

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

**Végh Endre**

**Informatika Történeti Fórum, 2015. október 29.**

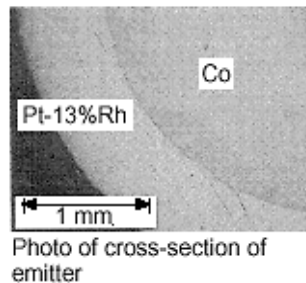
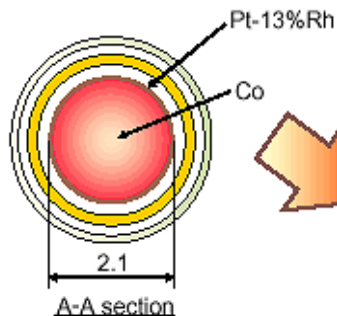
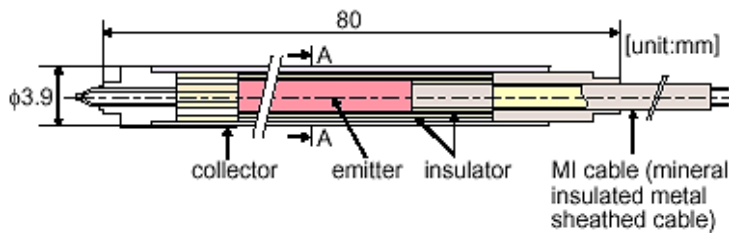
# Előzmények a KFKI-ban

- 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

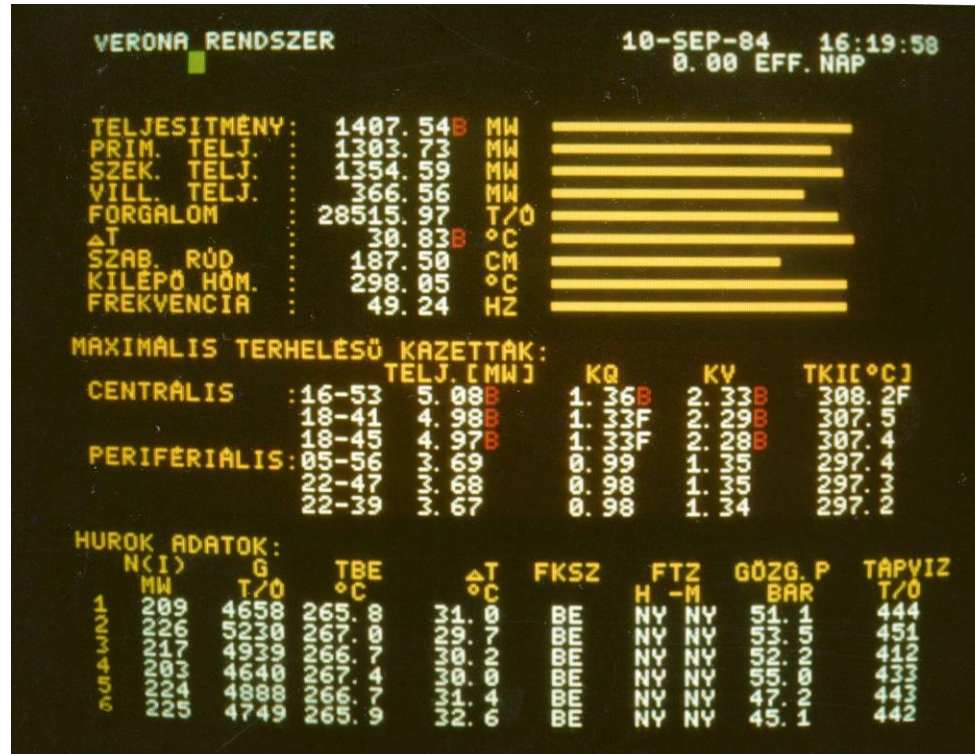


- In-core mérések:
  - 36 kazettában **SPND (ДПЗ)** detektorok, kazettánként 5 szinten
  - 210 kazettában kilépő hőmérsékletet mérő termopár
- Neutron fluxus mérés ródiummal:  
 $103\text{Rh} + n \rightarrow 104\text{Rh} + \gamma \rightarrow 104\text{Pd} + e^-$  ;  
 $T_{1/2} = 42 \text{ sec}$
- Az SPND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

