

Csernobil: tények és tévhitek



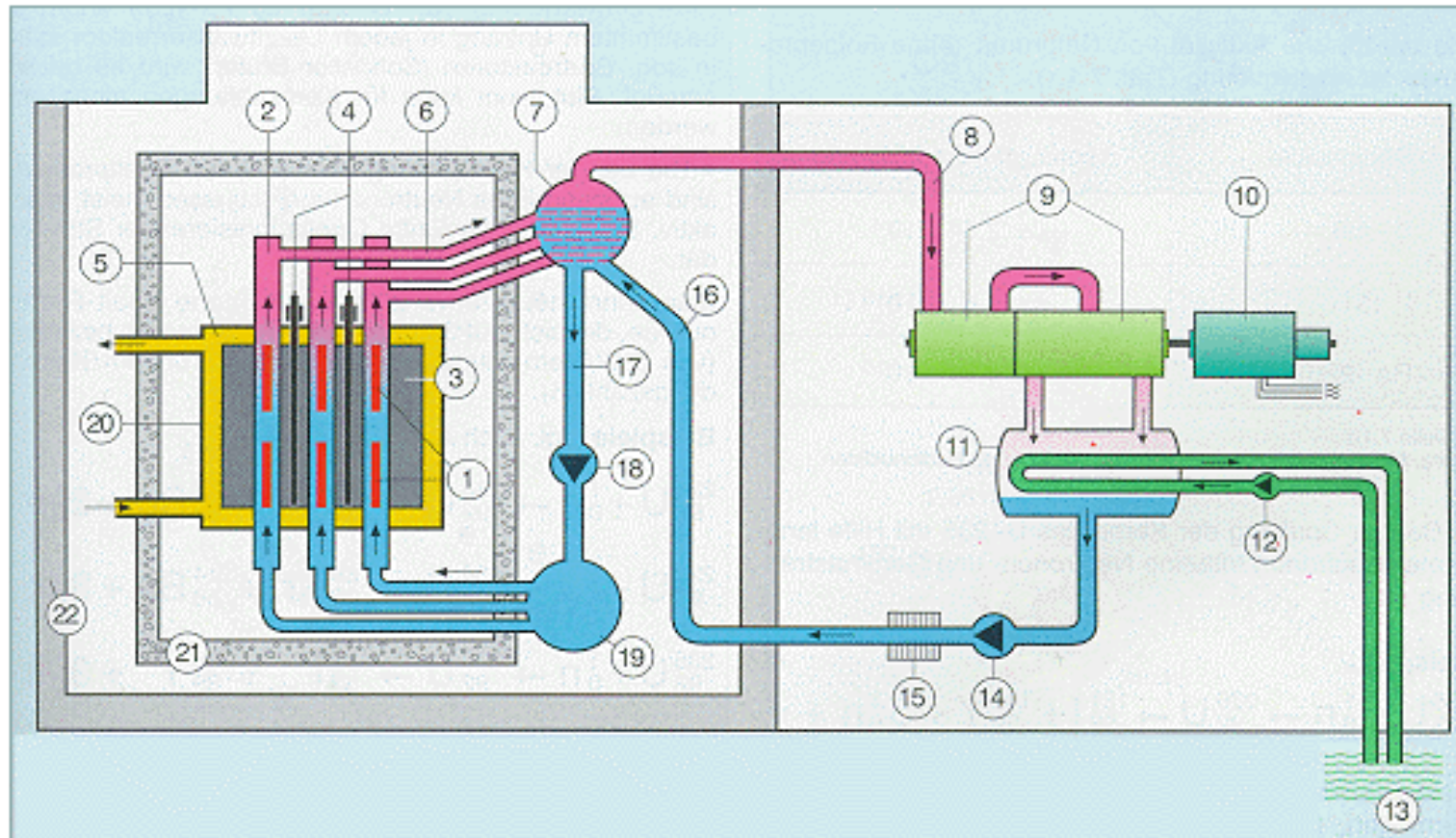
Dr. Pázmándi Tamás
KFKI AEKI

Dr. Aszódi Attila
BME NTI

pazmandi@sunserv.kfki.hu

Miskolc, 2006. november 22.

RBMK - Nagy teljesítményű, csatorna típusú reaktor



- | | | | |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 Urán üzemanyag | 7 Cseppleválasztó/gőzdob | 13 Hőelvezetés | 18 Keringtető szivattyú |
| 2 Hűtőcső | 8 Gőz a turbinához | 14 Tápvíz szivattyú | 19 Vízelosztó tartály |
| 3 Grafit moderátor | 9 Gőzturbina | 15 Tápvíz előmelegítő | 20 Acélköpeny |
| 4 Szabályozórúd | 10 Generátor | 16 Tápvíz | 21 Betonárnyékolás |
| 5 Védőgáz | 11 Kondenzátor | 17 Víz visszafolyás | 22 Reaktorépület |
| 6 Víz/gőz | 12 Hűtővíz szivattyú | | |

Az RBMK típus előnyei és hátrányai

Előnyök:

- Elérhető egységteljesítménynek nincs felső határa
- Üzemanyagcsere lehetséges a reaktor leállítása nélkül
- (Gazdaságosan alkalmazható lenne fegyverminőségű plutónium termelésére)

