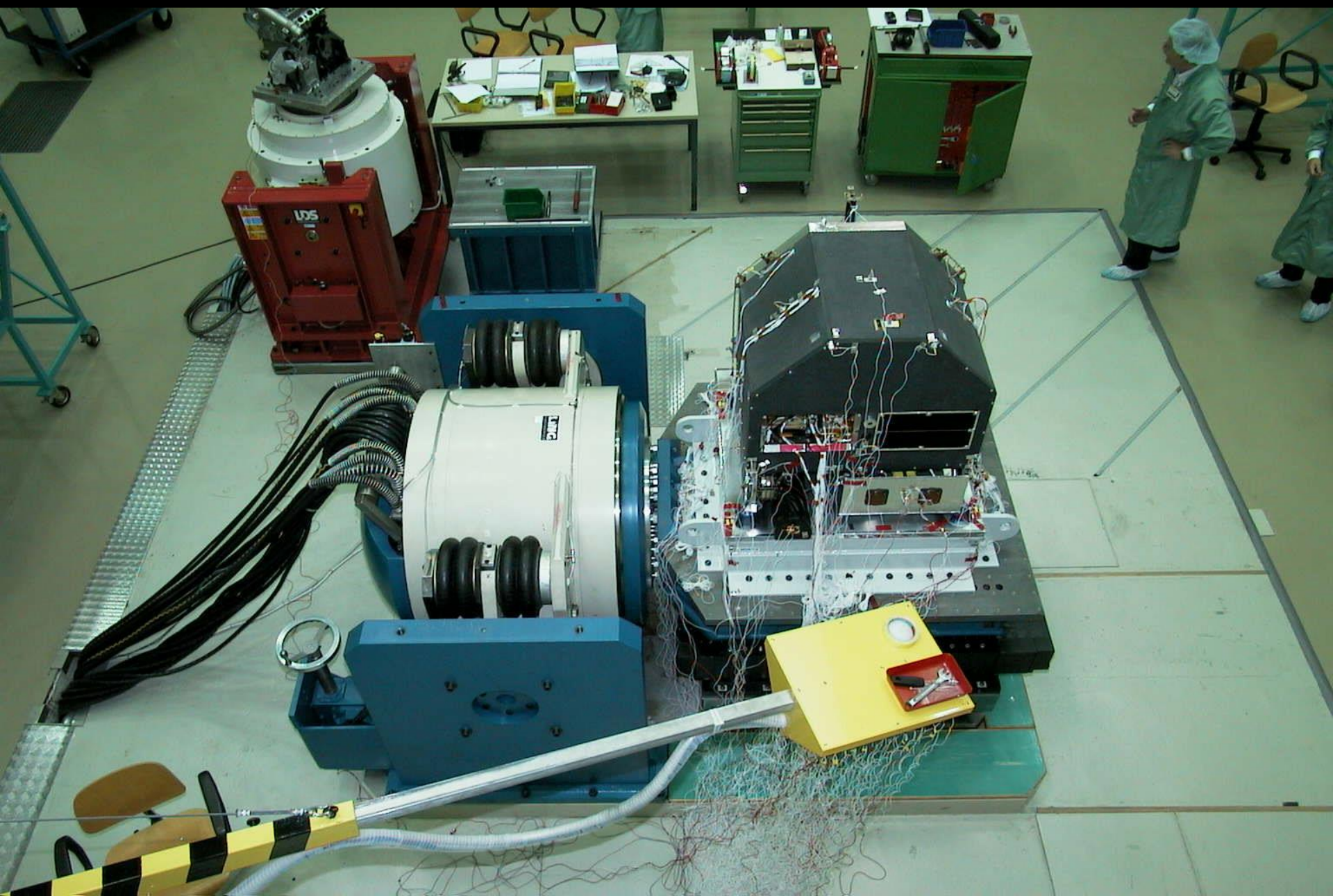
Magasság: $\approx 0,8$ m



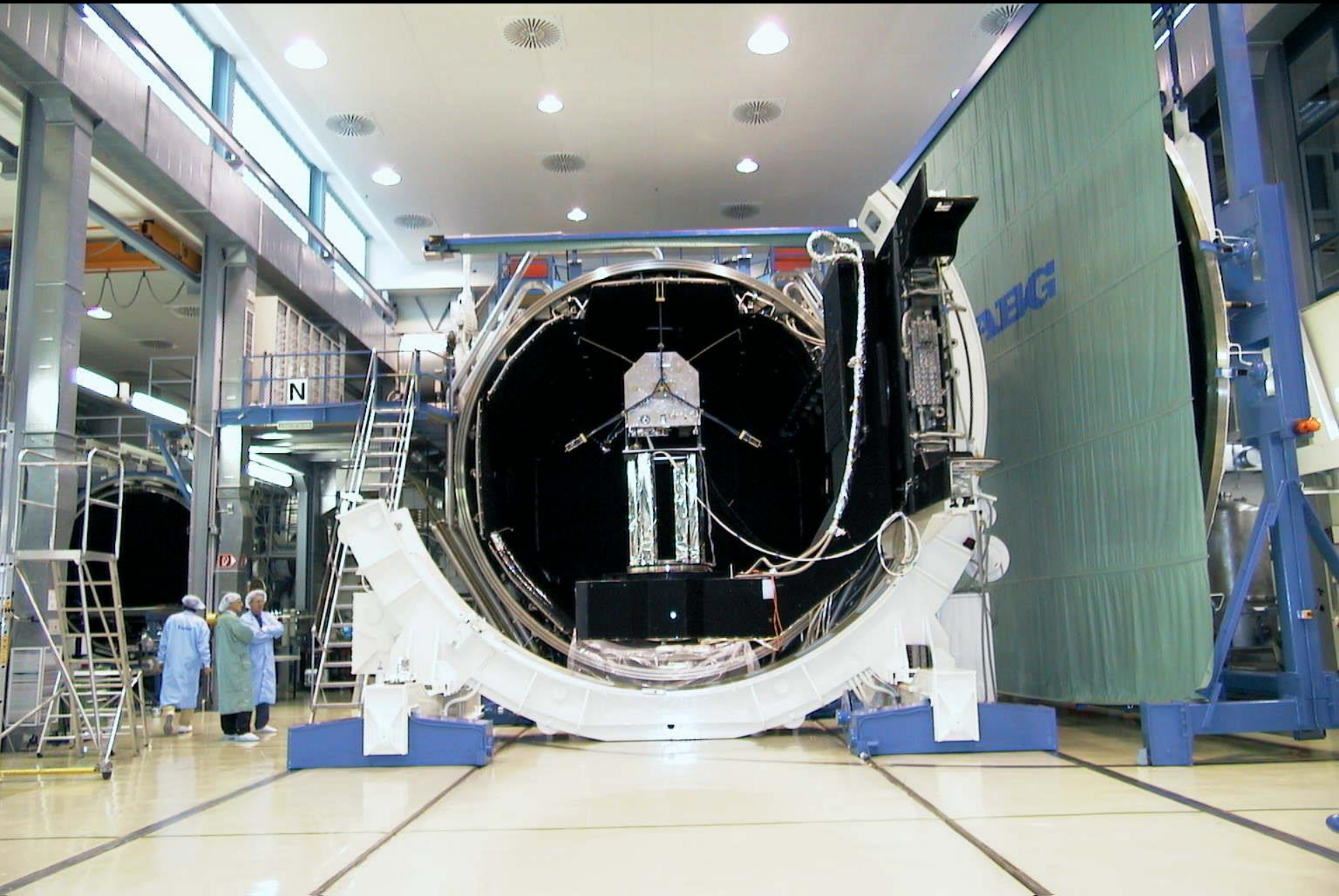
A Philae

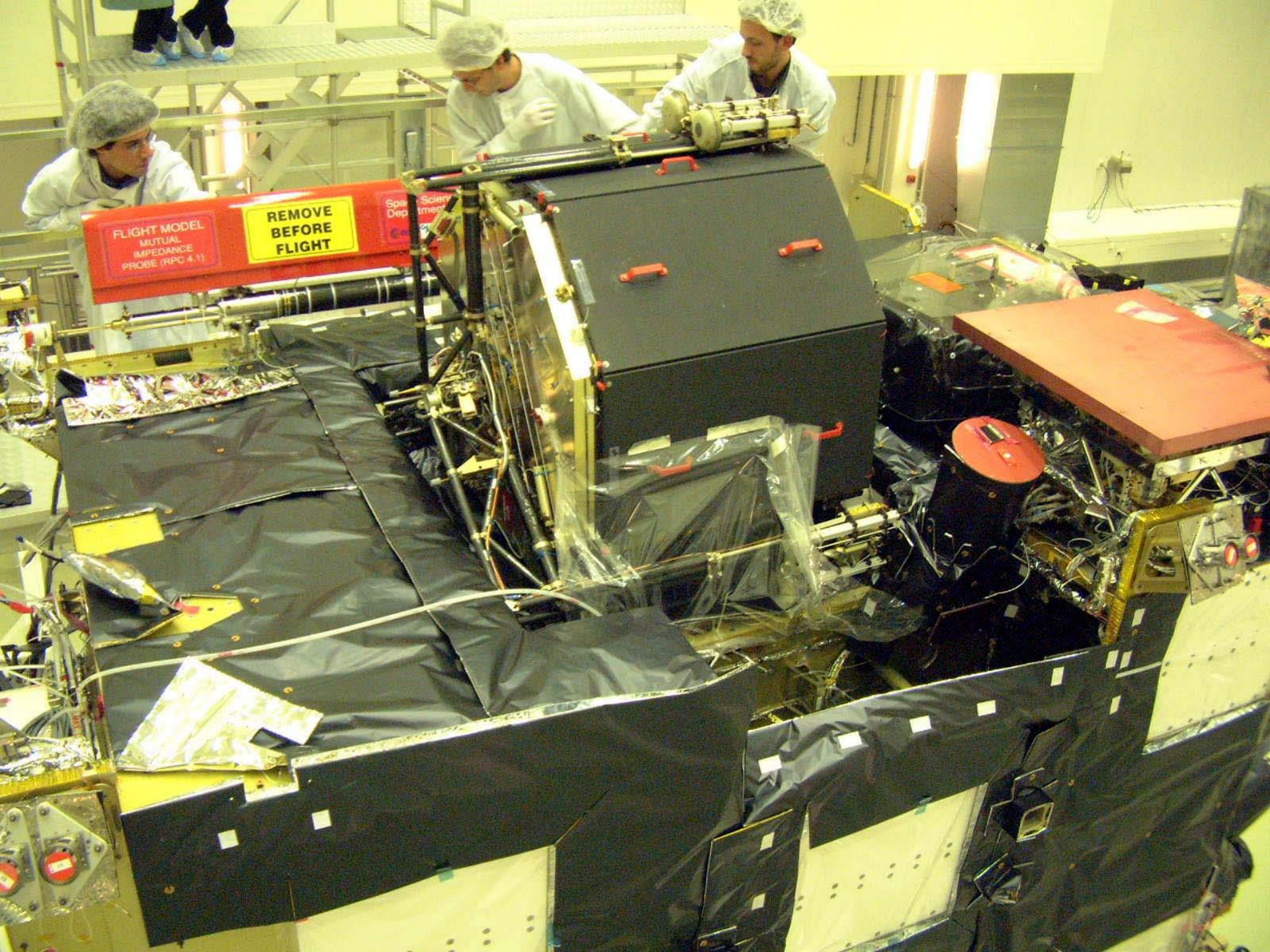
- Energiaellátás:
 - primer elemek, az első mérésekhez
 - napelemek (2,2 m² + akkuk, 32 W@3 AU); hosszú távú működtetés
- Adatátvitel: 16 kB/s (a keringőegységen keresztül)











FLIGHT MODEL
MUTUAL
IMPEDANCE
PROBE (RPC 4.1)

REMOVE
BEFORE
FLIGHT

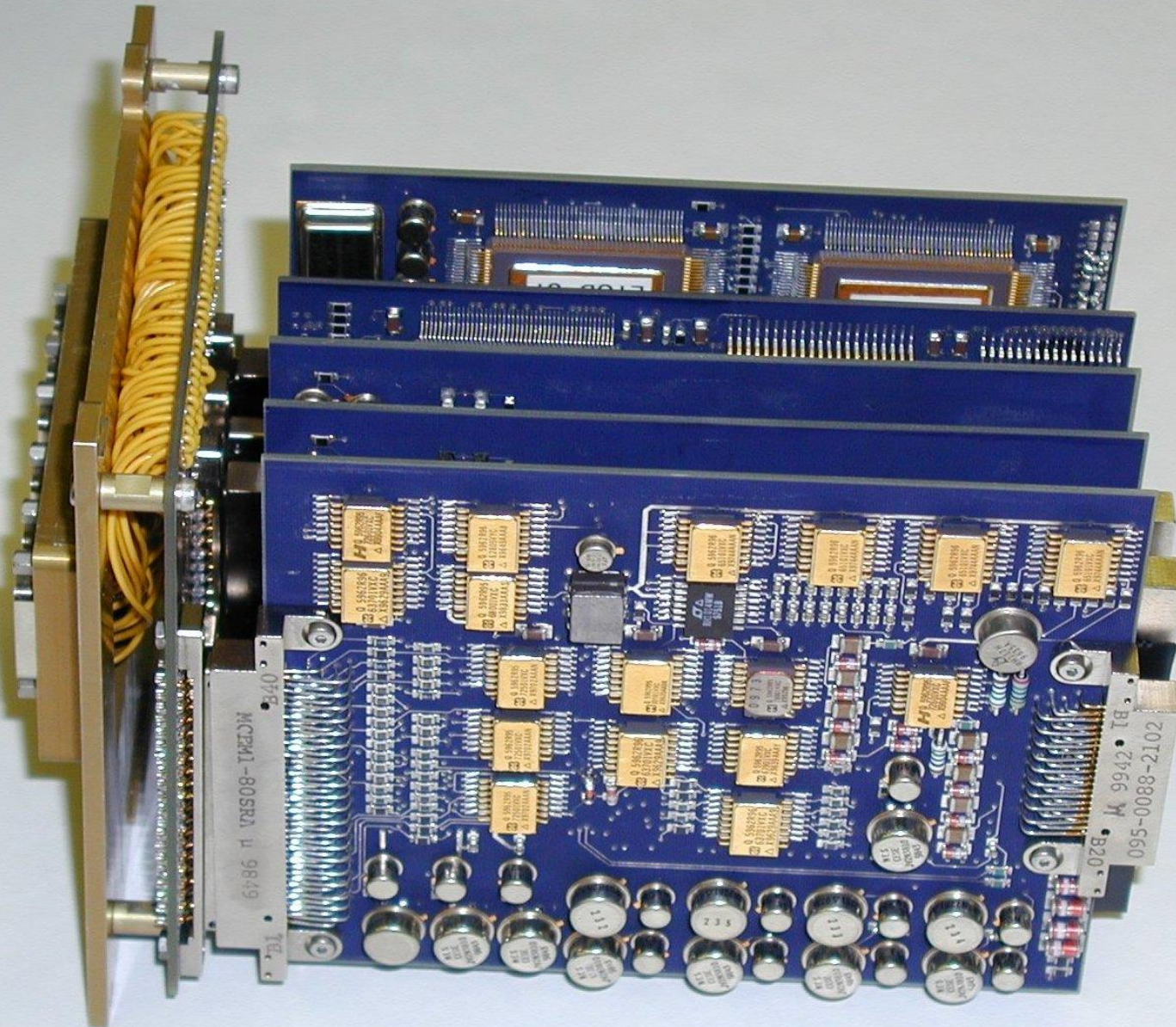
Spa
Dep
Sci
Dep
ment

Meghatározó magyar részvétel

- Szolgálati rendszer
 - tápellátó rendszer
BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
Úrkutató Csoport
 - hibatoleráns központi vezérlő és adatgyűjtő számítógép
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont
SGF Kft.
- Mérőműszerek
 - ROMAP / SPM
 - SESAME / DIM