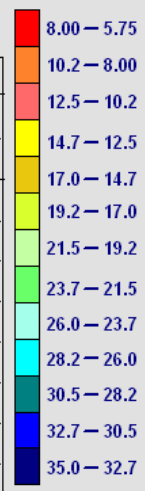
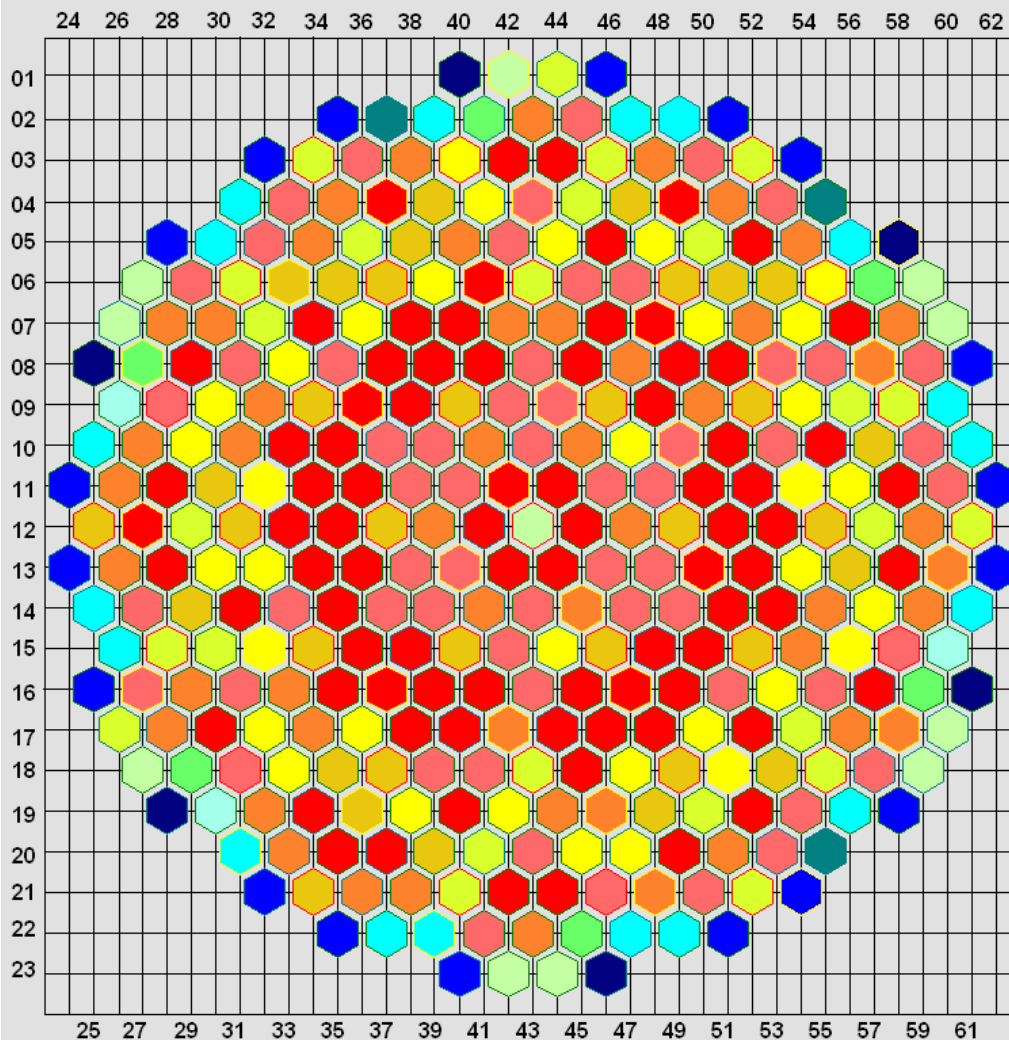


- Alapvető biztonsági funkció: a hat legjobban terhelt kazettában a forrástartalék meghatározása. Figyelem felhívás, ha a forrástartalék túlságosan kicsi.