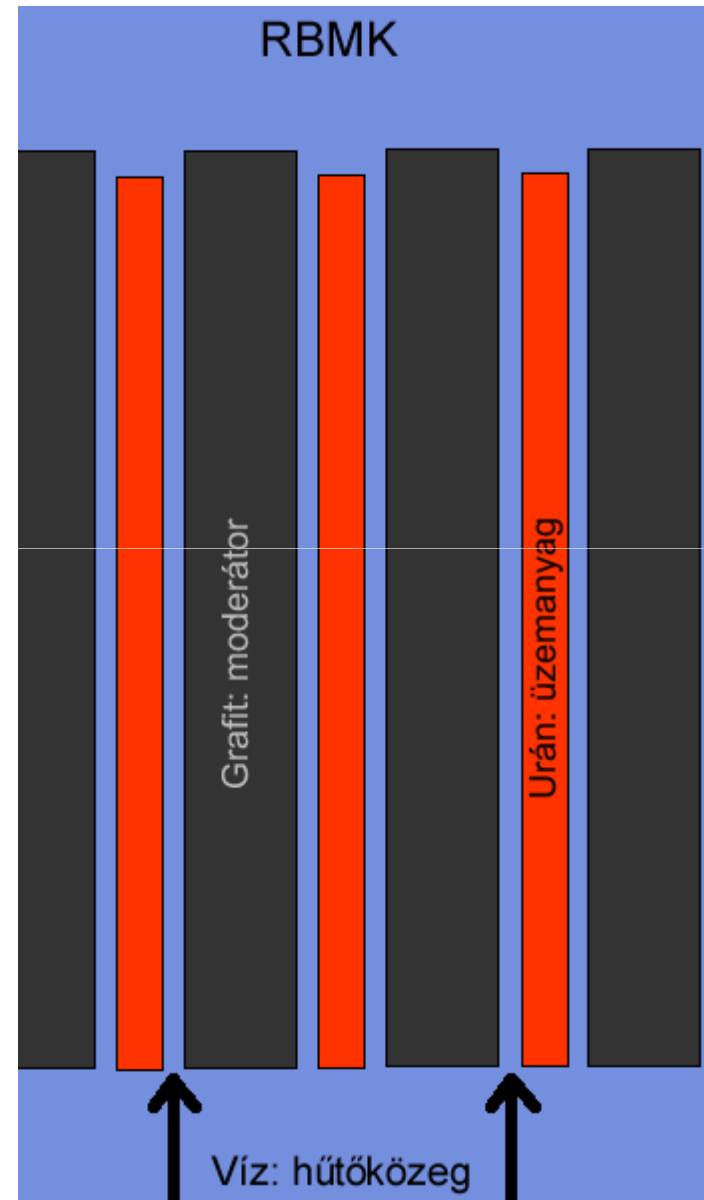
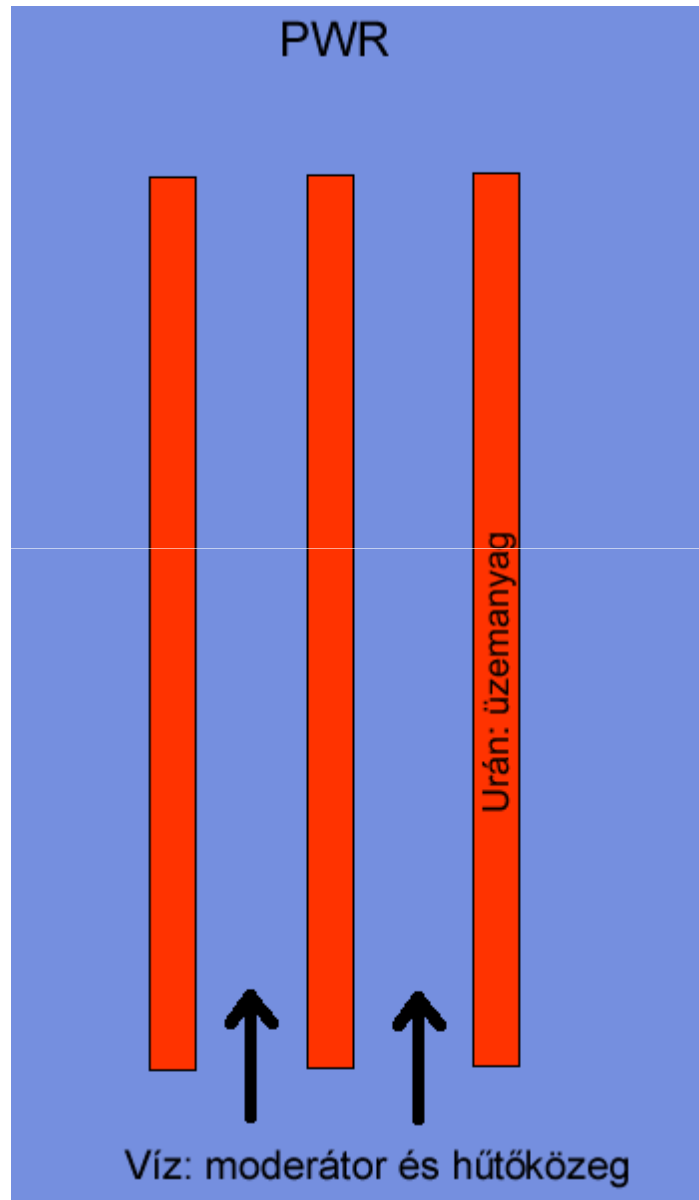
A Szovjetunió a katonai plutónium-termelő reaktorokkal szerzett tapasztalatait felhasználva **kifejlesztette** az RBMK típust.