Fedélzeti számítógép



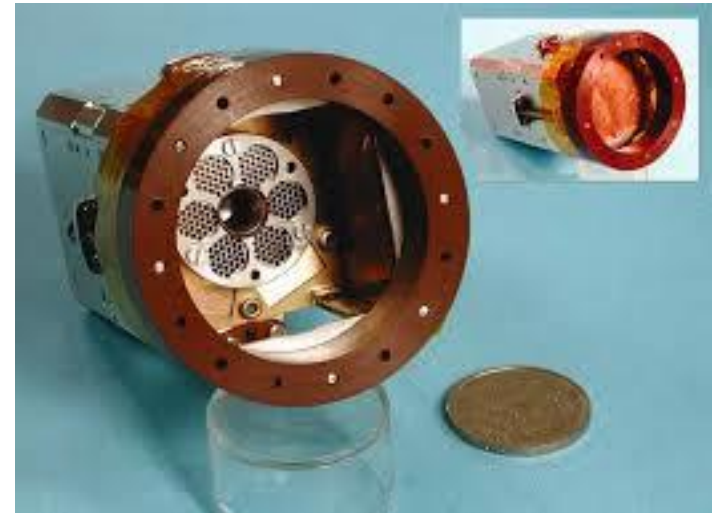
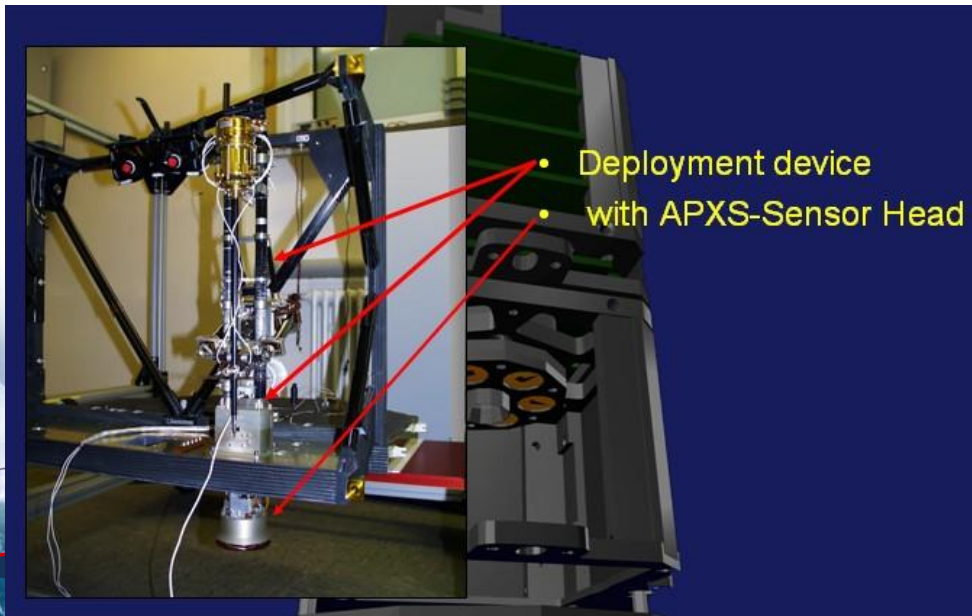
Repülés-irányítás

- ESOC (European Space Operations Centre, Darmstadt)
 - RMOC (Rosetta Mission Operations Centre)
 - RSOC (Rosetta Science Operations Centre)
- RLGS (Rosetta Lander Ground Segment)
 - LCC (Lander Control Center, DLR, Köln)
 - SONC (Science Operation & Navigation Center, CNES, Toulouse)



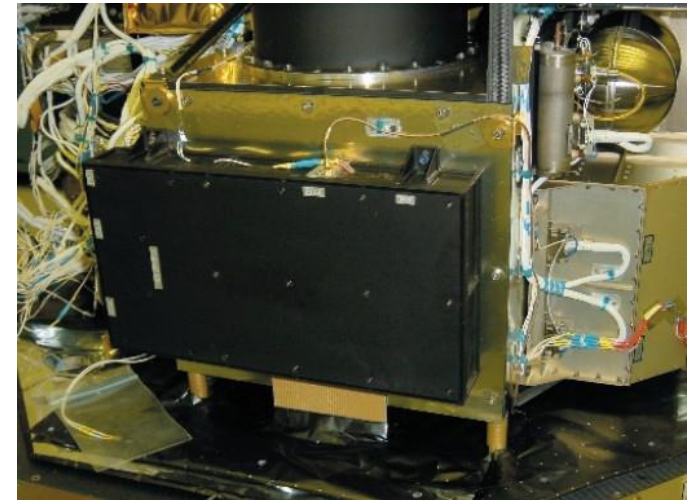
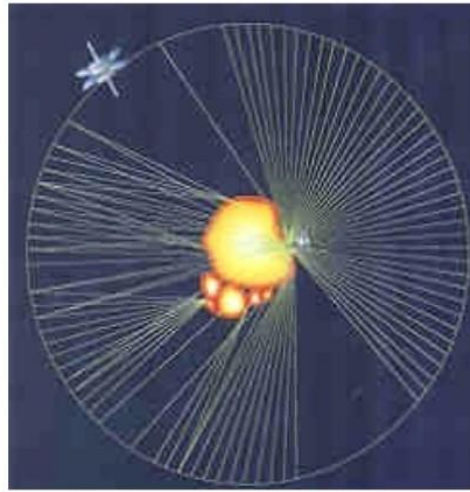
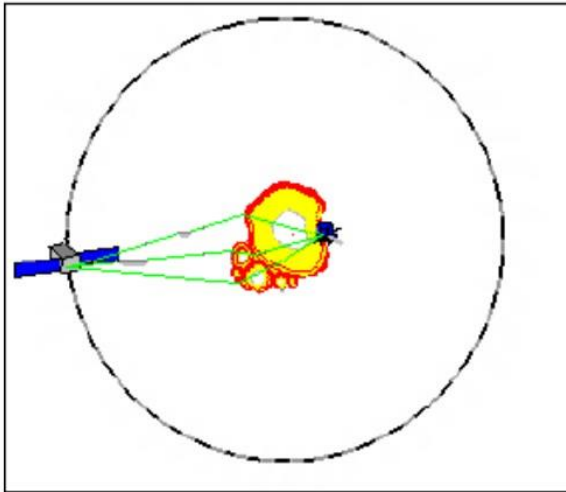
A Philae mérőműszerei

- **APXS** (Alpha Proton X-ray Spectrometer)
 - alfa-proton-röntgen spektrométer
 - a leszállóegység alatti felület vegyi elemzése
 - tömege 1,3 kg
 - a Pathfinder-en repülő spektrométer javított változata
 - Johannes Gutenberg-Universität, Németország



A Philae mérőműszerei

- **CONCERT** (COmet Nucleus Infrared and Visible Analyzer)
 - üstökös mag rádióhullám-terjedési kísérlet, az anyaűrhajóval közösen
 - az üstökös mag belső szerkezetének meghatározása rádiótomográfiával
 - tömege 1,8 kg
 - Institut de Planétologie et d'Astrophysique, Franciaország



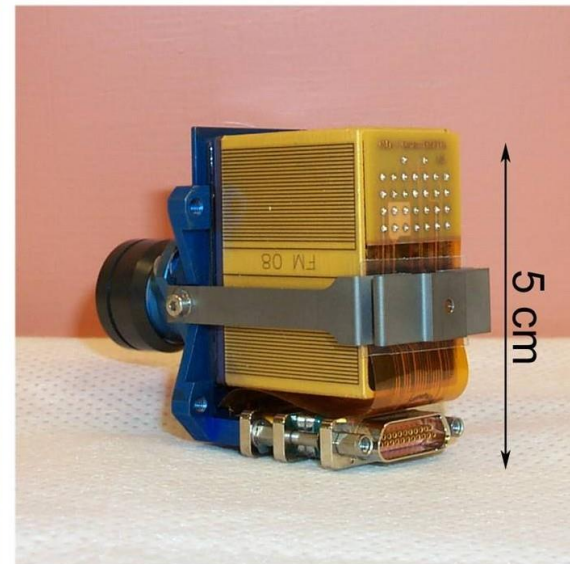
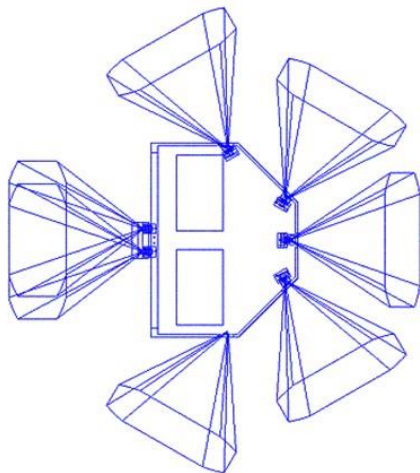
A Philae mérőműszerei

- **COSAC** (Cometary Sampling and Comparison)
 - üstökös mintavevő és elemző: gázkromatográf, time-of-flight spektrométer
 - felszíni minták elemzése, illékony összetevők meghatározása
 - tömege 4,9 kg
 - Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Németország



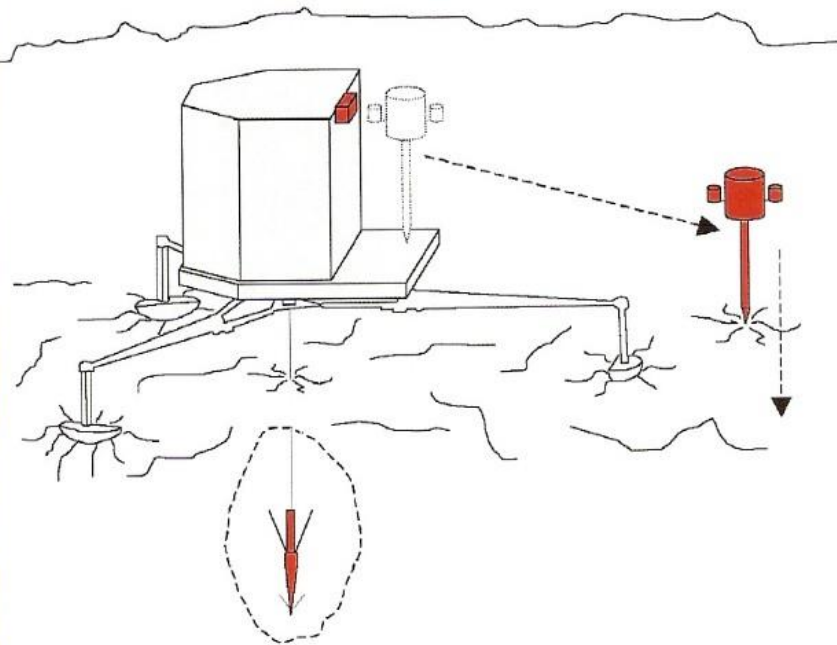
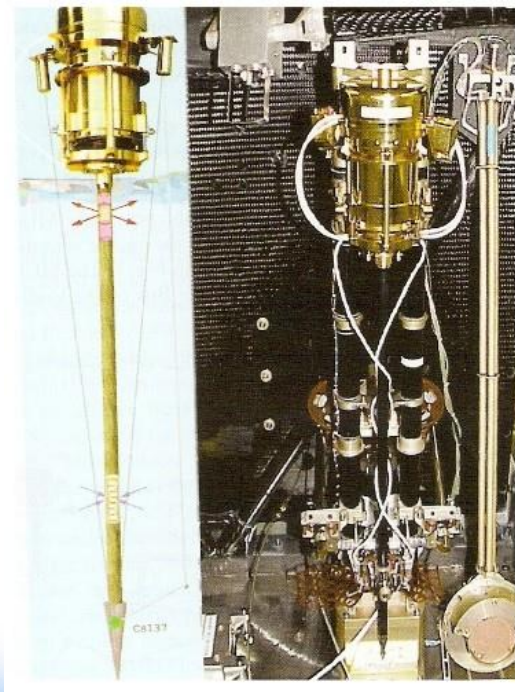
A Philae mérőműszerei

- **CIVA** (Comet Nucleus Infrared and Visible Analyzer)
 - üstökös mag infravörös és látható fény analizátor
 - panoráma és mikroszkópikus felvételek CCD kamerákkal
 - tömege 3,4 kg
 - Institut d'Astrophysique Spatiale, Franciaország



A Philae mérőműszerei

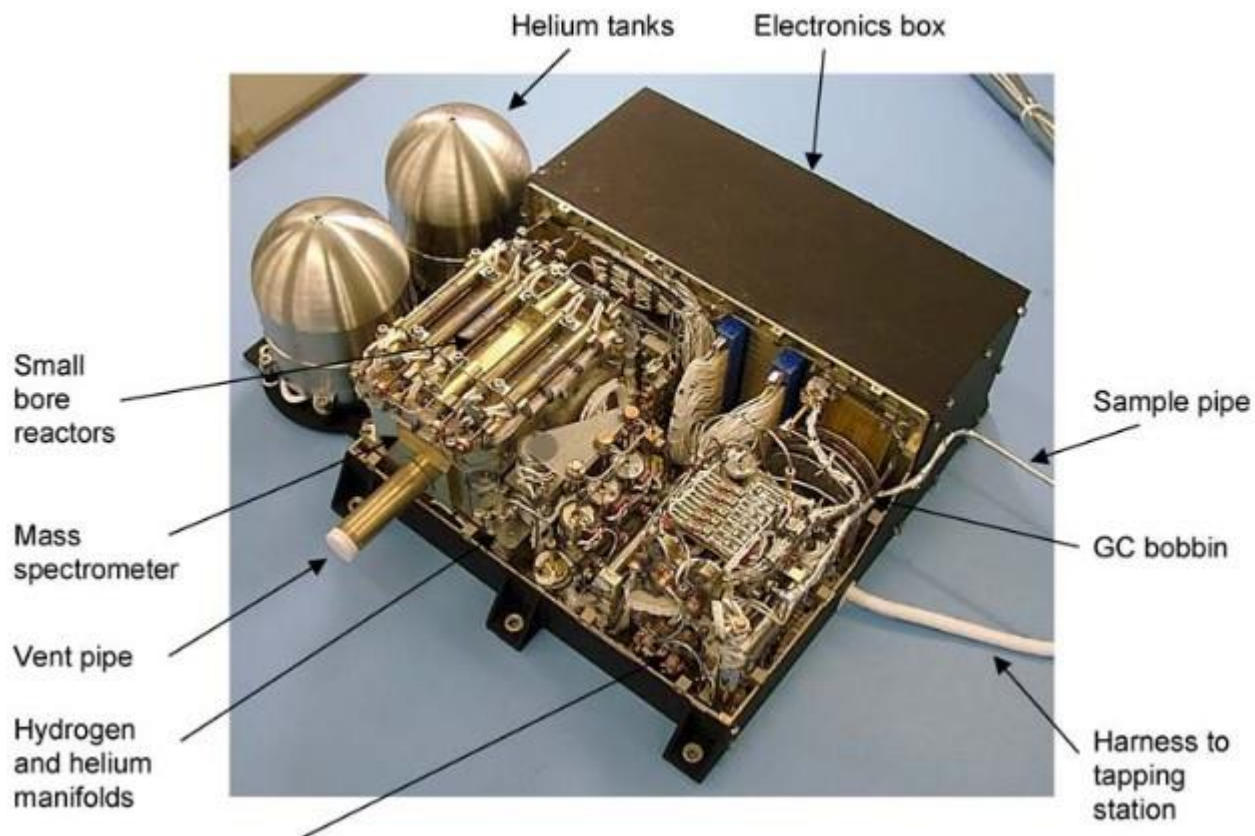
- **MUPUS** (MULTI-PURPOSE Sensors for Surface and Sub-Surface Science)
 - többcélú tudományos műszer az üstökös-felszín sűrűségének, hőtani és mechanikai sajátosságainak vizsgálatára
 - tömege 2,2 kg
 - Institut für Planetenforschung, Németország



A Philae mérőműszerei

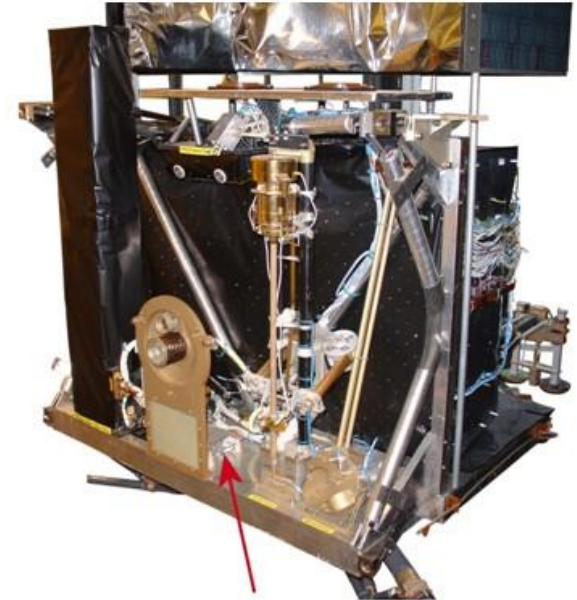
- **PTOLEMY**

- gázanalizátor a mintákban lévő könnyű elemek izotóp-arányának vizsgálatára
- tömege 4,5 kg
- Open University, Egyesült Királyság



