

A KFKI szerepe a paksi számítástechnika kialakításában

Végh Endre

Veterán klub, 2014. október 3.

Tartalom

- Előzmények
- Ideiglenes archiváló rendszer
- VERONA
- Blokkszámítógép
- Teljesléptékű blokkszimulátor
- A szimulátor 4 továbbfejlesztése
- Ami kimarad:
 - Neutron zajdiagnosztika → Végh János
 - Sugárvédelem → Fehér István

Előzmény 1.



A 70-es évek közepén **Zobor Ervin** létrehozta a Számítógépes Reaktorirányítási Osztályt.

OMFB támogatással kísérleti számítógépes irányító rendszer a VVR-SzM reaktorhoz.

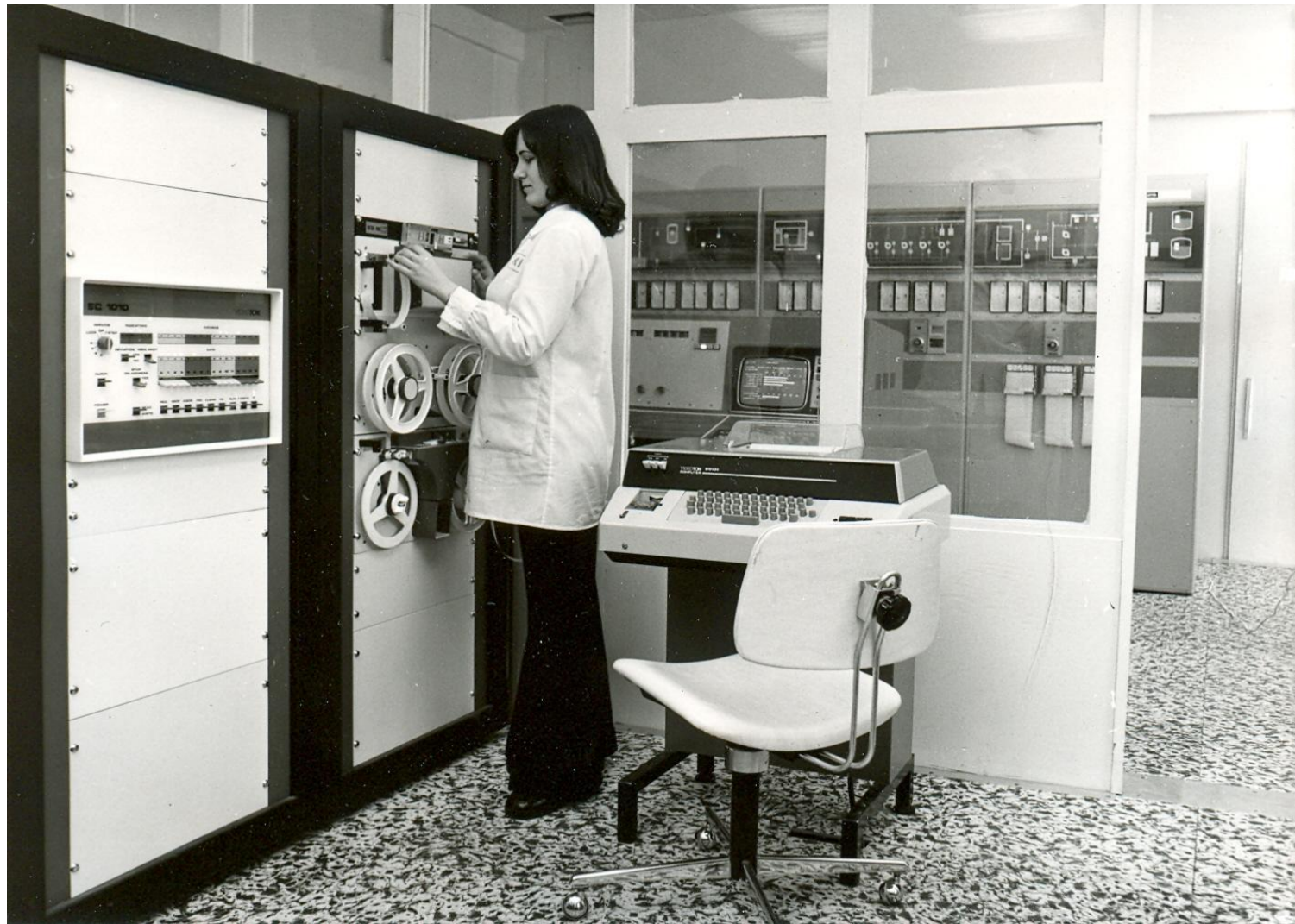
Feltétel: R-10 alapú rendszer legyen.