Hátrányok:

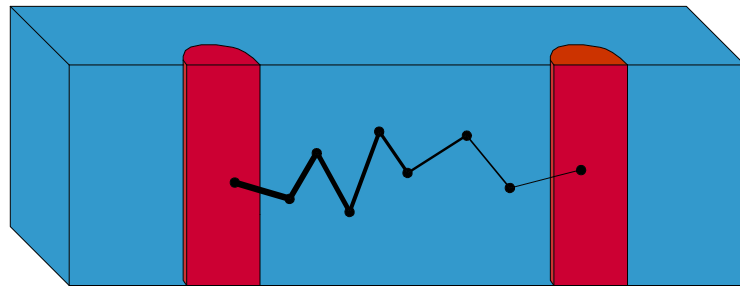
- Nehézkes szabályozás a nagy méret miatt
- **Inherens biztonság** feltételeit nem elégíti ki
- Nincs nagy nyomásra méretezett reaktortartály
- Nincs baleseti szituációkra méretezett védőépület

Az USA az 50-es évek elején (többek között Teller Ede javaslatára) **megtiltotta** a típus civil alkalmazását.

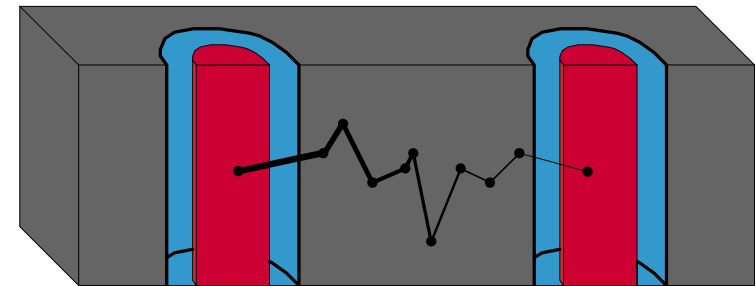
A PWR és az RBMK közötti fizikai különbségek



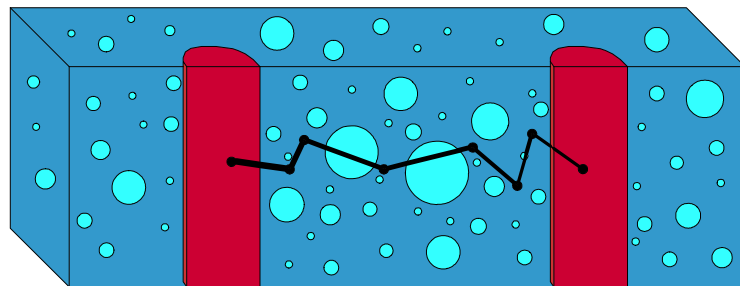
A PWR és az RBMK közötti fizikai különbségek



víz urán víz urán víz

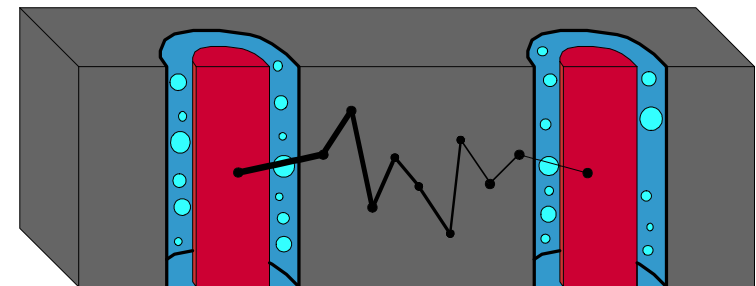


urán grafit urán
víz víz víz víz



víz urán víz urán víz

Nyomott vizes reaktor



urán grafit urán
víz víz víz víz

Csernobili típusú reaktor

Az RBMK és a könnyűvízes reaktorok közötti legfőbb különbségek

RBMK

A reaktivitás teljesítménytényezője pozitívvá válhat, azaz öngerjesztő folyamatok indulhatnak be.

Nincs védőépület.

A hűtés elvesztése nem vonja maga után a láncreakció leállítását.

A grafit moderátor gyúlékony és vízzel érintkezve éghető gázokat termel (CO, H₂).

PWR,BWR,VVER

A reaktivitás teljesítménytényezője minden üzemmódban negatív, a folyamatok önszabályozóak.

Néhány régebbi egység (VVER-440/230) kivételével van lokalizációs torony vagy konténment.

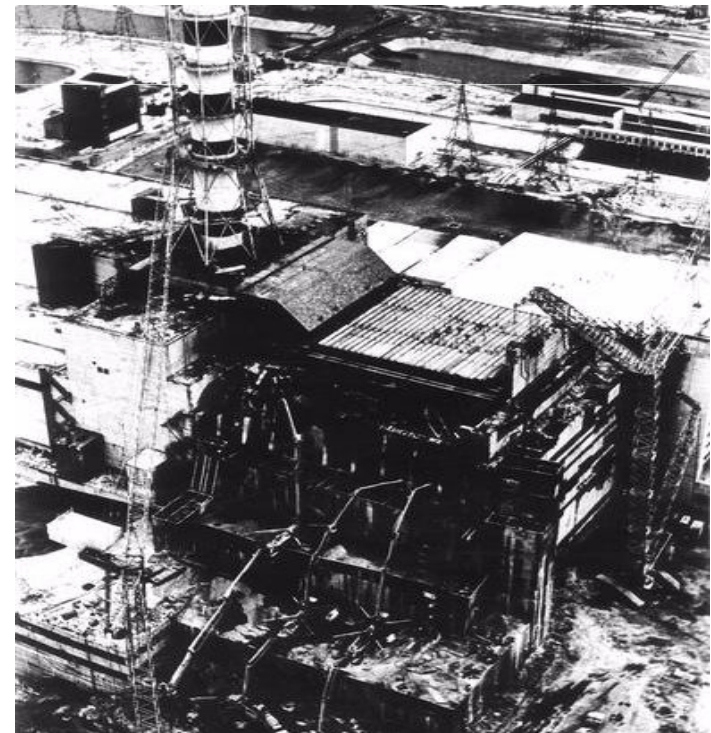
A hűtés elvesztésekor leáll a láncreakció.