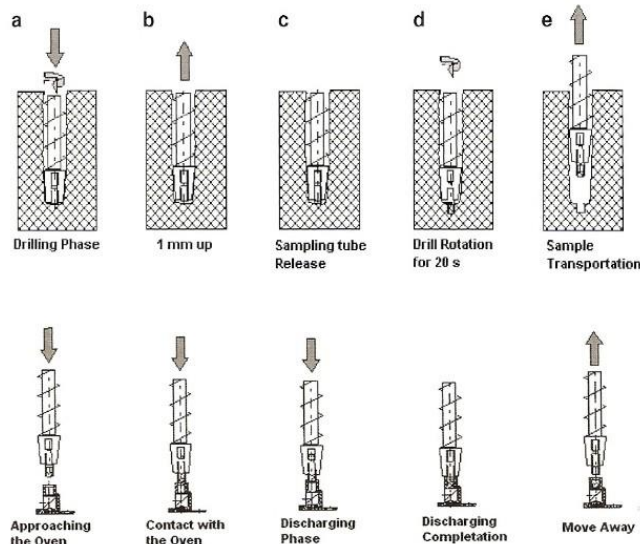
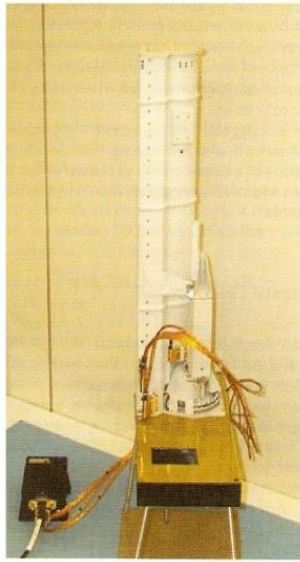
A Philae mérőműszerei

- **ROLIS** (ROsetta Lander Imaging System)
 - a felületről gyűjtött mintákat és a felszínt vizsgáló kamera három színeképtartományban, aktív megvilágítással
 - tömege 1,4 kg
 - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Németország



A Philae mérőműszerei

- **SD2** (Sample, Drilling and Distribution subsystem)
 - mintavevő, fúró és elosztó alrendszer
 - > 20 cm mélyre fúr, mintát vesz és a mintákat elosztja a spektrométer kályháiba és mikroszkópos vizsgálatra
 - tömege 4,7 kg
 - Politecnico Milano, Olaszország



ROMAP/SPM

A ROMAP (ROsetta MAgnetometer and Plasma monitor) műszer-csomag része

- 3-tengelyű kompenzált fluxgate magnetométer
(Braunschweig TU, MPE Garching – Németország)
- elektrosztatikus félgömb-analizátor
(ion és elektron E/q-spektrométer, MPS – Németország)
- Faraday-csapda; töltött részecske fluxus az energia függvényében (MPS – Németország)
- detektor-elektronika (Magson GmbH, Berlin – No.)
 - adatfeldolgozó egység (IWF, Graz, Ausztria)
 - nagyfeszültségű egység (MTA EK, Magyarország)



ROMAP – Tudományos célok

- A helyi mágneses tér mérése:
 - a remanens mágneses tér mérése a távolság függvényében (leszállás alatt) →
 - az esetleges remanens mágnesség típusának azonosítása
- Az üstökös-napszél kölcsönhatás vizsgálata
 - napszél-paraméterek (sűrűség, sebesség, hőmérséklet, irány) meghatározása
 - az üstökös-napszél kölcsönhatás nyomon-követése inaktív állapottól aktív állapotig

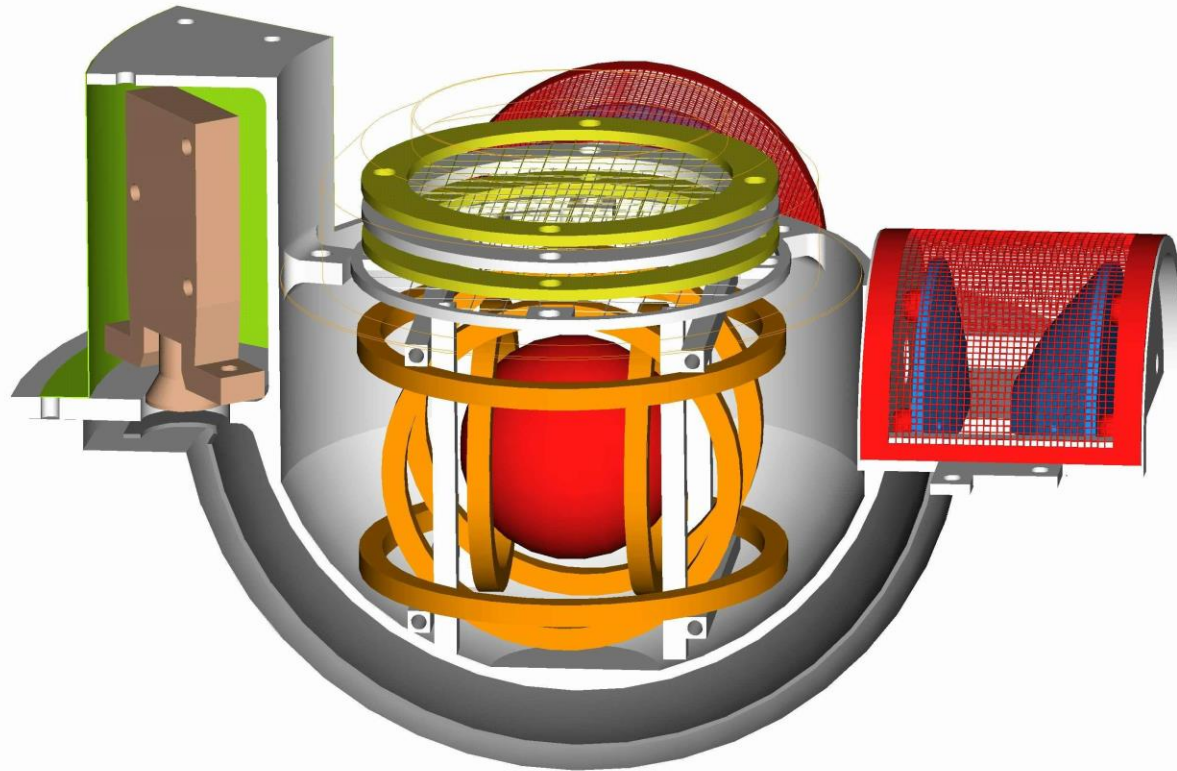


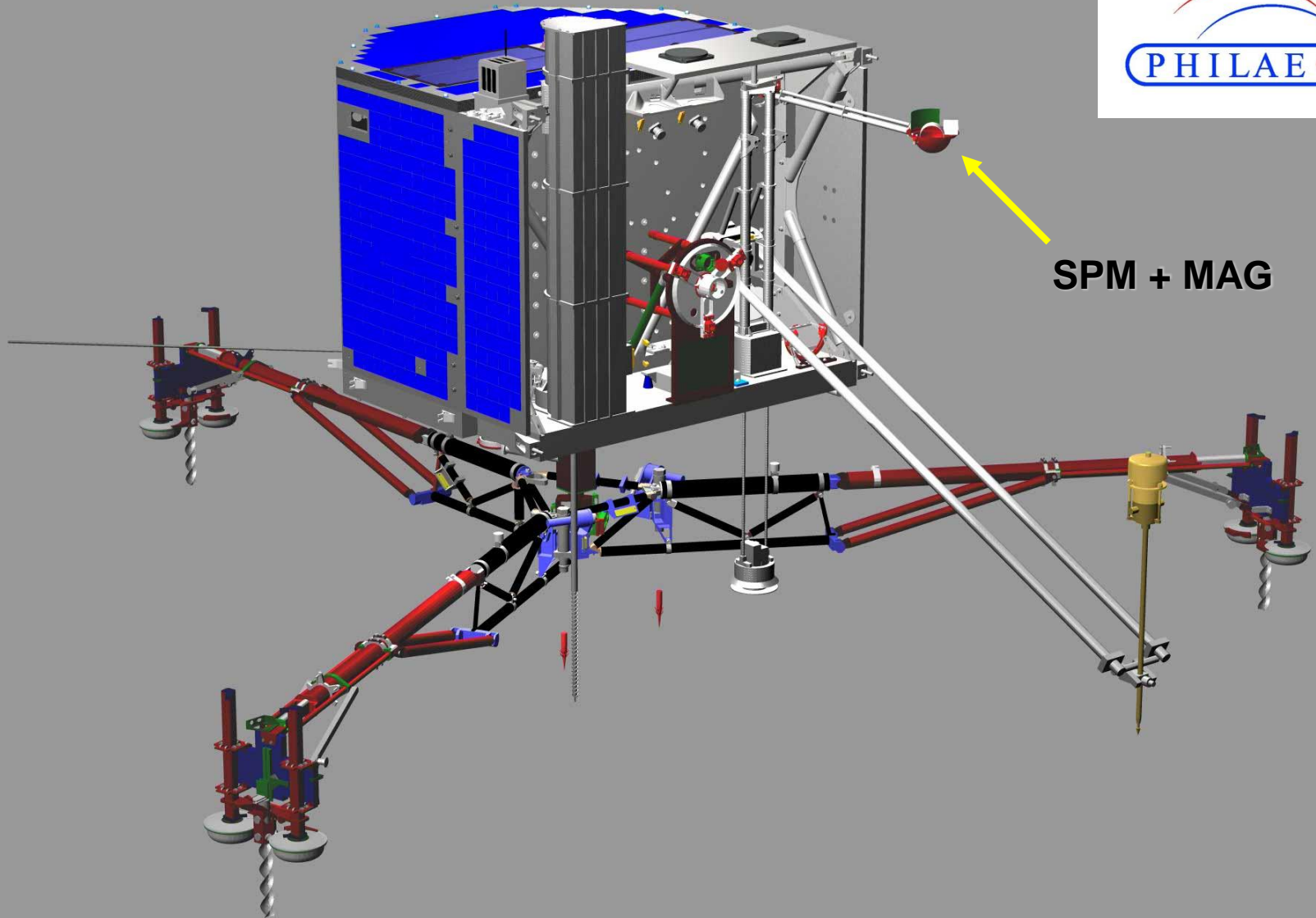
SPM elektrosztatikus analizátor

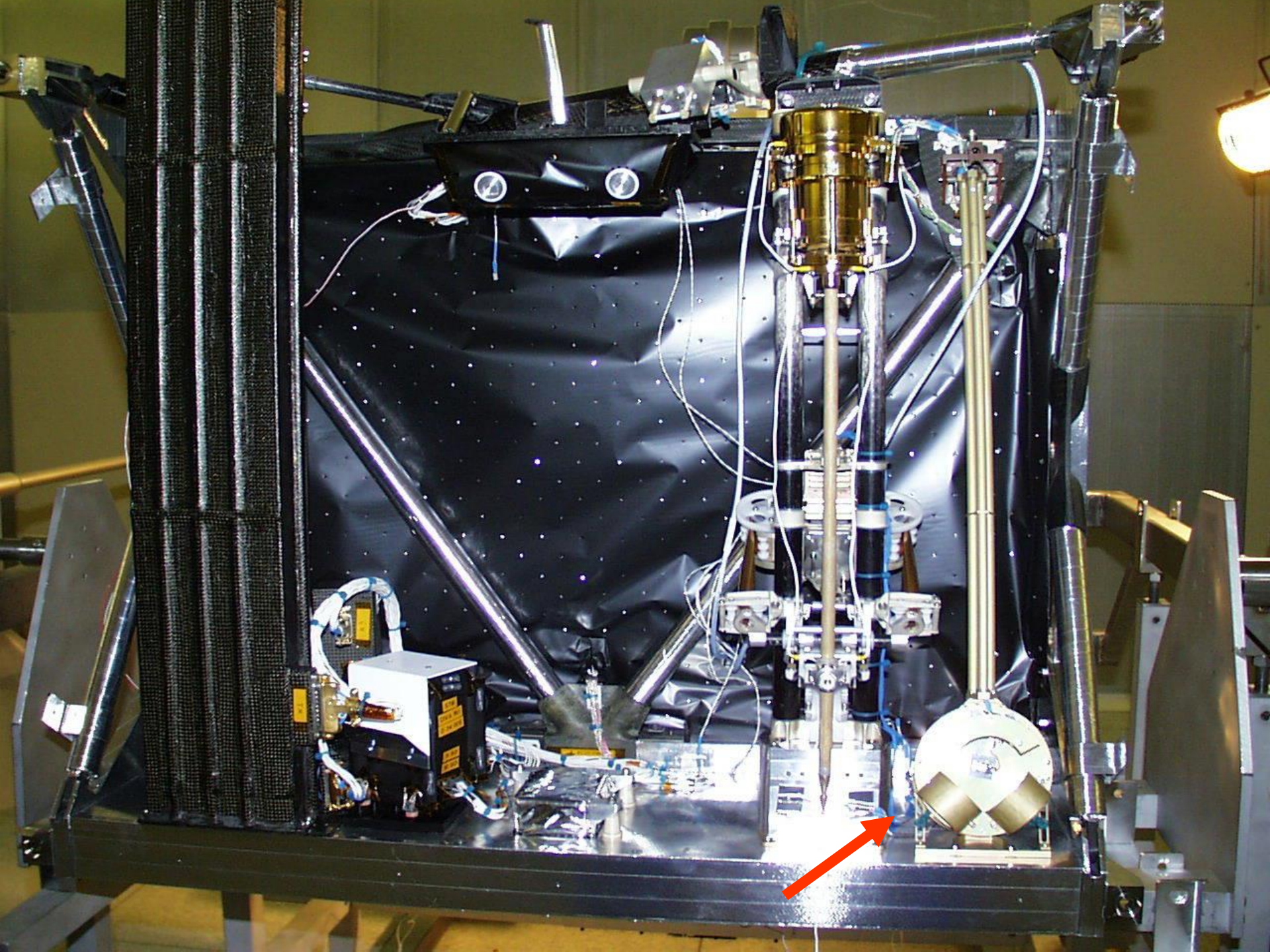
- Energia-tartomány: 40...8.000 eV (ion)
0,3...4.200 eV (elektron)
- Energia-felbontás: 32...64 exp. lépcső
- Irány-felbontás: 16 lineáris lépcső
- Elemi mérések időtartama: 50 ms
- Látószög: 160°

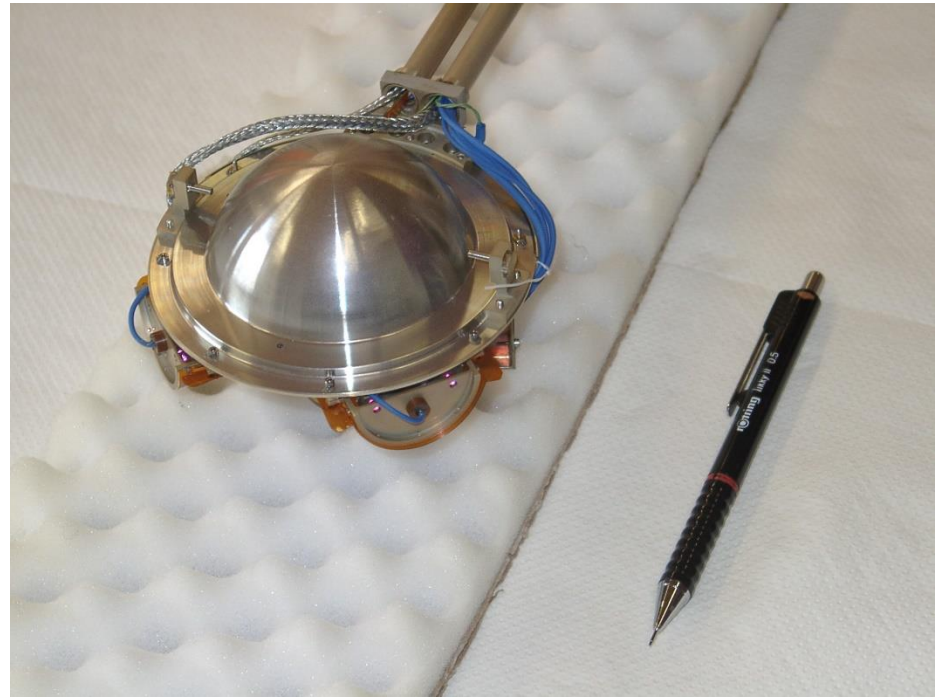
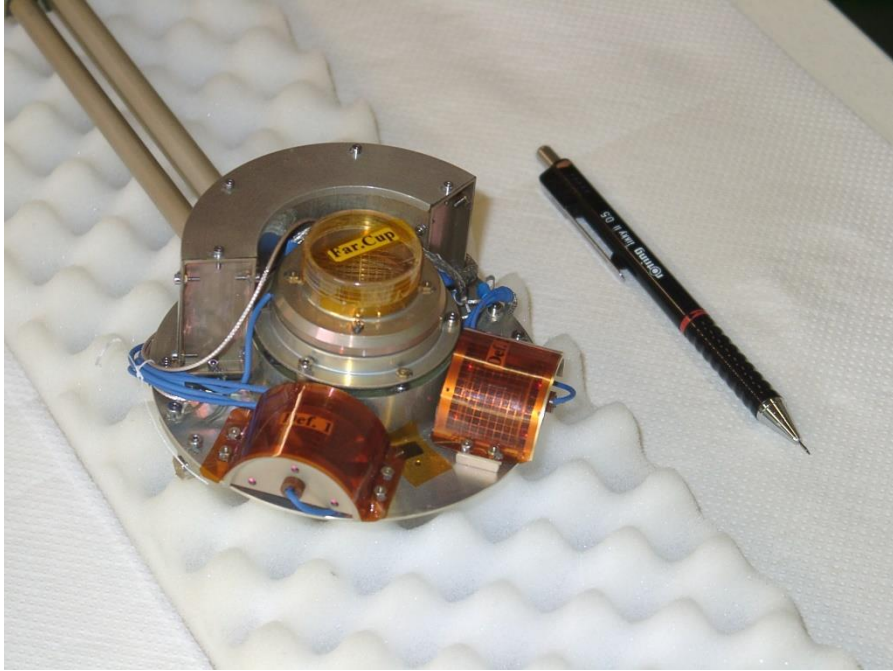