Mérésadatgyűjtés a SzTAKI PROCESS-8K programcsomaggal. Továbbfejlesztés: PROCESS-24K

Első sikeres szabályozási kísérlet: 1978. júliusában.

- Az irányító rendszer kidolgozói a Jánossy-díj I. fokozatát kapták 1979-ben.

R-10 gépterem



A kutatóreaktor számítógépes irányító rendszere



Előzmény 2.



- A moszkvai Kurcsatov Intézet kutatóreaktort szállított Líbiába, Tazsurába.
- 1979 áprilisában meghívást kaptunk a reaktor információs rendszerének szállítására. Határidő: 1980. július vége. Teljesítés értéke: 840 ezer USD.
- Védekezés a PROCESS-24k ellopása ellen. Megoldja: **Párkányi Tamás**.
- Bár a fejlesztés időben befejeződött, üzembe helyezés csak 1981 nyarán.
- A reaktor energetikai indítása 1983. márciusában

A tazsurai reaktor vezénylő terme 1981-ben



Előzmény 3

- A 70-es évek végére már legalább 70 mérés-automatizálási CAMAC rendszert készült az MSzKI-ban. A legnagyobb rendszerek Dubnába és a moszkvai Kurcsatov Intézetbe kerültek.
- 1975-77 között az MSzKI Ipari Alkalmazások Osztálya (**Vashegyi György** vezetésével) a Dunamenti Hőerőmű hat blokkja számára szállított TPA-i alapú blokkszámítógépet. Főbb jellemzők:
 - CAMAC mérőrendszer: 300 analóg input, 480 digitális input, 80 megszakításkérő jel,
 - OPAL folyamatirányító nyelv,
 - 256 kszó kapacitású MOM diszk,
 - display és írógép perifériák.
- A fentiekről részletes leírás található: **Lukács József**: TPA történet. Lyukszalagtól az informatikáig.

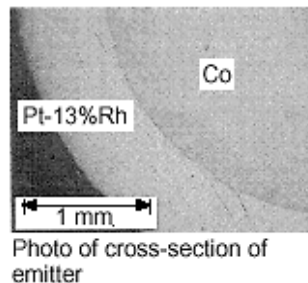
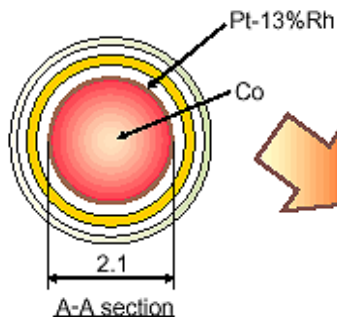
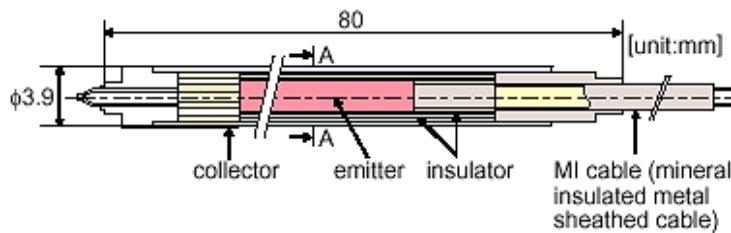
Első paksi aggodalmak

- Kulcsrakész erőművet vettünk. Az AEKI-ra nincs semmi szükség.
- 1982 tavaszán Paks felkérte az AEKI-t a számítástechnikai helyzet felmérésére.
- A szállítási szerződés csak a számítógép hardverének súlyát és a kilogrammonkénti egységárat tartalmazta. Program fejlesztés „elvtársi segítségnyújtás” keretében.
- **Feladat analízis** nem volt, nem volt mit számon kérni.
- Szoftver fejlesztés egységes irányítás nélkül egymással rivarizáló intézetekben. Az in-core mérések feldolgozása teljesen hiányzott.
- Javaslatok:
 1. Az AEKI ne vegyen részt a számítástechnika átadás-átvételében, mert azt nem lehet tisztességesen lefolytatni.
 2. Vállaljuk el az in-core mérések feldolgozását.
 3. A 3.-4. blokkok blokkszámítógépe legyen magyar. A KFKI készüljön fel ezek szállítására.