A víz nem éghető, az üzemanyagpálcák burkolatának oxidációjából keletkező hidrogén esetleges felrobbanását kibírja a konténment.

A balesethez vezető okok összefoglalása

Konstrukciós hibák:

- alacsony teljesítményen erősen pozitív üregegyütthető;
- nagy méretű zóna bonyolult szabályozással;
- a reaktorban alkalmazott anyagok szerencsétlen kombinációja (víz-grafit-cirkónium);
- nem építettek védőépületet;
- nem volt reaktortartály;
- nem méretezték nagy mértékű hűtőközeg-vesztés lekezelésére;
- fontos biztonsági rendszereket az operátorok kikapcsolhattak.



A balesethez vezető okok összefoglalása

Társadalmi okok:

- ilyen konstrukciós hiányosságok mellett a típus építését más országban aligha engedélyezték volna;
- a kísérlet terve nem volt engedélyeztetve a megfelelő szakértői intézetekkel és a hatósággal;
- az operátorok még a rossz tervtől is el mertek térni (üzemeltetői fegyelem és biztonsági kultúra hiánya);
- sok fontos technológiai korlátot csak a szabályzat rögzített, technikai berendezés nem akadályozta meg a korlát átlépését;
- reaktorbiztonsági kutatások nem megfelelő szintje;
- USA - Szovjetunió párbeszéd hiánya.

Ilyen erőművet sehol a világon nem lenne szabad építeni és üzemeltetni!

Az RBMK reaktorokon a csernobili atomerőmű-baleset után végrehajtott módosítások

- Új zónatervezési módszerekkel, az üzemanyag összetételének módosításával mérsékeltek, illetve megszüntették az öngerjesztő jelleget.
- Jelentősen megnövelték a biztonságvédelmi (vészleállító) rendszer beavatkozási sebességét.
- A névleges teljesítményt az egyes blokkokon 50-300 MWe értékkel csökkentették.
- A korábbiakhoz képest javított üzemzavari elemzések, számítógépes szimulációk készültek.
- Üzemviteli kultúrát érintő módosításokat vezettek be.
- Szimulátoros gyakorlatokkal, korszerű oktatási módszerek bevezetésével növelték az üzemeltetők képzési színvonalát.

Összefoglalás

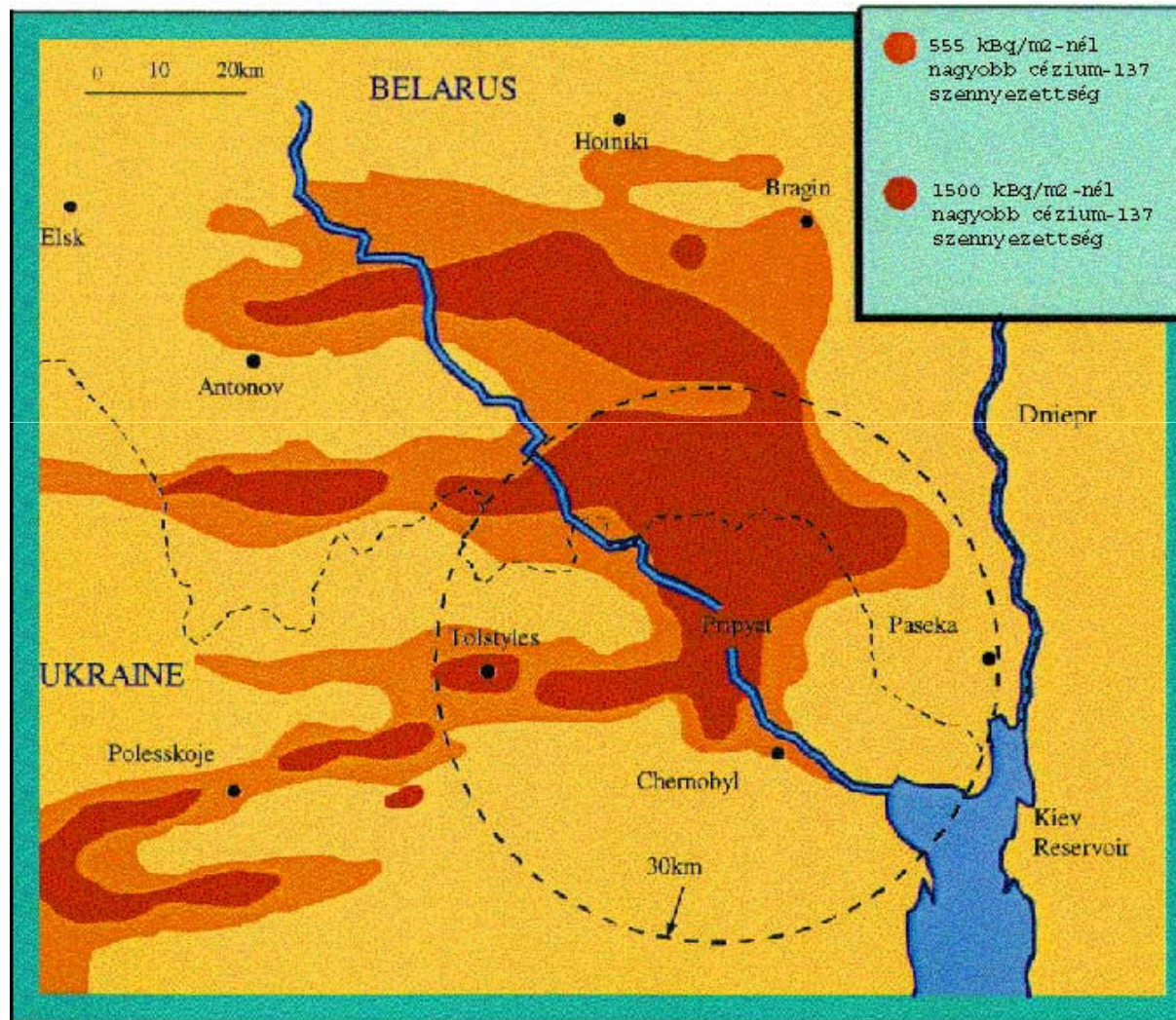
- Csernobil tanulsága: az erőművek biztonságát szigorú tervezési kritériumok betartásával, az üzemeltetők magas színvonalú képzésével és hatékony ellenőrzésével kell garantálni.
- Egyéb reaktortípusokban az RBMK-nál fennálló műszaki hiányosságok nincsenek meg, így a csernobilit megközelítő méretű és hatású baleset más reaktorokban nem képzelhető el!