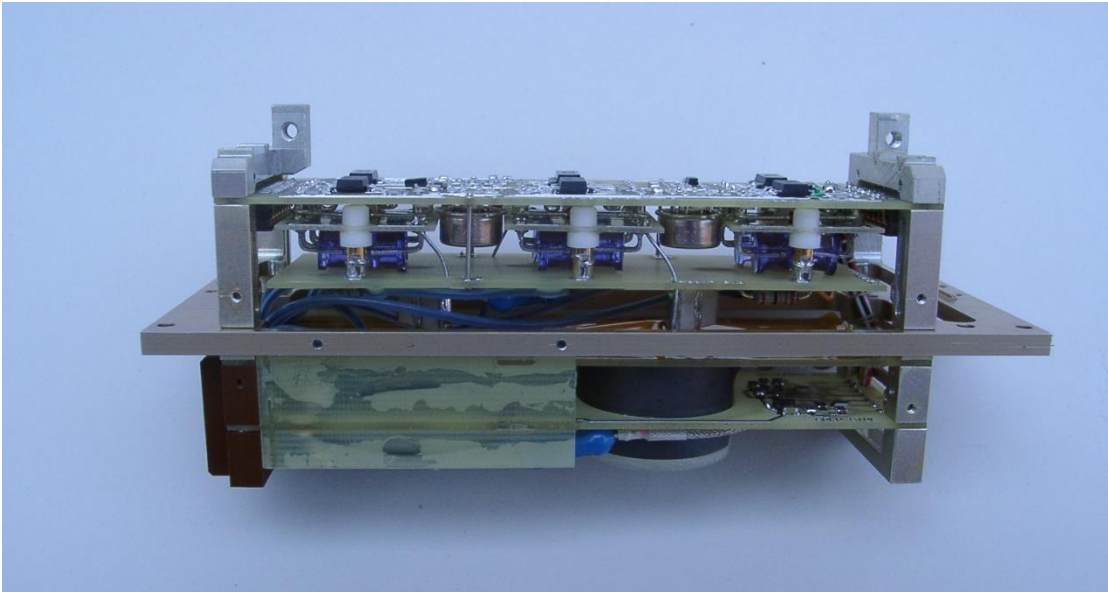
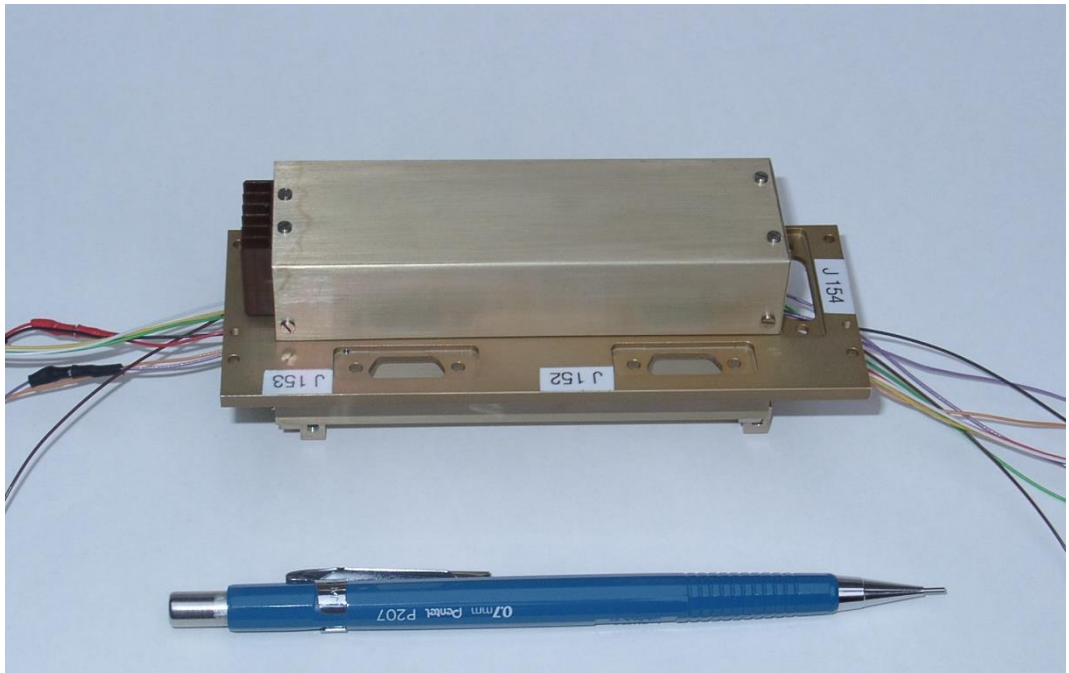
Kombinált magnetométer – energia-spektrométer

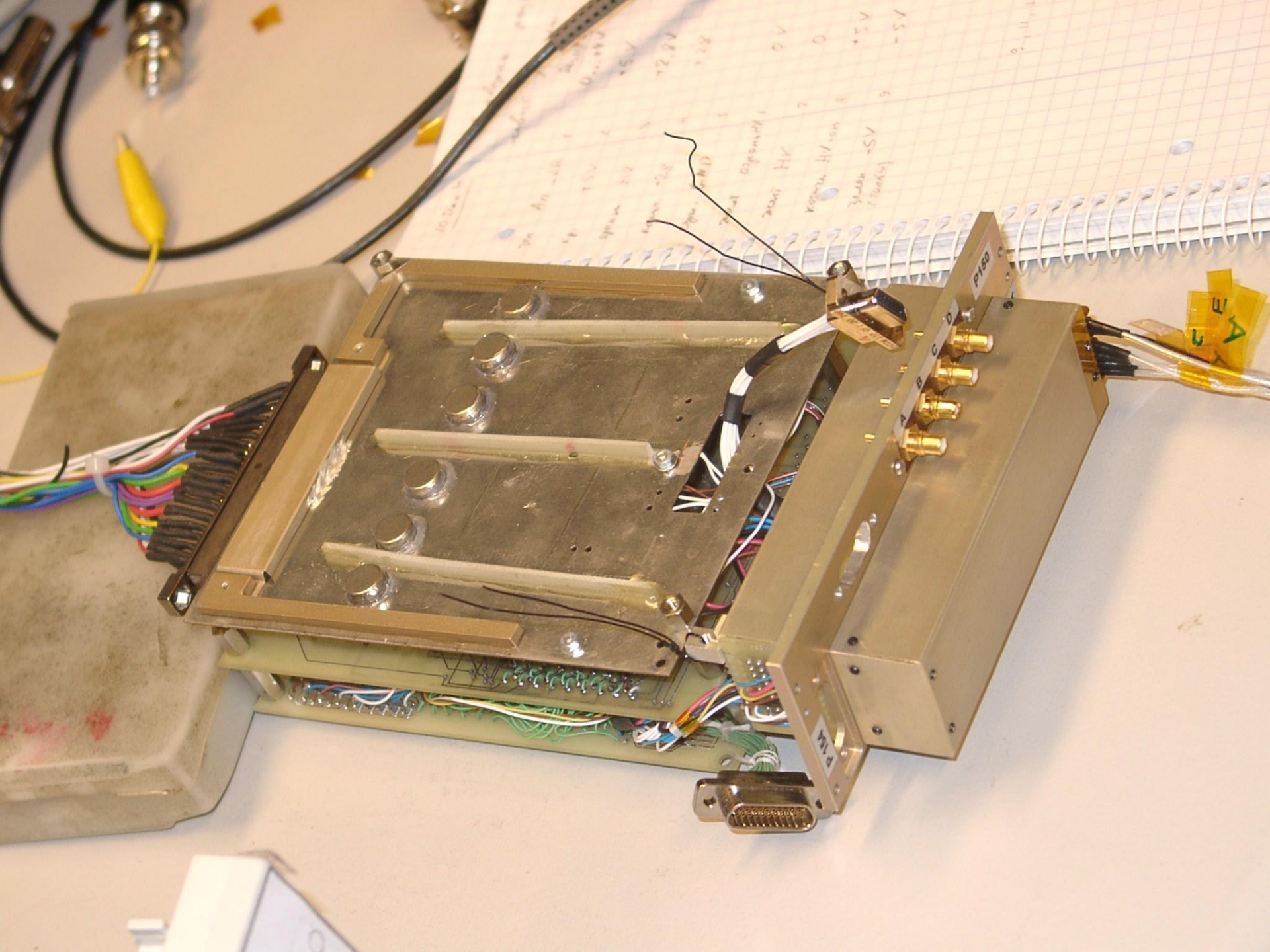












Handwritten notes on a notebook page, including:

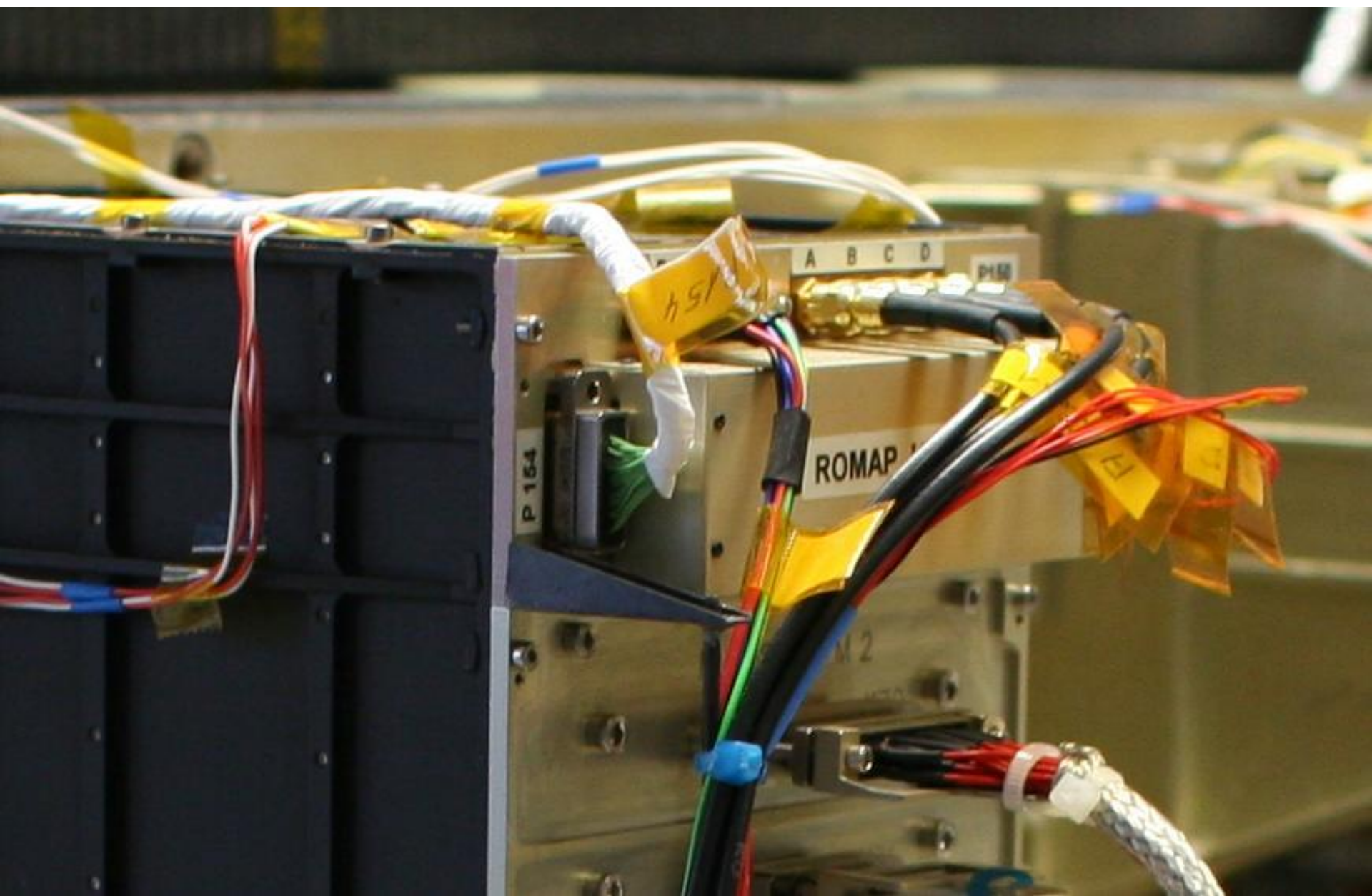
- 1.5 -
- 1.5 +
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40
- 41
- 42
- 43
- 44
- 45
- 46
- 47
- 48
- 49
- 50
- 51
- 52
- 53
- 54
- 55
- 56
- 57
- 58
- 59
- 60
- 61
- 62
- 63
- 64
- 65
- 66
- 67
- 68
- 69
- 70
- 71
- 72
- 73
- 74
- 75
- 76
- 77
- 78
- 79
- 80
- 81
- 82
- 83
- 84
- 85
- 86
- 87
- 88
- 89
- 90
- 91
- 92
- 93
- 94
- 95
- 96
- 97
- 98
- 99
- 100

Handwritten notes on a yellow sticky note, including:

- A
- E

Handwritten notes on a white piece of paper, including:

- 0



SESAME/DIM

Surface Electric Sounding and Acoustic Monitoring Experiment

- felszíni elektromos, hang- és akusztikus monitorozó kísérlet;
pordektálás
- közös vezérlő és adatgyűjtő egység (CASSE + PP + DIM)
- tömege 1,8 kg
- résztvevők:
 - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Németország
 - Universität Köln, Németország
 - Finnish Meteorological Institute, Finnország
 - MTA Energiatudományi Kutatóközpont (MTA EK), Magyarország



DIM tudományos célja

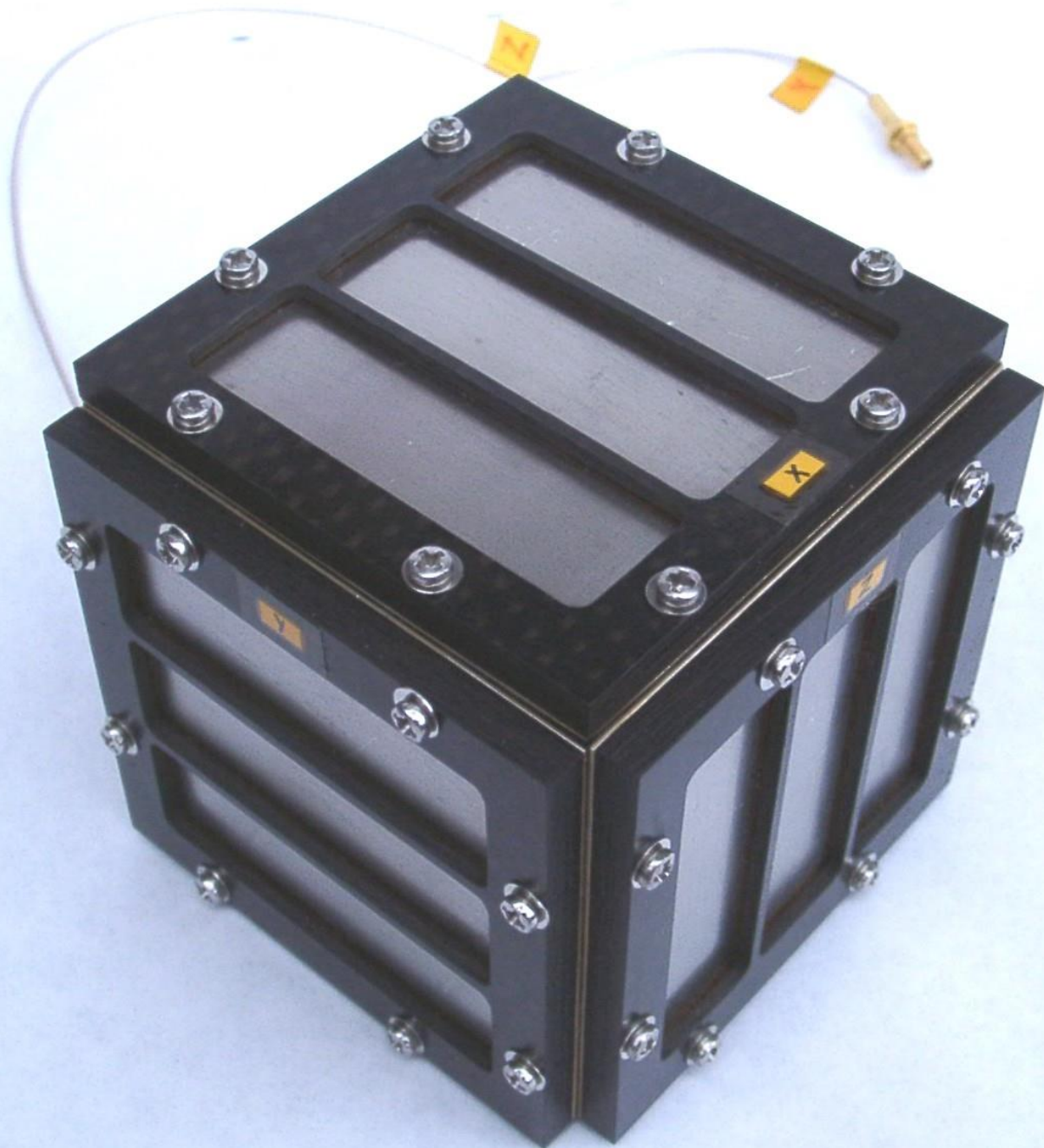
- Az üstökös-magból elszabaduló és megfelelő sebességgel visszaeső részecskék mérése
 - statisztikai vizsgálat
 - sebesség és tömeg-eloszlás mérése
 - a visszaeső részecskék köpeny-formáló hatása modell-paramétereinek meghatározása