# 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]



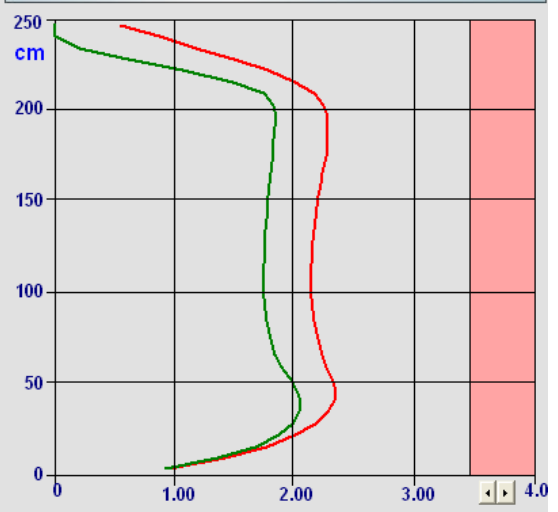
ÁTLAG: 14.2

- 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/m

RÁCS KI ZÓNATÉRKÉP:



# 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, vezénlyöt, vezénlyői interfészt és blokkszámítógépet Magyarország biztosítja.
- PAV vásárol egy ötödik vezénlyöt. VERTESZ átalakítás.
- MSZKI készíti el a vezénlyő 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

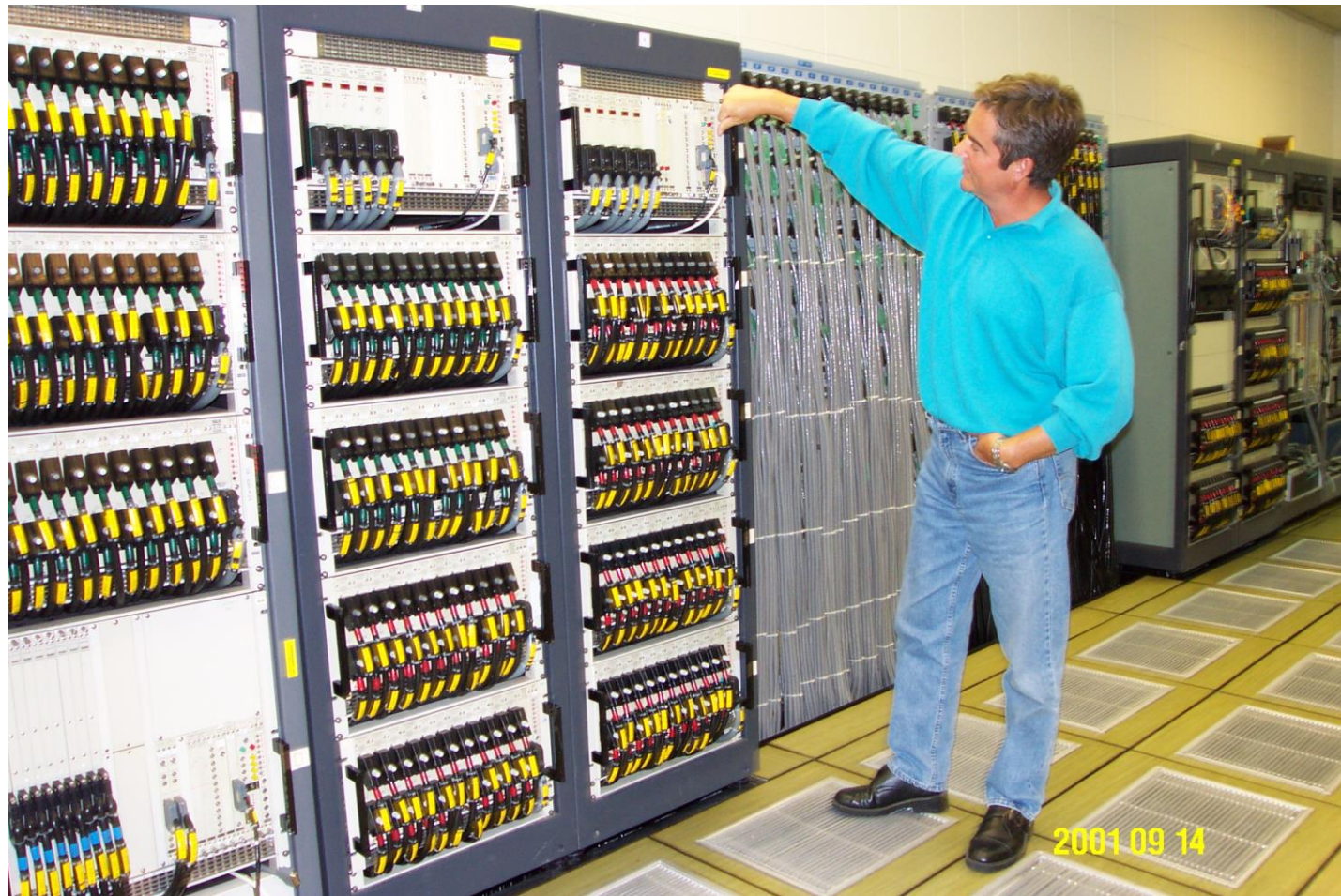
- A modell rendszerből csak a reaktor modell használható, minden más berendezés különböző. Igazi érték: a számítástechnikai kultúra és a szimulációs programcsomagok.
- Tranziens mérések elvégzése a 3. blokk átvétele során 1987-ben
- Átvételi tesztelés: 1988 január-május
- Szimulátor paksi átadása: 1988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