A csernobili baleset egészségügyi következményei

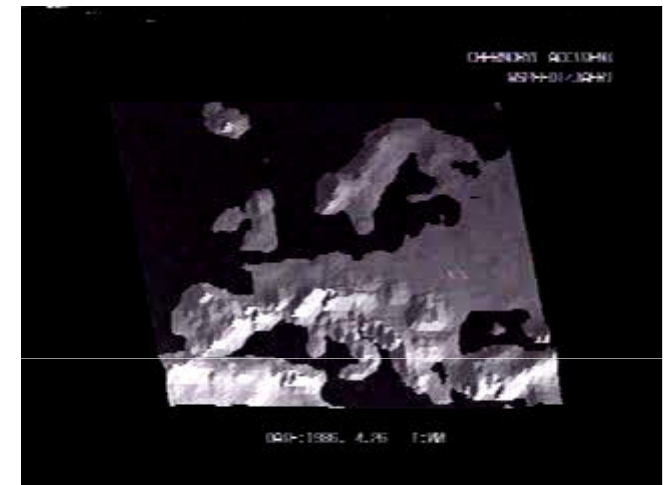
- A kikerült radioaktív anyagok összes aktivitása a becslések szerint 1-2 EBq lehetett.
- A környezetbe került:
 - a nemesgázok 100 %-a,
 - I, Te, Cs 10-20 %-a,
 - üzemanyag és a kevésbé mozgékony izotópok (Sr, Zr) 3.5 %-a.



A csernobili baleset egészségügyi következményei



Credit: IPSN



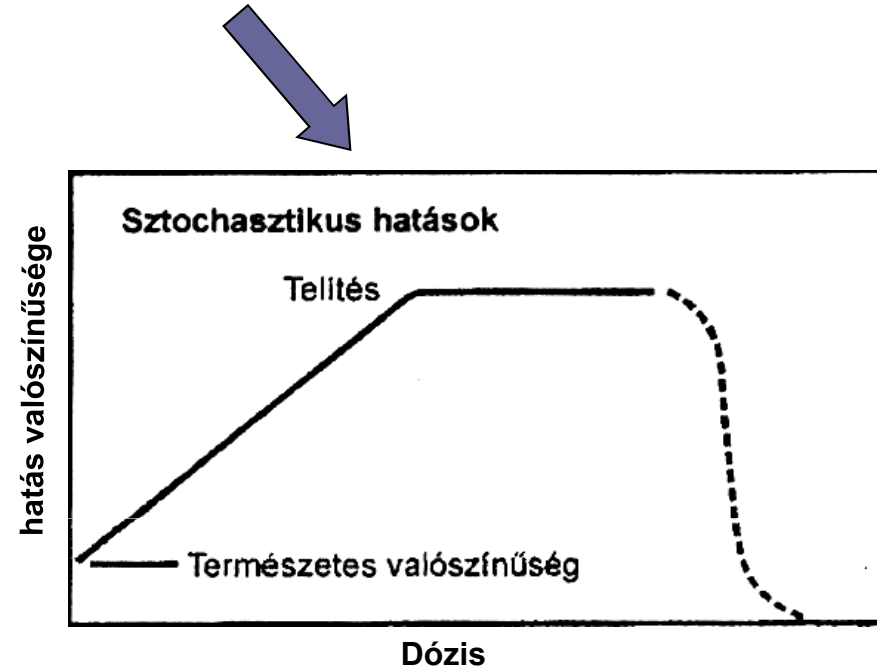
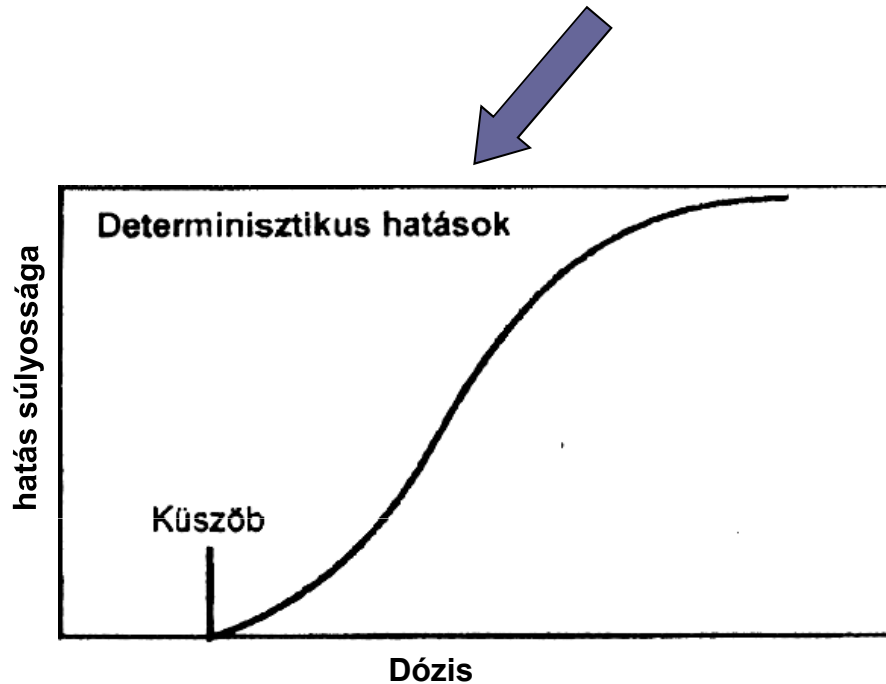
A csernobili baleset egészségügyi következményei