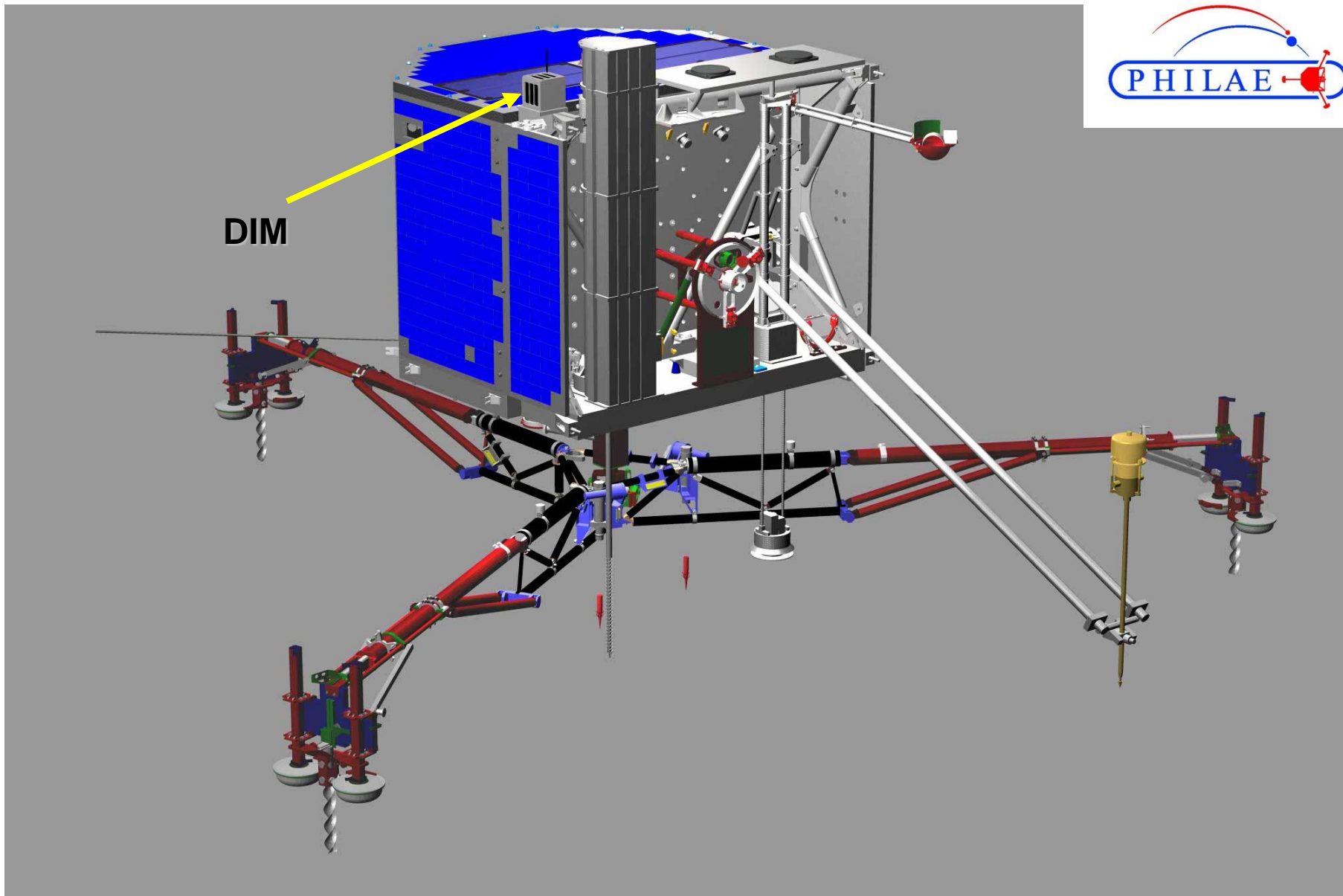


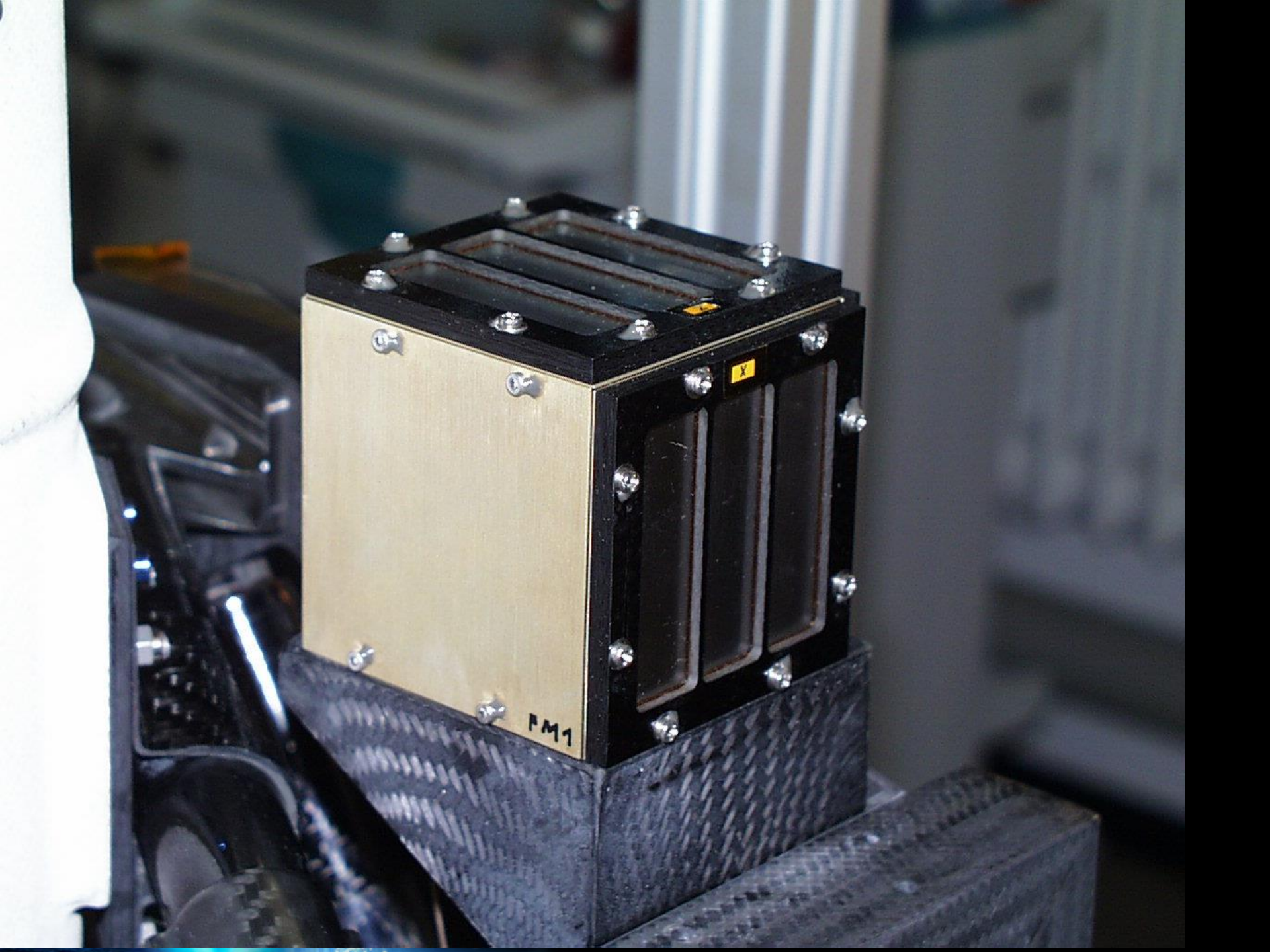
Mérési módszer

- Piezo-elektromos érzékelők
- Három, egymásra merőlegesen elhelyezett detektor-lap
- Esemény-számlálás
- Amplitúdó- és hullámforma-analízis