Ideiglenes archiváló rendszer

- 1982 decemberében Pónya József az AEKI segítségét kéri, mert a blokkszámítógép hiánya miatt nem lehet 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 CAM-2.05 digitális input egységen keresztül.
 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.
- Az orosz blokkszámítógép 1983 nyarán lett kész, ezután az ideiglenes archiváló rendszert leszerelték.

VERONA

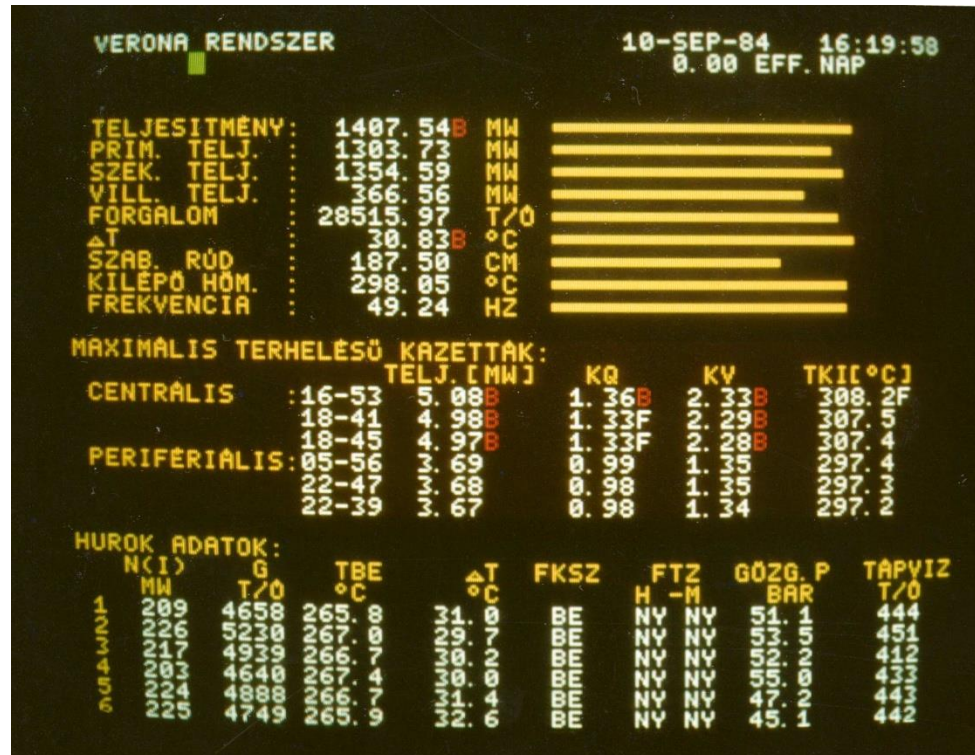


- In-core mérések:
 - 36 kazettában **SPND** (ДПЗ) detektorok, kazettánként 7 szinten
 - 210 kazettában kilépő hőmérsékletet mérő termopár
- Neutron fluxus mérés ródiummal:
$$^{103}\text{Rh} + n \rightarrow ^{104}\text{Rh} + \gamma \rightarrow ^{104}\text{Pd} + e^- ;$$
$$T_{1/2} = 42 \text{ sec}$$
- Az SPND detektor tápegység nélküli áramgenerátor.

VERONA

- 1983 elején szerződést kötöttünk 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.
- Detektor érzékenység időbeli változása: Cimbalov összefüggés
- Ideiglenes VERONA rendszer: TPA-1140 konfiguráció. Telepítés az 1. blokkban 1984 nyarán, 2. blokkban 1984 végén.