- Baleset közvetlen áldozata 3 fő (1 szívinfartus, 2 épület ráomlás miatti elhalálozás)
- Összesen 237 embert (erőművi dolgozót és tűzoltót) szállítottak akut sugárbetegség miatt kórházba. Közülük:

Becsült dózis (Gy)	Betegek száma	Halálesetek száma
6 - 16	21	20
4 - 6	21	7
2 - 4	55	1
<2	140	0
Összesen:	237	28

- A közvetlen áldozatok zöme tűzoltó volt.

Biológiai hatások



- szövetek, szervek, szervezetek károsodása
- több sejtből kiindulva

- rosszindulatú daganat-keltés
- egy-egy sejtből kiindulva

2005. szeptemberi NAÜ

Csernobil konferencia fő üzenete

- A korábbi 28 helyett összesen **50 ember halálát** hozták közvetlen összefüggésbe a baleset utáni nagy sugárdózisok determinisztikus hatásával (zömük tüzoltó volt).
- 2004 decemberéig **4000 gyermeknél diagnosztizáltak pajzsmirigyrákot. Közülük 9-en haltak meg.** Korai diagnózis esetén a pajzsmirigyrák jól gyógyítható (99% fölötti gyógyulási arány).
- A 150 mSv fölötti dózist kapott **likvidátorok között duplájára nőtt a leukémia** gyakorisága.
- **Egyéb daganatos betegségeknél statisztikailag nem kimutatható a gyakoriság növekedése!**
- **Genetikai hatást az érintett emberek utódjaiban nem tudtak kimutatni!**

2005. szeptemberi NAÜ Csernobil konferencia fő üzenete

- Összesen **340.000 embert telepítettek ki** a legszennyezettebb területekről.
- Összesen 5.000.000 ember él ma olyan területen, ahol az effektív dózis többlet a csernobili kihullásból (37 kBq/m² fölötti ¹³⁷C szennyeződés) kevesebb, mint 1 mSv/év (normál természetes háttér +40%-a).
- Ma 100.000 olyan lakos van még, akik 1 mSv/év fölötti csernobili eredetű többletdózist kapnak.

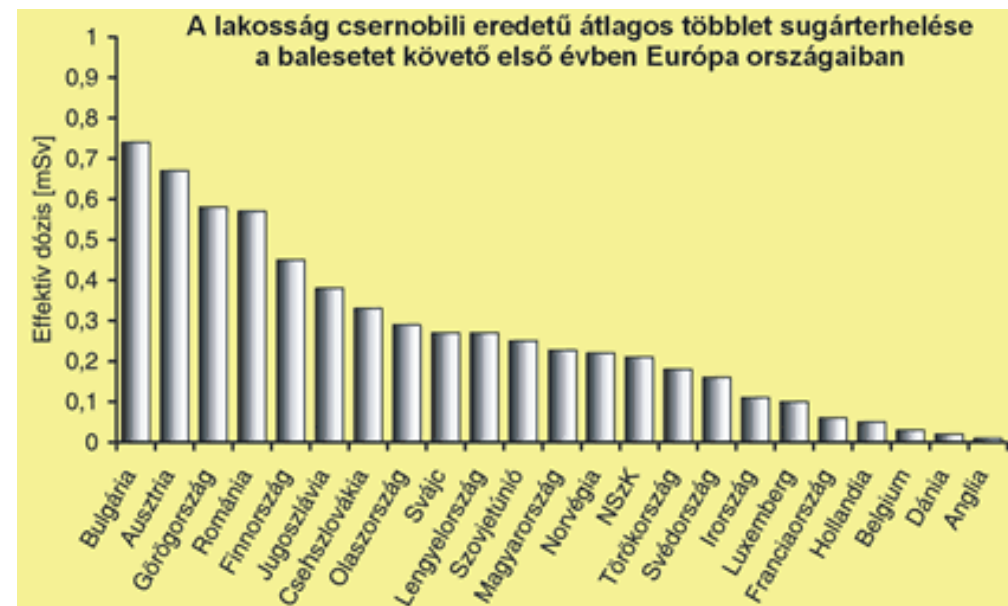
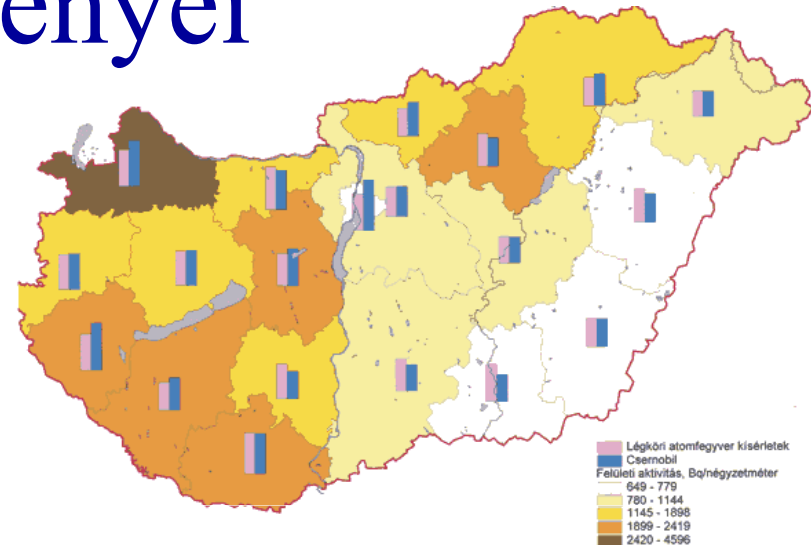
2005. szeptemberi NAÜ