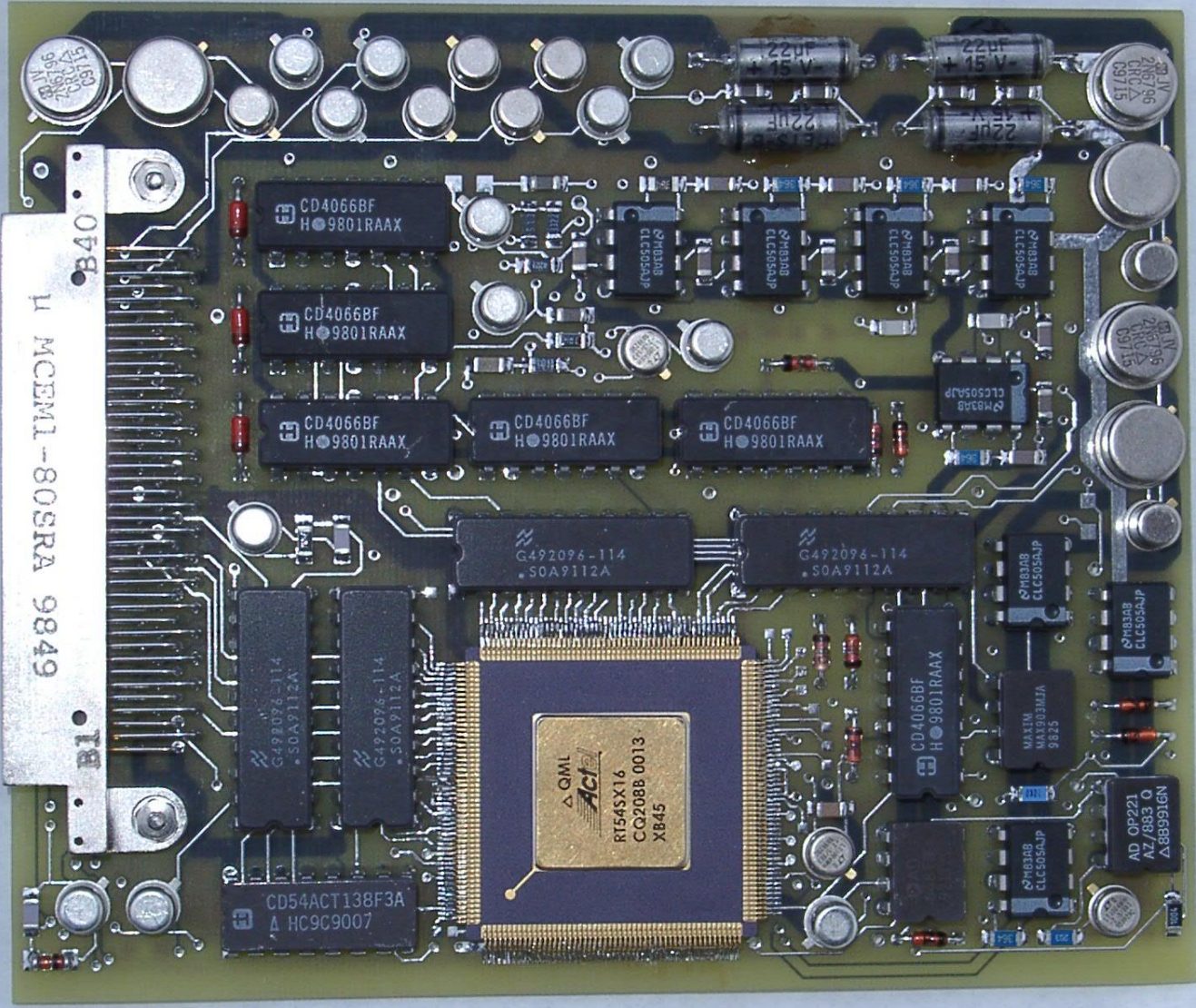






PM1

X



MCEM1-80SRA 9849

B40

B1

CD4066BF
H9801RAAX

CD4066BF
H9801RAAX

CD4066BF
H9801RAAX

CD4066BF
H9801RAAX

CD4066BF
H9801RAAX

G492096-114
SOA9112A

G492096-114
SOA9112A

G492096-114
SOA9112A

G492096-114
SOA9112A

CD54ACT138F3A
HC9C9007

QML
Actel
RT54SX16
CQ208B 0013
XB45

CD4066BF
H9801RAAX

VHC031M1
M1111
9875

AD OP221
AZ/883 O
Δ88991GN

CLC505AJ
H83A8

CLC505AJ
H83A8

CLC505AJ
H83A8

CLC505AJ
H83A8

CLC505AJ
H83A8

CLC505AJ
H83A8

51769
AZ/883 O
Δ88991GN

51769
AZ/883 O
Δ88991GN

51769
AZ/883 O
Δ88991GN

51769
AZ/883 O
Δ88991GN

51769
AZ/883 O
Δ88991GN

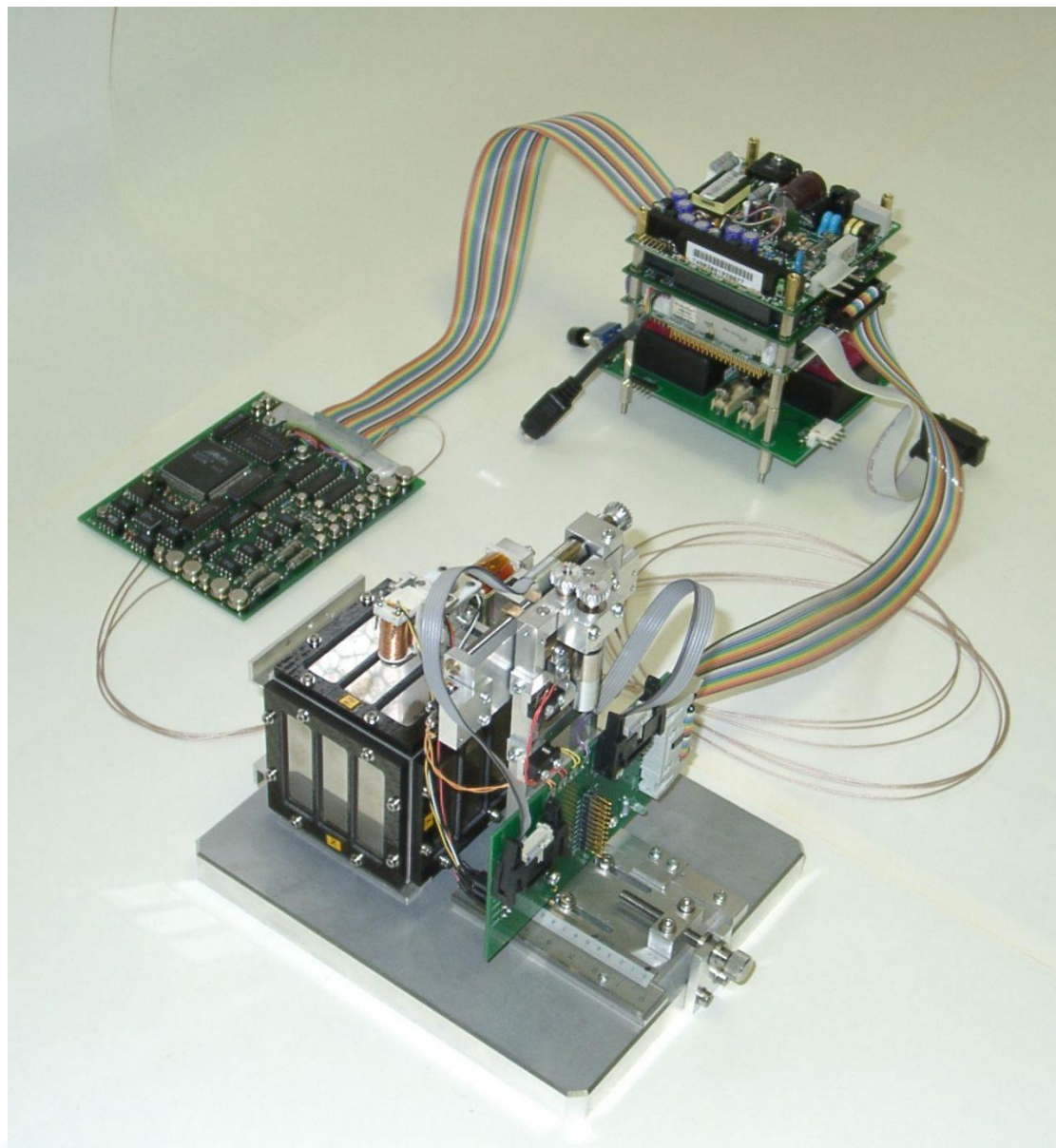
220μF
15V

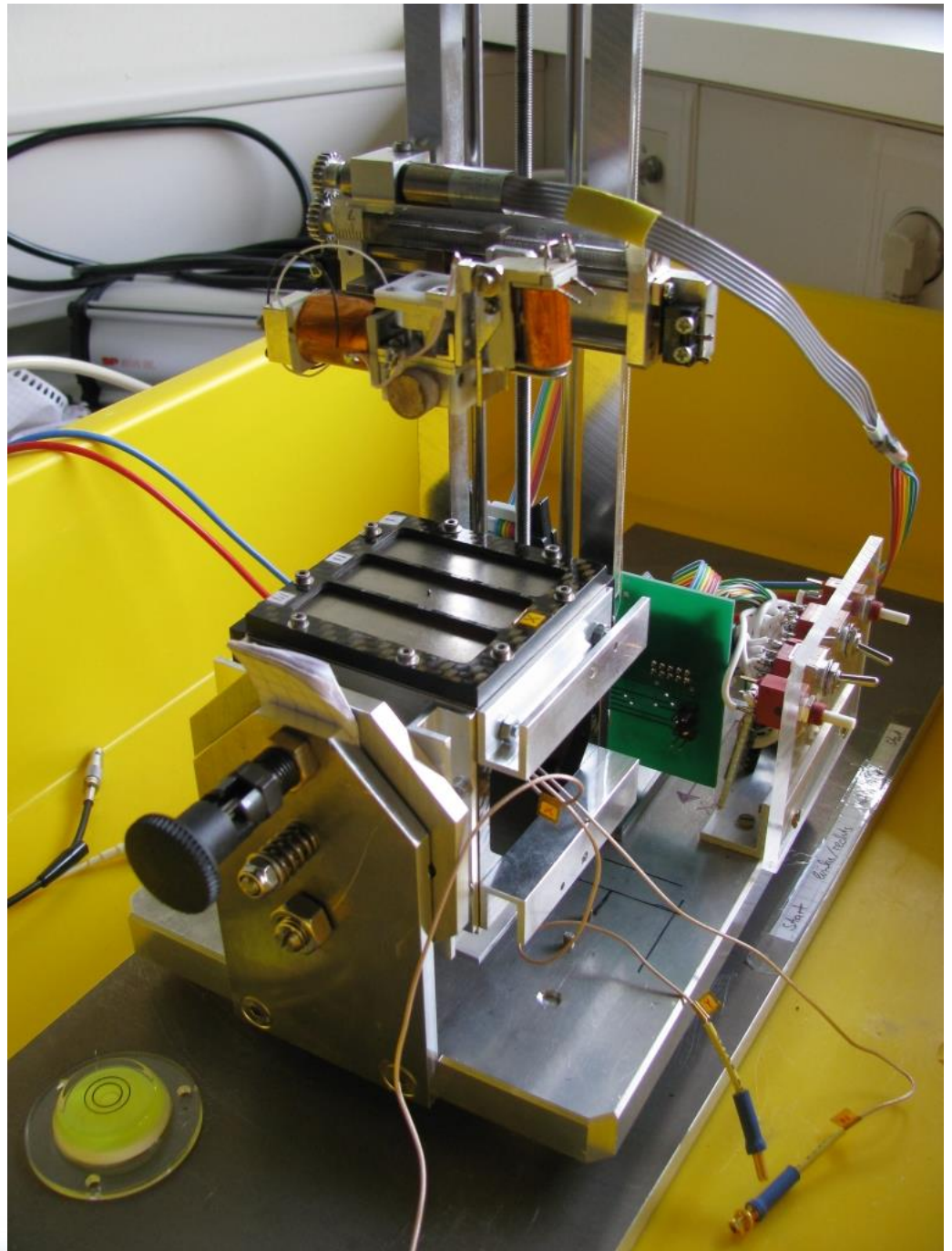
220μF
15V

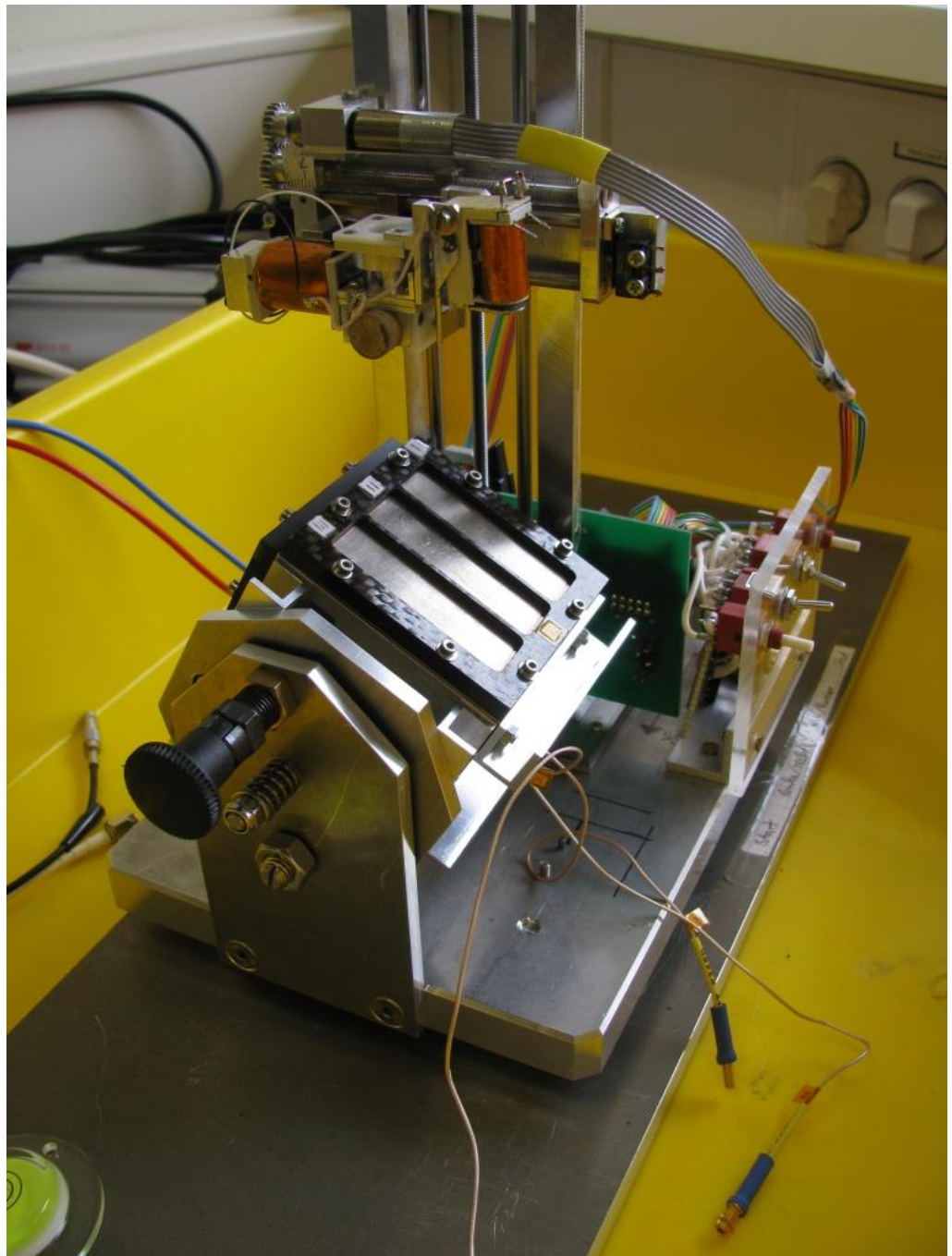
220μF
15V

220μF
15V

A DIM földi kalibráló összeállítása

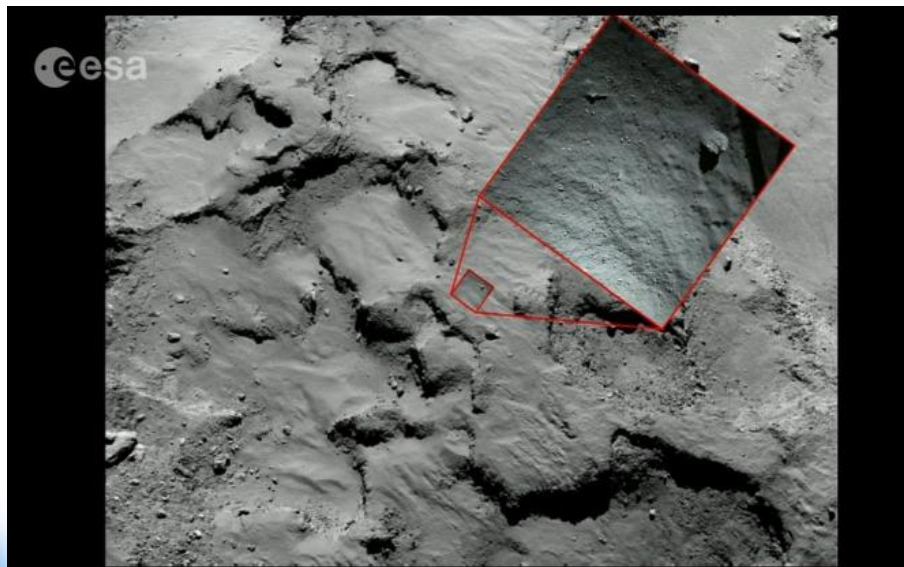
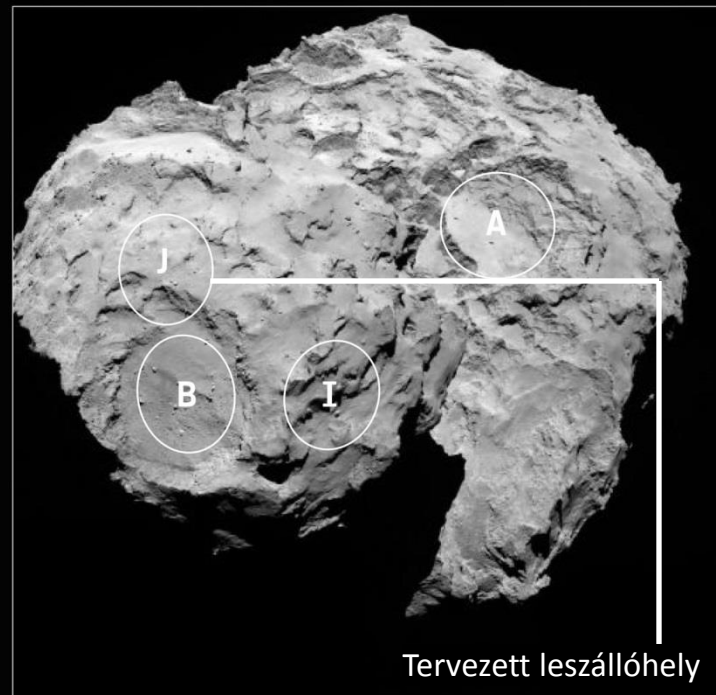






A Philae működésének szakaszai

- Beüzemelés, ellenőrzés, SW-módosítás, tudományos mérések
- Beüzemelési szakasz (Commissioning Phase)
 - 4 blokk (2004. május – 2005. március)
- Cirkáló szakasz (Cruise Phase)
 - 12 ellenőrző kampány (Payload Checkouts, passzív, aktív, 2006. március-2014. május)
 - Hibernáció (Deep Space Hibernation, 2011. július – 2014. január)
 - Hibernáció utáni ellenőrző kampány (PHC), 2014. április
- Keringési szakasz (feltérképezés, leszállóhely kiválasztása, 2014. aug.-okt.)
- Leszállási szakasz (Descent Phase, 2014. okt.-nov., 2014. november 12.)
- Alapküldetés (Baseline Mission, 2014. november 12-15.)
- Üstökös-követés (Comet Escort, 2014. november –)