VERONA

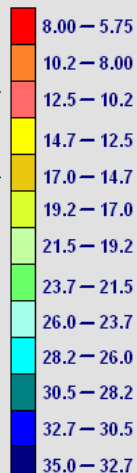
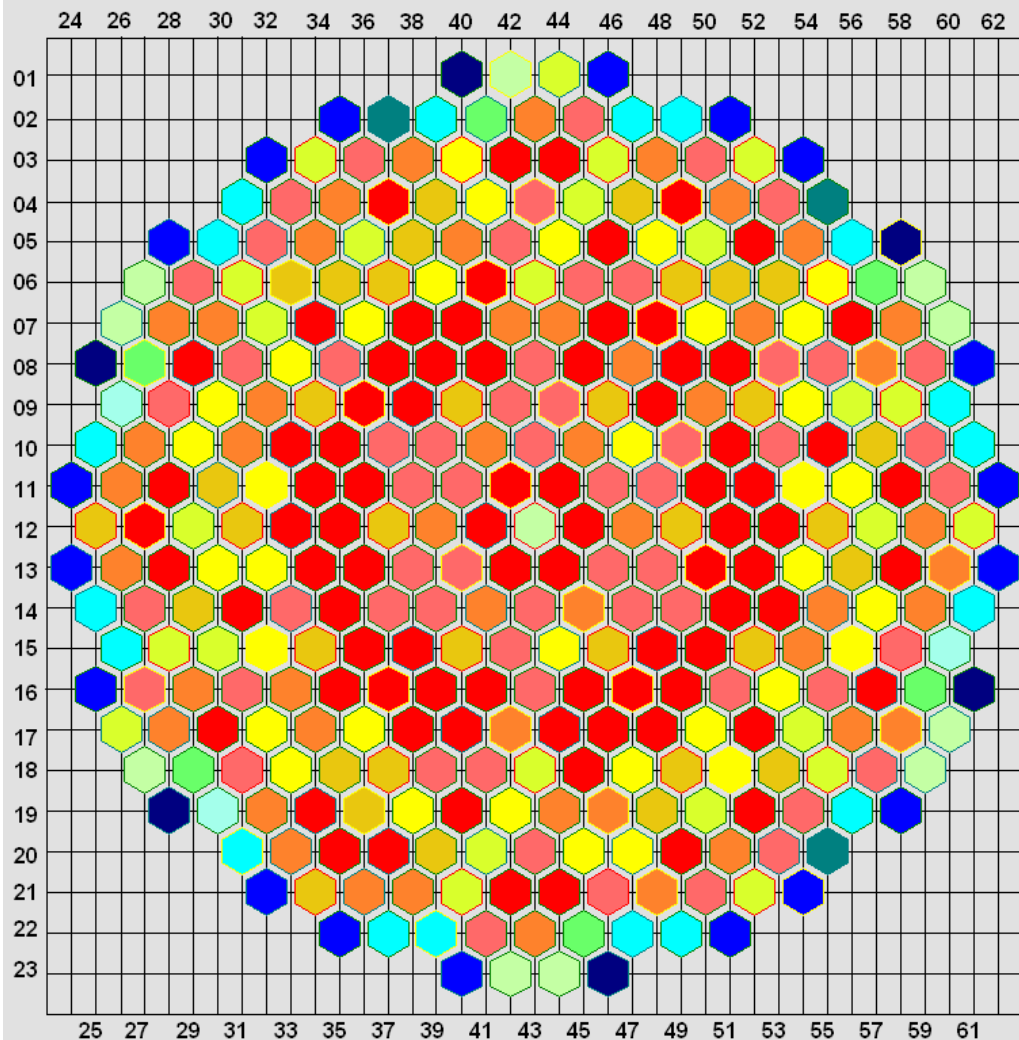


- Alapvető biztonsági funkció: a hat legjobban terhelt kazettában a forrástartalék meghatározása. Figyelem felhívás, ha a forrástartalék túlságosan kicsi.

VERONA

- A térbeli eloszlás megjelenítése speciális színes display egységgel. Az egységeket a Híradástechnikai Ipari Szövetkezet gyártotta.
- A megjelenítés legfontosabb elemei:
 1. 349 kazettát ábrázoló 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 kialakítását meghatározták:
 - **Adorján Ferenc**
 - **Bürger Gáborné**
 - **Valkó János**
- A VERONA rendszer az erőmű egyik legfontosabb rendszere lett és emiatt algoritmusait folyamatosan pontosították és szolgáltatásait állandóan bővítették **Végh János** vezetése alatt.