Csernobil konferencia fő üzenete

- A nemzetközi felmérések szerint a legterheltebb 200.000 likvidátor, a 116.000 legterheltebb kitelepített lakos és a legerősebben szennyezett területen élő lakosság (mindösszesen 600.000 ember) 70 éves élettartama alatt **kb. 4000 többlet rákos haláleset várható** a többlet dózis következtében.
- Ez statisztikailag aligha lesz kimutatható, hiszen a nem érintett népességben is 25% a rákos megbetegedések részaránya.
- Ebben a magas alapban a 4000 többlet eset nem lesz látható, az csak statisztikai alapon becsülhető.
A tényleges szám bizonytalan, kb. 4000 ± 1000 .

A csernobili baleset egészségügyi következményei

- Magyarország:
 - az átlag magyar lakos várhatóan egész élete során összesen 0,23 mSv külső és 0,09 mSv belső terhelésből származó effektív egyenértékű dózist kap.
 - Ez összesen 0,3-0,4 mSv-et jelent.
(A természetes sugárzás évente átlagosan 2-3 mSv.)
 - Európai viszonylatban ez a "középmezőnyt jelenti".



Magyar tudományos expedíció Csernobilban

Magyar Nukleáris Társaság (MNT)
+ MNT FINE szakcsoport

2005. május 28. – június 4.

Feladatmegosztás, csoportok

Célok: saját tapasztalatok, hiteles mérések, fiatalok oktatása, film- és fotókészítés

Feladatok, szakmai csoportok, csoportvezetők és a résztvevők beosztása:

- TLD –Apáthy István**, KFKI AEKI,
 - Pázmándi Tamás, Kulacsy Kati, Kassai Zsuzsa,
 - Terepi mintagyűjtés, forrórészecskék lokalizálása, elemzése – Dr. Vajda Nóra**, BME NTI,
 - Surányi Gergő, Petőfi Gábor, *Hadnagy Lajos*, **Yamaji Bogdán**, **Dombó Szabolcs**, Silye Judit,
 - In-situ gamma spektroszkópia – Dr. Zombori Péter**, KFKI AEKI,
 - Dr. Bódizs Dénes, Treszl Gábor, *Betlehemi Sz.*, **Dombó Szabolcs**,
 - Ökológiai hatásfelmérés – Dr. Tarján Sándor**, FM
 - Vér Nóra, Vörös Csaba, Csapó József, Szabó Lídia, Defend Szabolcs, Kocsy Gábor, Kassai Zsuzsa, **Beregnyei Miklós**, **Aszódi Attila**,
 - Sugárvédelem – Dr. Sági László**, KFKI AEKI
 - C. Szabó István, Nényei Árpád, Kulacsy Kati (GPS), **Légrádi Gábor**,
 - Épület és technológia állapotfelmérése – Hadnagy Lajos**, PART
 - Betlehemi Szabolcs, **Szerencse Tibor**, **Légrádi Gábor**, **Beregnyei Miklós**, Silye Judit,
 - Dokumentálás, kommunikáció – Dr. Aszódi Attila**, BME NTI,
 - TV-stáb (Horkai Pál, Markiel János), Pázmándi Tamás, Silye Judit,
 - Fotó: **Dombó Szabolcs**, **Légrádi Gábor**, **Beregnyei Miklós**, **Yamaji Bogdán**, **Aszódi Attila**, **Szerencse Tibor**,
- **Helyszíni ügyintézés: Hadnagy Lajos, Kassai Zs.,**
 - **A szakmai munkát koordinálja és a csoportot vezeti: Dr. Aszódi Attila.**

Sugárvédelmi ellenőrzés

- Felkészülés a szennyezett területen való munkára.
- Belső sugárterhelés meghatározása
 - egésztest számlálás az út előtt és azután, az esetleges inkorporáció és dózisterhelés ellenőrzésére (AEKI, PARt)
- Senkinél sem volt csernobili belső terhelés kimutatható.