A kölni irányítóközpontban



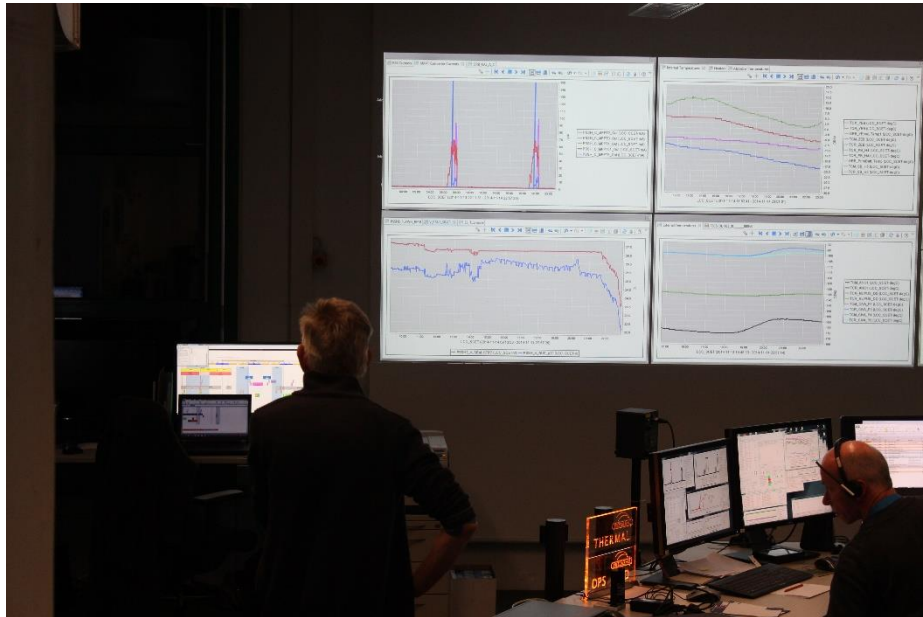
A kölni irányítóközpontban



A kölni irányítóközpontban

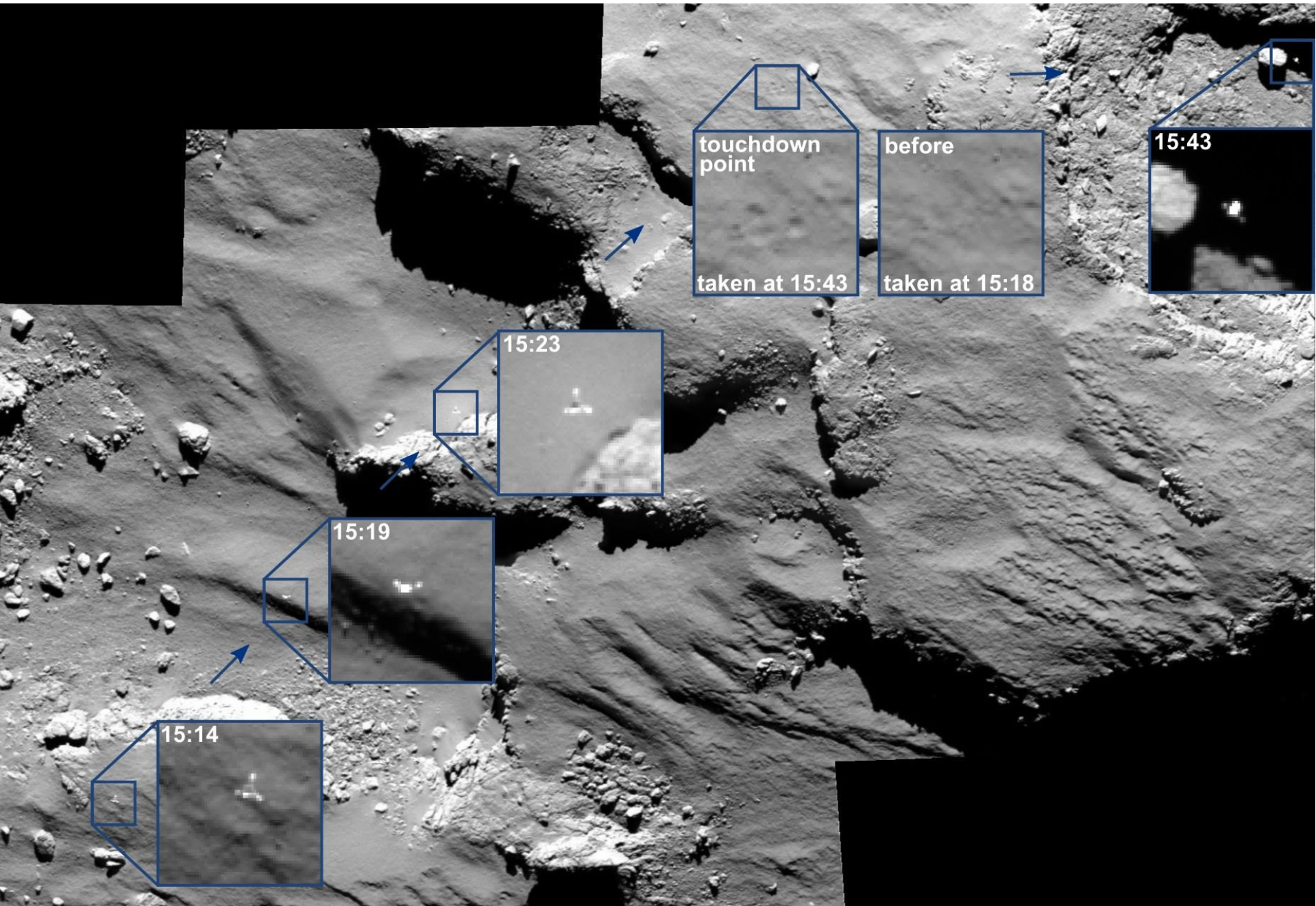


A kölni irányítóközpontban



A leszállás

- Az ereszkedés közel 7 órán át tartott; a Philae forgási periódusa
 - a lábak kinyitása előtt: 5 perc
 - a lábak kinyitása után: 8,5 perc
- Első „üstököst érés” a tervezett helyen (Agilika) 15:34:04 UTC
 - sem a gázfúvóka, se a horgonyok nem működtek → visszapattant
 - továbbrepült (13 s forgási periódus!)
- „Koccanás” talán egy kráter peremén: 16:20 UCT (forgás lelassul)
 - Második leérés: 17:25:26 UTC
 - Végő leszállás (Abydos):17:31:17 UTC



touchdown
point

before

15:43

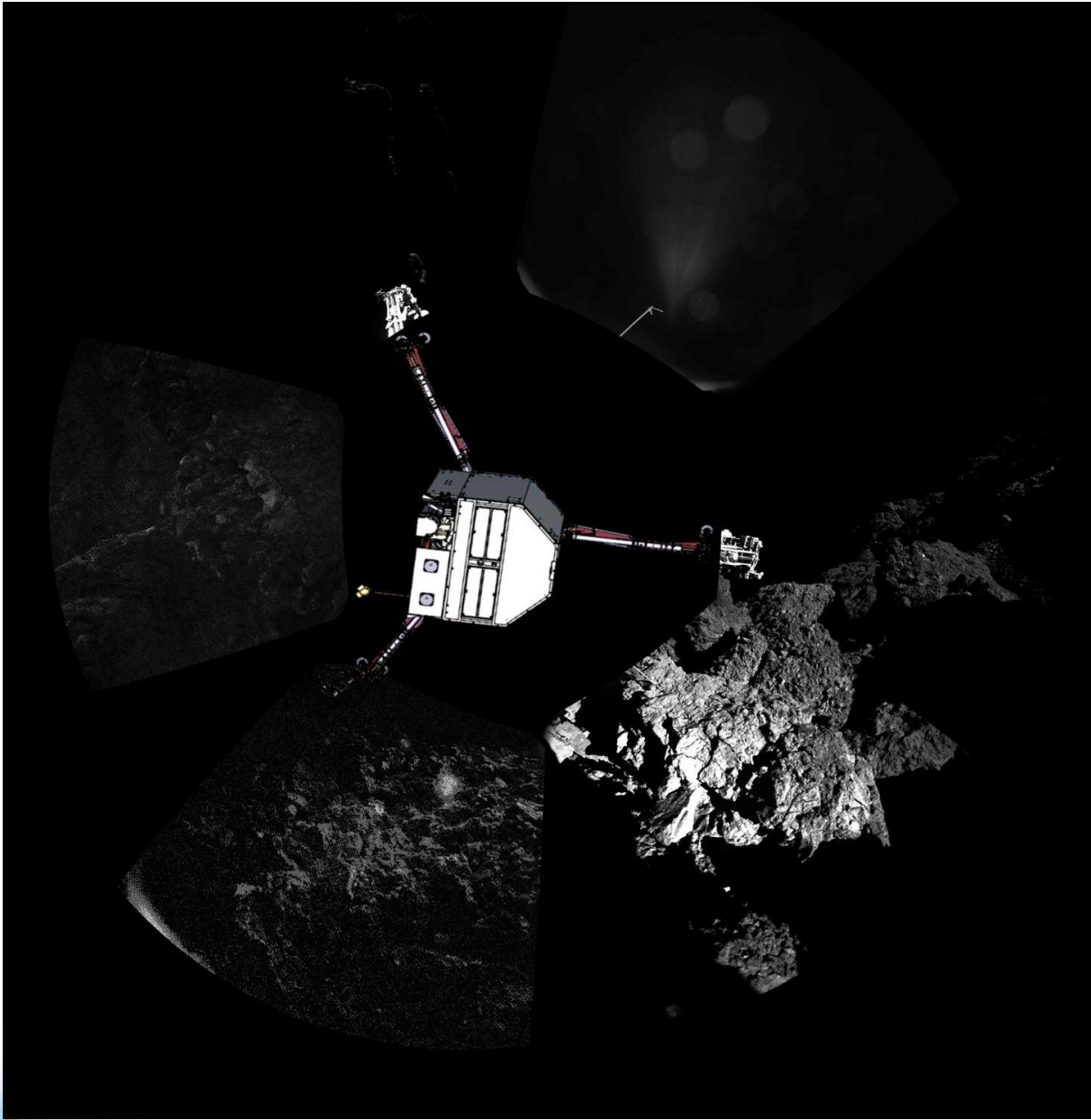
taken at 15:43

taken at 15:18

15:23

15:19

15:14



Az alapküldetés (FSS) eredményei

- A Philae 64 órán keresztül, az elemek kimerüléséig működött és mért
- Az APXS mozgató mechanikáját kivéve minden műszere kifogástalanul működött
- A mérési feladatok 80%-át teljesítette
- Rossz pozíciója és a felszínhez rögzítés hiánya sok mérésnél hátrányos volt
- A rossz megviágítás miatt az akkumulátorok nem töltődtek, hibernálódott



Az alapküldetés (FSS) eredményei

- A nappalok és éjszakák váltakozása során a hőmérséklet 180°C és -145°C között alakult
- A felszínt borító, finom porból álló néhány centiméteres réteg alatt a tömör jéghez hasonló keménységű anyag található
- Az üstökös mag átlagsűrűsége csupán $0,4 \text{ g/cm}^3$, a jég-por keverék a mélyebb rétegekben 75-85%-os porozitású kell legyen
- 16 szerves vegyületet azonosítottak

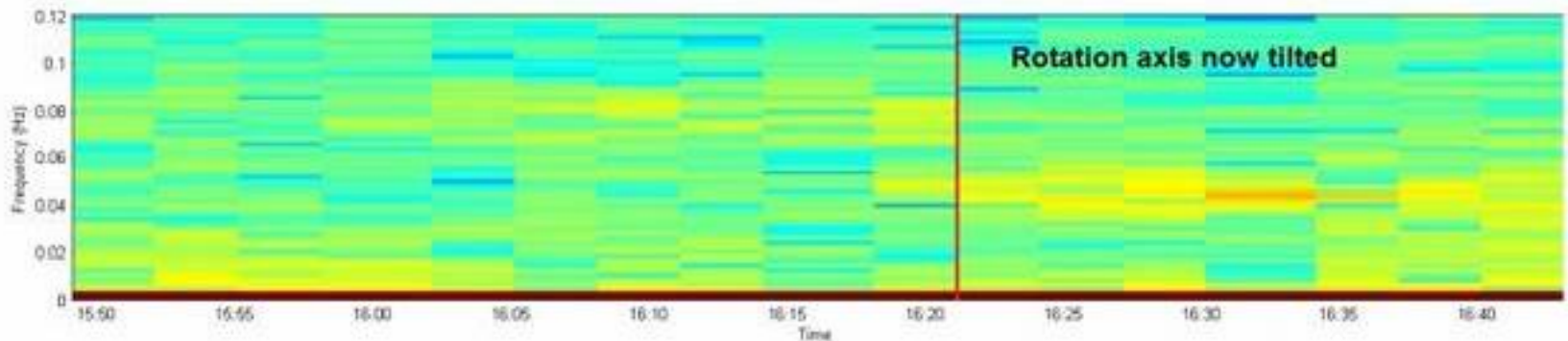
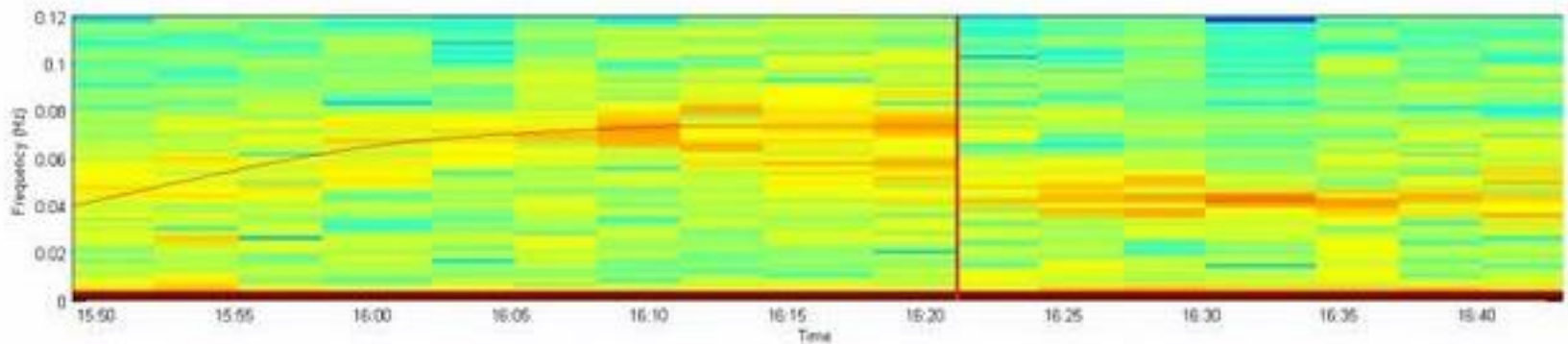
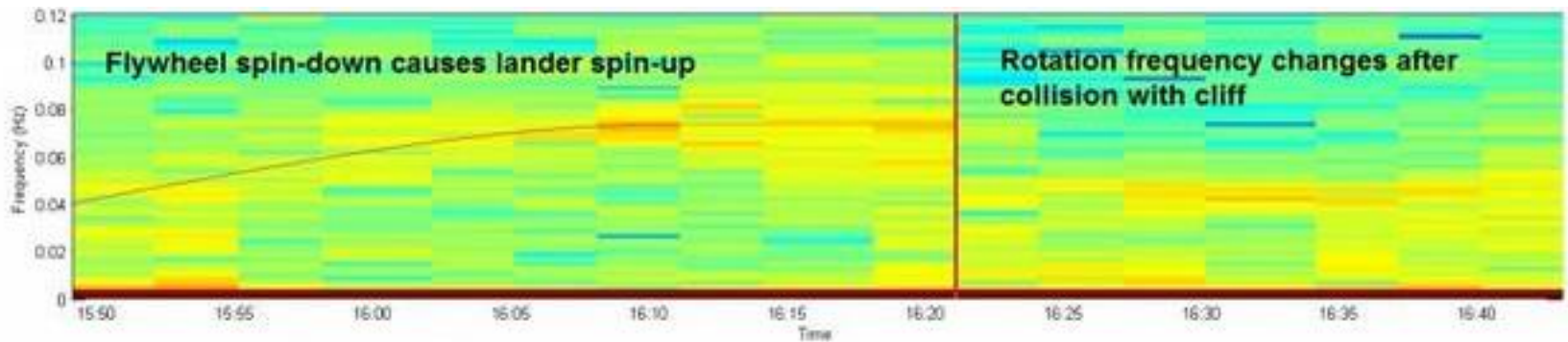


A ROMAP / SPM mérési eredményei

- Az üstökös magjának globális mágneses tere nem mutatható ki
- A ROMAP és az RPC-MAG (Orbiter) magnetométerek adatainak összevetéséből rekonstruálni tudták a Philae orientációját és forgási paramétereit
- A Philae forgása miatt az SPM csak a végső talajéréskor szolgáltatott adatokat, amiből megállapítható a Philae orientációja – a „gödörben” már nem mért

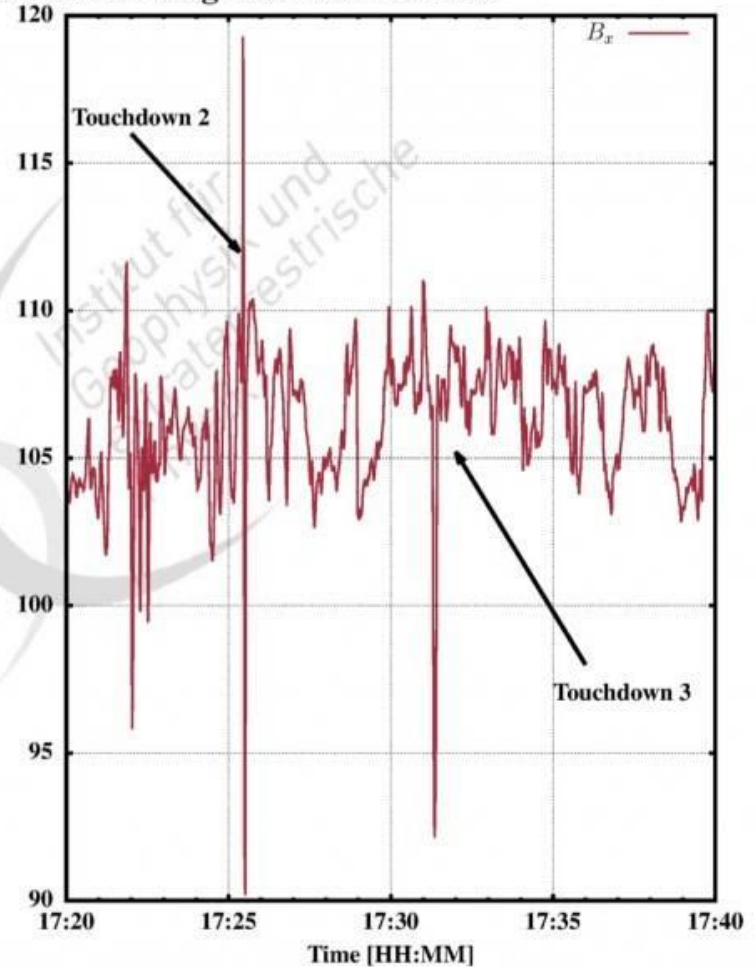
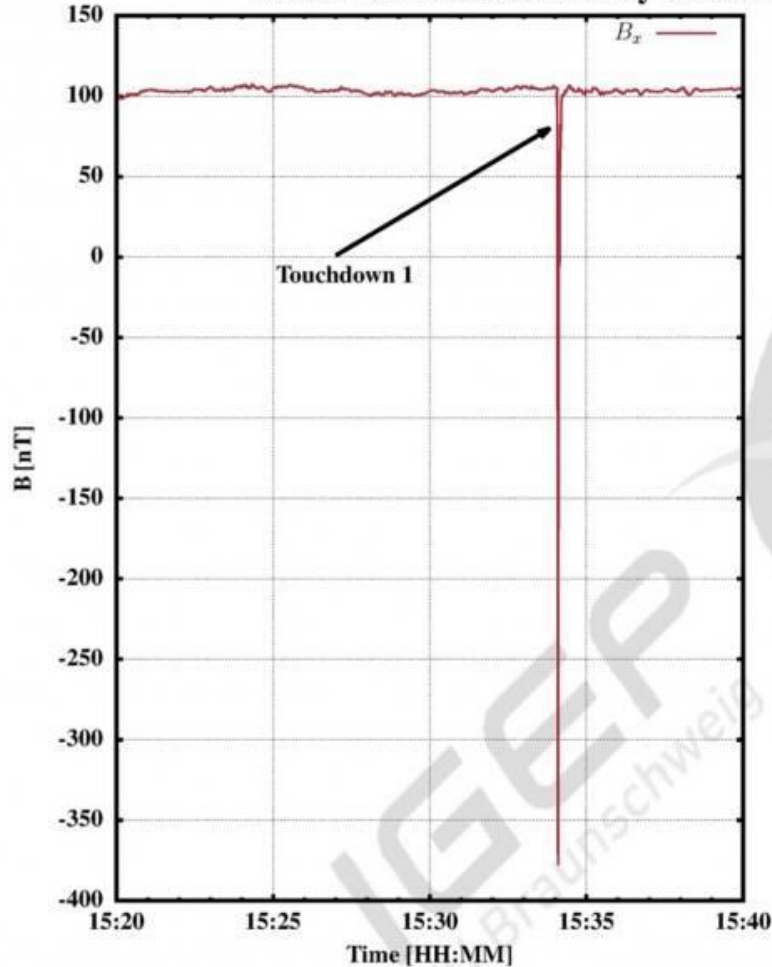