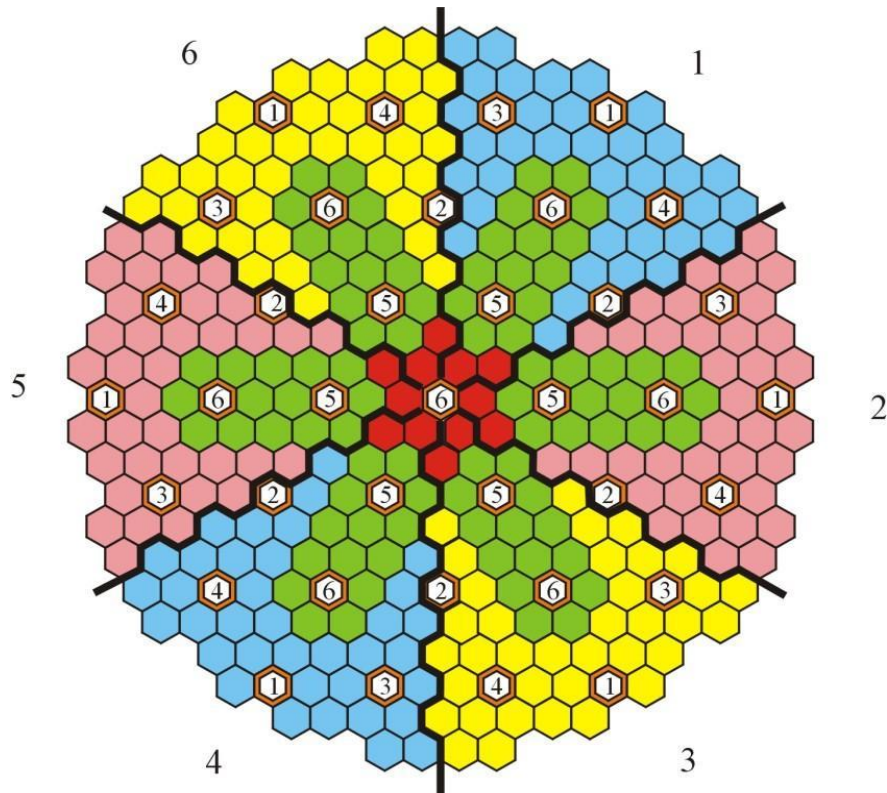
- Az interfész átadása 2001 végén.
- A CAMAC interfészt leszerelték 2002 nyarán.



# 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.**