Minimális szubcsatorna kilépő hőmérséklet tartalék [°C]



ÁTLAG: 14.2

Szinkódolt
Számértékes
Státuszok

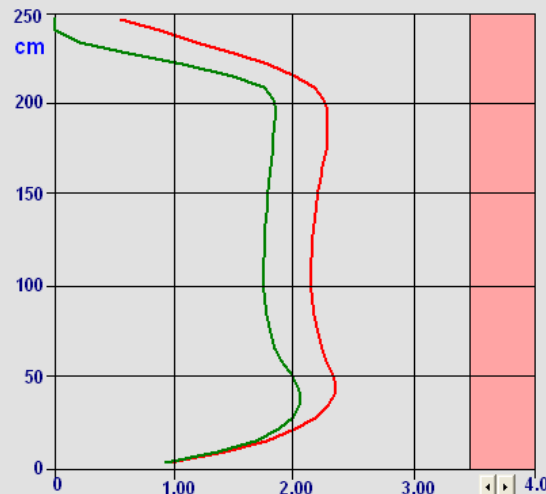
DPZ ☒
TP ☒
SZBV ☒
ÜRES ☒

RÁCS KI

ZÓNATÉRKÉP: Minimális szubcsatorna kilépő hőmérséklet tartalék [°C]

MAXIMÁLIS TERHELÉSŰ KAZETTÁK ELOSZLÁSAI [MW/m]

TS - t 11 - 36 WL - t 18 - 43



VAST. 2 SZÍN SZÍN VAST. 2 SZÍN SZÍN

REAKTOR PARAMÉTEREK

28

Hurok dT (relativ) :	100.69	F	%
Hurok dT (Átlag) :	30.21	F	°C
SZBV VI. csoport :	222.93		cm
Hidegági hőmérséklet :	264.92		°C
1. főgőz kollektor nyomás :	44.56		bar
2. főgőz kollektor nyomás :	44.30		bar
Hálózati frekvencia :	49.98		Hz
TS - t (minimum) :	5.75		°C
WL - t (minimum) :	71.89		W \ 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
- Szállítási szerződés az ERBE-vel 1984 elején. Az alsó szintet az MMG, a középső szintet az MSzKI, a felső szintet az AEKI kapta.
- 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

- Az adatgyűjtést és primer adatfeldolgozást 20 darab SAM telemechanikai rendszer látta el. A SAM rendszerek Intelligens CAMAC keretvezérlőn keresztül csatlakoztak a középshinthez.
- A középshin 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 VAX konfigurációt, vezénlyőt, vezénlyői interfészt és blokkszámítógépet Magyarországnak kell biztosítani.
- PAV vásárol egy ötödik vezénlyőt. VERTESZ átalakítás.
- MSZKI készíti el a vezénlyő interfészét CAMAC-ból (közel 10,000 input/output jel).
- MSZKI szállítja a finn specifikációnak megfelelő TPA-11/580 konfigurációt.
- AEKI és PAV biztosítja a fejlesztéshez szükséges embereket.

A TPA-11/580 konfiguráció Pakson.



Teljesléptékű Blokkszimulátor

- Feladat megosztás és felelősök:
 - Project vezetés és számítógép biztosítása: **Vashegyi György**
 - Modell rendszer: **Jánosy János Sebestyén**
 - Oktatói rendszer: **Lux Iván**
 - Vezénylői interfész rendszer: **Biri János**
 - Vezénylőtermi kommunikációs szoftver: **Kovács János**
 - Átvételi tesztek: **Végh Endre**
- A modell rendszerből csak a reaktor modell használható, minden más berendezés különböző. Igazi érték: a számítástechnikai kultúra és a szimulációs programcsomagok.
- Finn feltételezés: a vezénylő késni fog. Ezért
 - nagy kötbért reméltek
 - elvállalták a loviísi szimulátor továbbfejlesztését a magyar project-el párhuzamosan. Emiatt a saját fejlesztő gárdájukat Loviisába vezényelték a project második felében.