A leszállások érzékelése

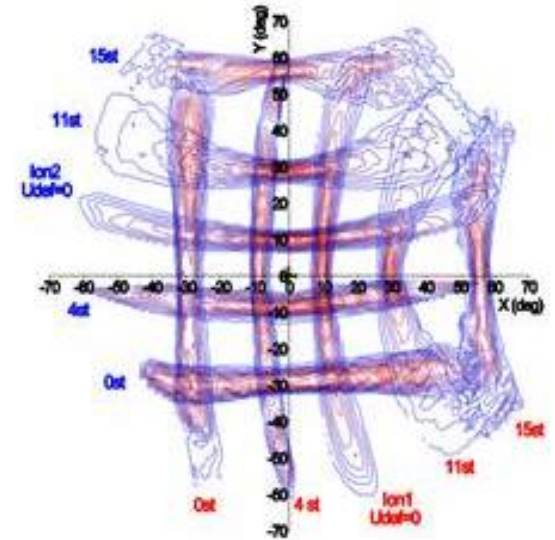
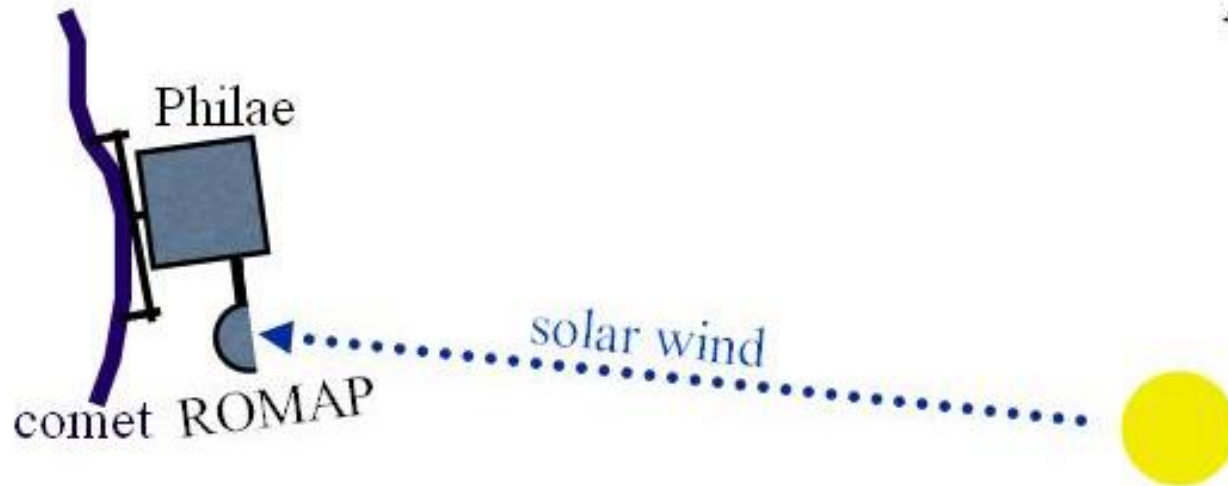


A leszállások érzékelése

Measurements obtained by ROSETTA Lander Magnetometer ROMAP



SPM – napszél iránya (ionok)

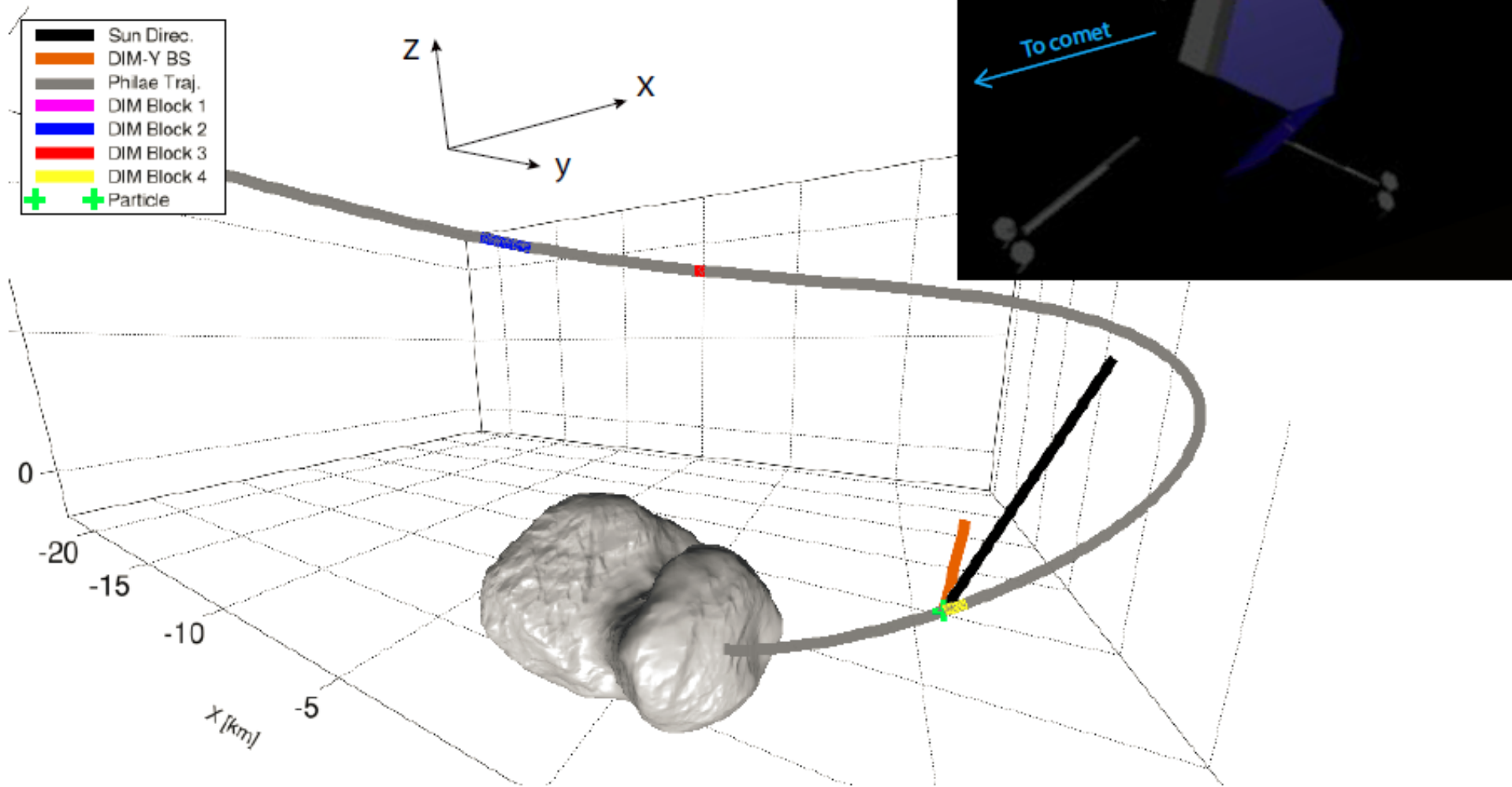


A DIM mérési eredményei

- DIM mérési ciklusok:
 - a leválás előtt egy órával
 - a repülés alatt 3 alkalommal
 - a végső talajérés után 5 alkalommal 1-1 óra hosszan
- Egyetlen detektált részecske (kis üstökös-aktivitás)
 - 1-2 mm átmérőjű
 - a Philae-hez viszonyítva 0,1 – 0,7 m/s sebességgel haladó
 - laza szerkezetű



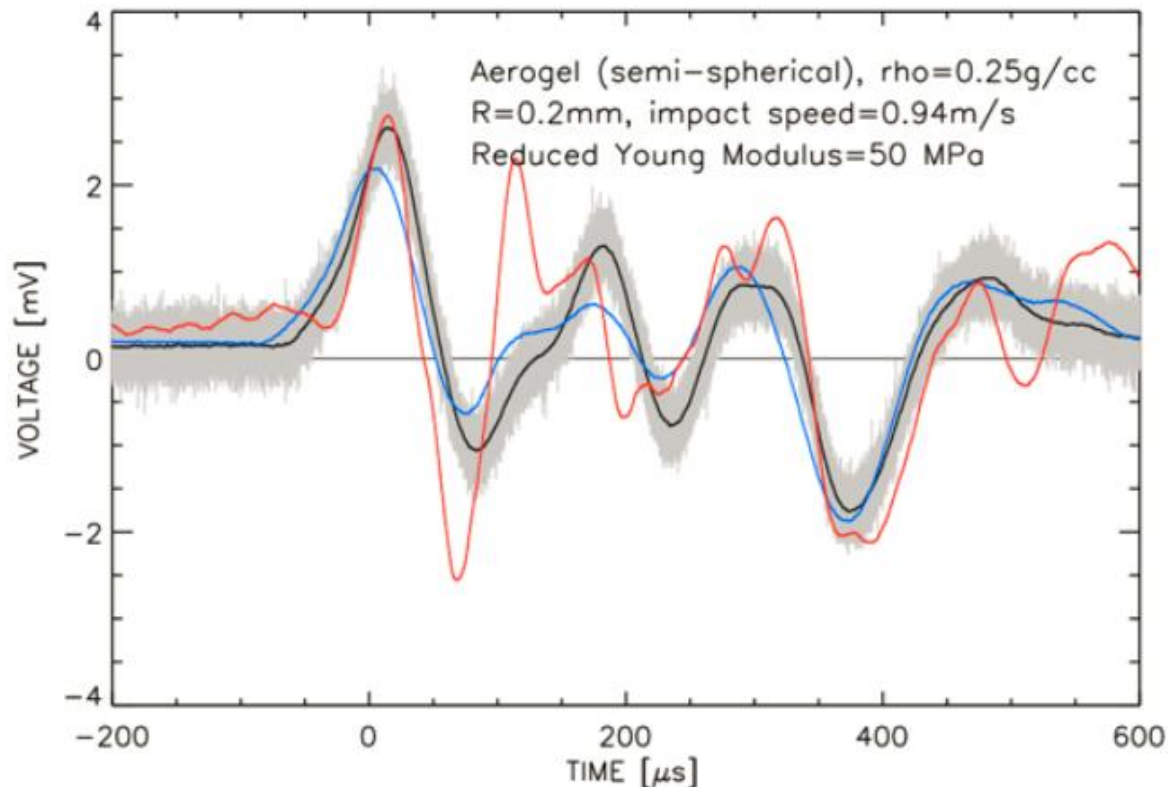
DIM a Philae ereszkedése közben

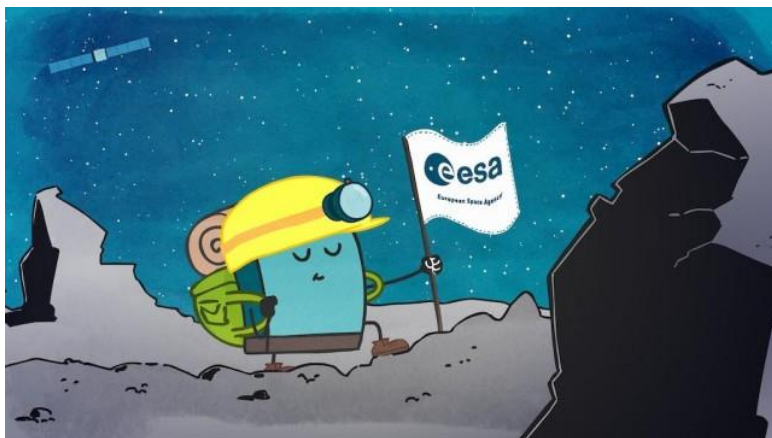


DIM előzetes eredmények

A részecske 😊

- Leszállás közben, ≈ 3 km-re a felszín felett
- Y oldal (oldalra néző)
- $U_{\text{peak}} = 2,07$ V
- $T_c = 61$ μs
- Meglehetősen nagy T_c





... és mi történt
azóta?



Illusztráció: Tom Schoon

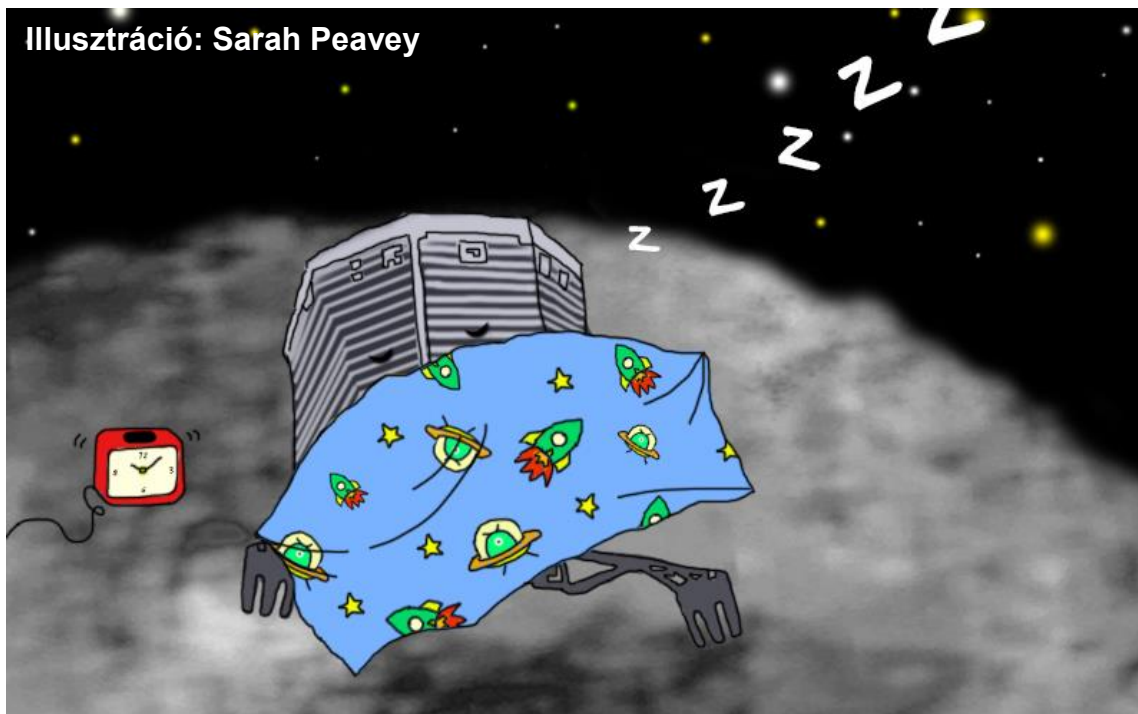


A Philae felébredt

- Folyamatos felkészülés mérésekre
- Az ébredés feltétele: közeledés a Naphoz
 - Kb. -40°C -nál melegebb központi egység
 - Kb. -5°C -nál melegebb akkumulátorok
- Rádiókapcsolat kísérletek 2015. márciustól
- Első rádiókapcsolat: június 13.
 - már április végétől – május elejétől működhetett
- Ismételt, instabil és szakadozott kapcsolatok
 - nincs értékelhető adatforgalom, összetett parancsok nem adhatók
- Utolsó, stabil kapcsolat július 9-én
 - a környezeti feltételek jók, de problémák lehetnek az adó-vevőkkel, az antennával, az Orbiter nagy távolságával, ...



Illusztráció: Sarah Peavey



Köszönöm a figyelmet!

A DIM és SPM műszerekhez való hazai hozzájárulás PRODEX és a 4000107211, valamint a 4000107212 számú PECS szerződések keretében valósult meg.