Teljesléptékű Blokkszimulátor

- A kötbér igényt Vashegyi sikeresen kivédte.
- A finn fejlesztő gárda eltűnése következtében
 - a mi szakembereink kezébe csúszott át a programfejlesztés irányítása, és
 - megvalósultak a Feladat Analízisből kimaradt funkciók (pl. nem a vezénylőből történő eszközök kezelése).
- Tranziens mérések elvégzése a 3. blokk átvétele során 1987-ben
- Átvételi tesztelés: 1988 január-május
- Szimulátor paksi átadása: 1988 végén.
- Oktatás megkezdése: 1989 január.



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 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.
- A primerköri modell fejlesztője: **Hózer Zoltán**. Konzulensként alkalmaztuk a SMABRE kód fejlesztőjét **Miettinent**.

Súlyos balesetek szimulációja

- Súlyos baleseti teszt adatok: **AGNES** (**A**dvanced **G**eneral and **N**ew **E**valuation of **S**afety) project-ből. Ez a munka Paks biztonságát elemezte a 90-es évek elején.
- 15 kiválasztott baleseti scenárió.
- A kis törések modellezése fontos, mert ott a kezelő személyzet be tud avatkozni. Nagy törések esetén ez lehetetlen, továbbá tilos!
- Miért kell nagy törést modellezni? Mi a haszna egy fél méter átmérőjű és 15 cm falvastagságú cső guillotine jellegű törése modellezésének?
- 1994 közepén adtuk át az új szimulátort.

Szimulátor mint próbapad

- 1996-ban Pakson elhatározták a teljes blokkvédelmi ellenőrző rendszer (BER) cseréjét az eredeti rendszer zajérzékenysége miatt. A BER-t a SIEMENS szállítja paksi algoritmusok alapján.
- Az új rendszert csak a szimulátoron lehetett tesztelni, de az 1 sec.-os ciklusidő túlságosan hosszú. VAX-al 0.2 sec.-os ciklusidő nem lehetséges. Számítógép csere AlphaServer-re, mert azon fut a VMS operációs rendszer.
- Az új gép utasítás szinten nem VAX kompatibilis. A szimulátor fejlesztő rendszere (SDS) nem állt rendelkezésre forrásnyelven. A finnek túlságosan sokat kértek érte, ezért az AEKI-ban az SDS-t **Bürger Gáborné és Végh Endre** újraírta.
- **GRASS** program: logikai hálózatok felrajzolása és egyidejűleg megoldása. Fejlesztést vezette: **Jánosy János Sebestyén**.
- A BER fejlesztés 3 fázisa:
 1. Az algoritmusok leírása GRASS segítségével, majd a kapott kód beépítése a szimulátorba és tesztelése az elképzelhető összes üzemzavarral.
 2. „Kiscsikó” üzemmód
 3. Hardware-in-the-loop teszt.

Szimulátor mint próbapad

- A „kiscsikó” üzemmódhoz a BER-t a SzTAKI PLC-kkel megépítette. A megépített BER és a szimulátorban futó modell összehasonlítása. Miután a megépített BER is hibátlan, a GRASS képek alkotják a dokumentációt a SIEMENS felé.
- Mindegyik elkészült SIEMENS készülék a blokkba beépítés előtt a szimulátoron tesztelve 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
 - Az interfész előregedett ,és egyre nehezebbé vált az alkatrész ellátás

Blokkvezénylő interfész cseréje

- A CAMAC interfész laboratóriumi mérésekre készült és nem ipari használatra.
- Az AEKI-ben kifejlesztettünk egy igénytelenebb, de több VME csatornát tartalmazó modul rendszert. Modulok: analóg output-, dig. input és output-, léptető motort meghajtó modul. Fejlesztő: **Kostka Ferenc**.
- Pilot interfész csere 1997-ben: SPEC.CAMAC keret kiváltása. VME processzor és operációs rendszer kiválasztás: BVME.
- 1999-ben szerződés a teljes rendszer cseréjére. A csere feltételei:
 - A vezénylő kábelezése érintetlen maradjon.
 - A csere alatt is üzemel 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. A gyártást irányította: **Almási Lajos** és **Biri János**.
- Kommunikációs szoftvert fejlesztette: **Bürger Gáborné** és **Házi Gábor**.

Blokkvezénylő interfész cseréje



Az interfész helyszíni szerelése

Blokkvezénylő interfész cseréje

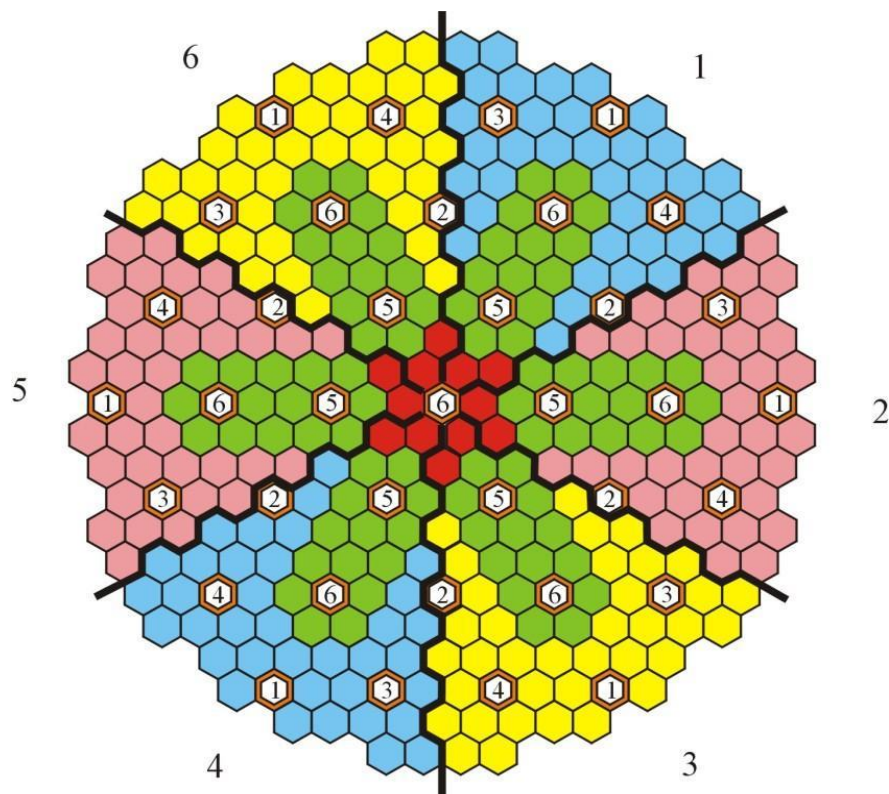
- Az interfész átadása 2001 végén.
- A CAMAC interfészt leszerelték 2002 nyarán.



Teljesítmény növelés

- Paks teljesítményét a 2000-es évek elején a reaktor teljesítményének növelésével 460 MW-ról 500 MW-ra növelik. A ciklusidő megrövidül.
- A ciklusidő visszaállításához több urán kell a kezdeti töltetbe. Célszerű áttérni kiegészítő mérget tartalmazó (gadolíniumos) üzemanyagra.
- A gadolíniumos üzemanyaggal változatos zónakonfigurációk jönnek létre, ezek kezelésére a szimulátoron kell felkészülni. Eddig nem volt szükség a reaktor térbeli szabályozására.
- A régi neutron-kinetikai modell térbeli felbontása nem elegendő és dinamikai tulajdonságai se megfelelőek. AEKI új reaktor modellt hoz létre: **KIKO3D**. Fejlesztést vezeti: **Keresztúri András**.
- A modell finomabb hőtechnikai nodalizációt igényel, emiatt új primerköri termohidraulikai modell kell. Az AEKI saját kétfázisú termohidraulikai modellt fejleszt : **RETINA**. Fejlesztést vezeti: **Házi Gábor**.
- A részletesebb térbeli felbontás nagyobb teljesítményű szimulátor számítógépet igényel: 4 magos **Itanium 3600** server. 64 bites processzor. Számábrázolási problémák (CRDBMF file). A szimulátor programrendszer átszervezése négy párhuzamos szálra. A fejlesztést **Bürger Gáborné** végezte.

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.