Sugárvédelmi ellenőrzés

- Külső sugárterhelés meghatározása
 - TLD minden résztvevő számára (űrdozimetria, AEKI)
 - hatósági film- és TL dózismérők
 - elektronikus személyi doziméterek

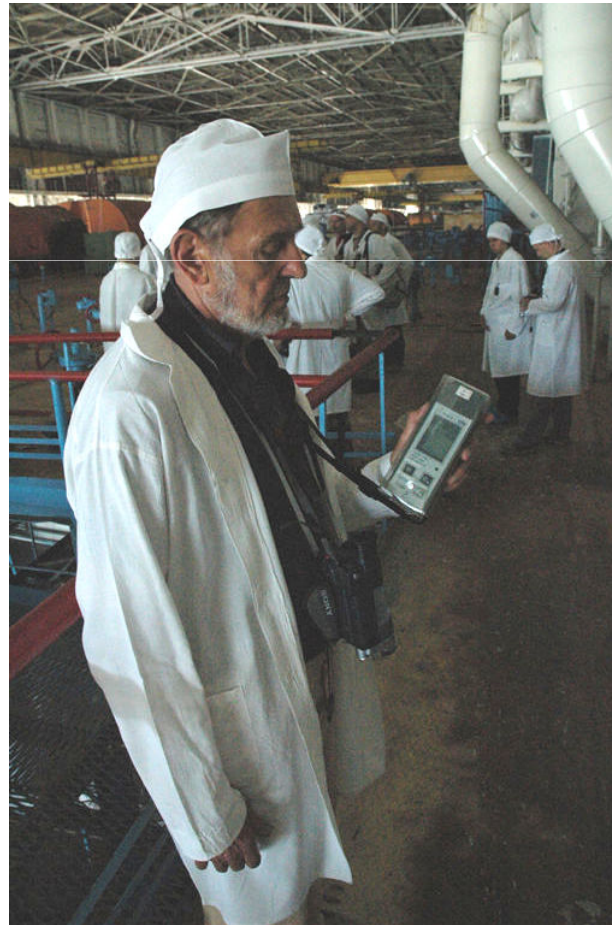


Sugárvédelmi ellenőrzés

- nagy pontosságú OMH hitelesített kéziműszerek
- az út fontosabb szakaszain folyamatos, GPS-szel szinkronizált dózisteljesítmény regisztrálás



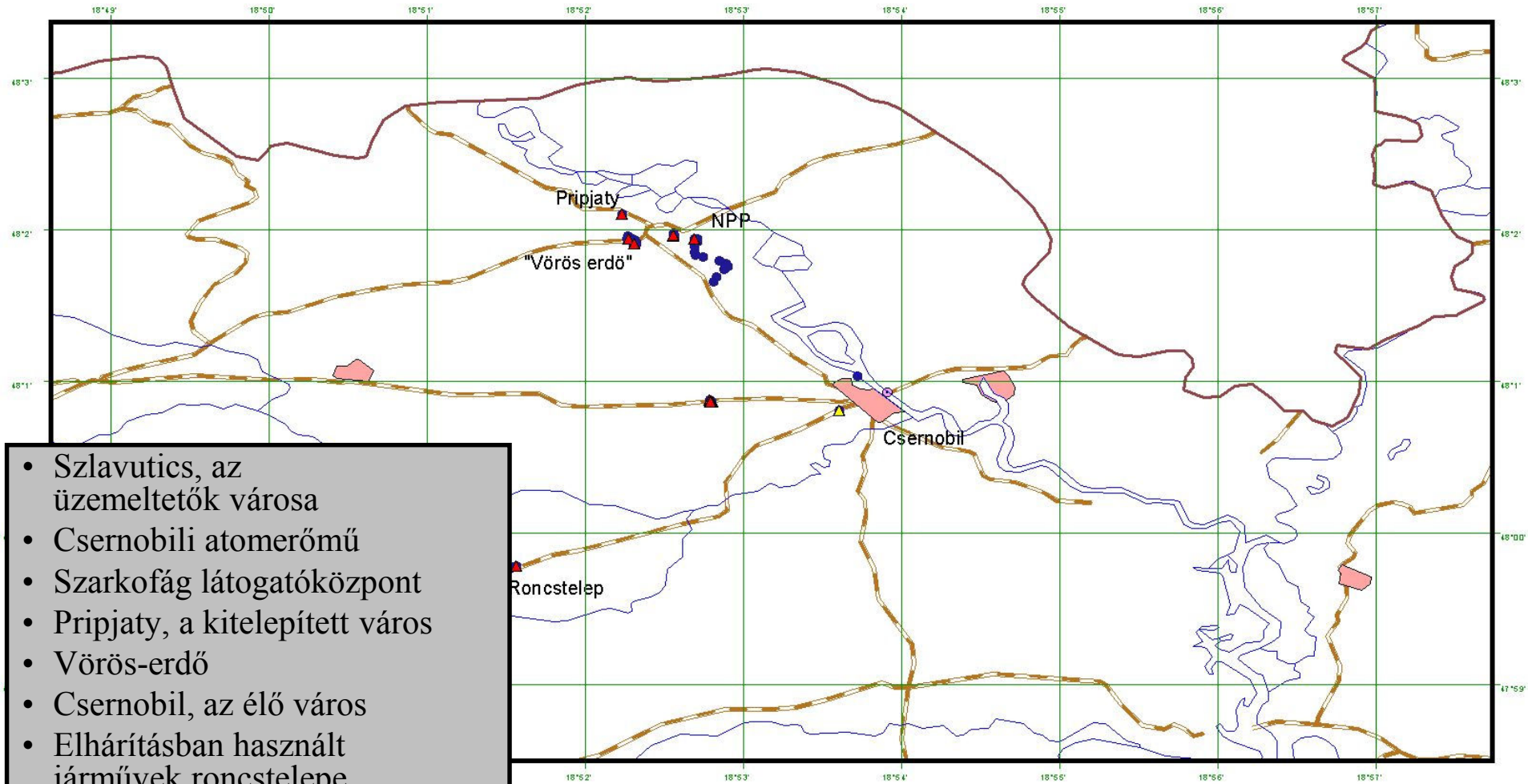
TIT Miskolc, 2006.11.22.



Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi



Csernobil körzet, mérési és mintavételi pontok

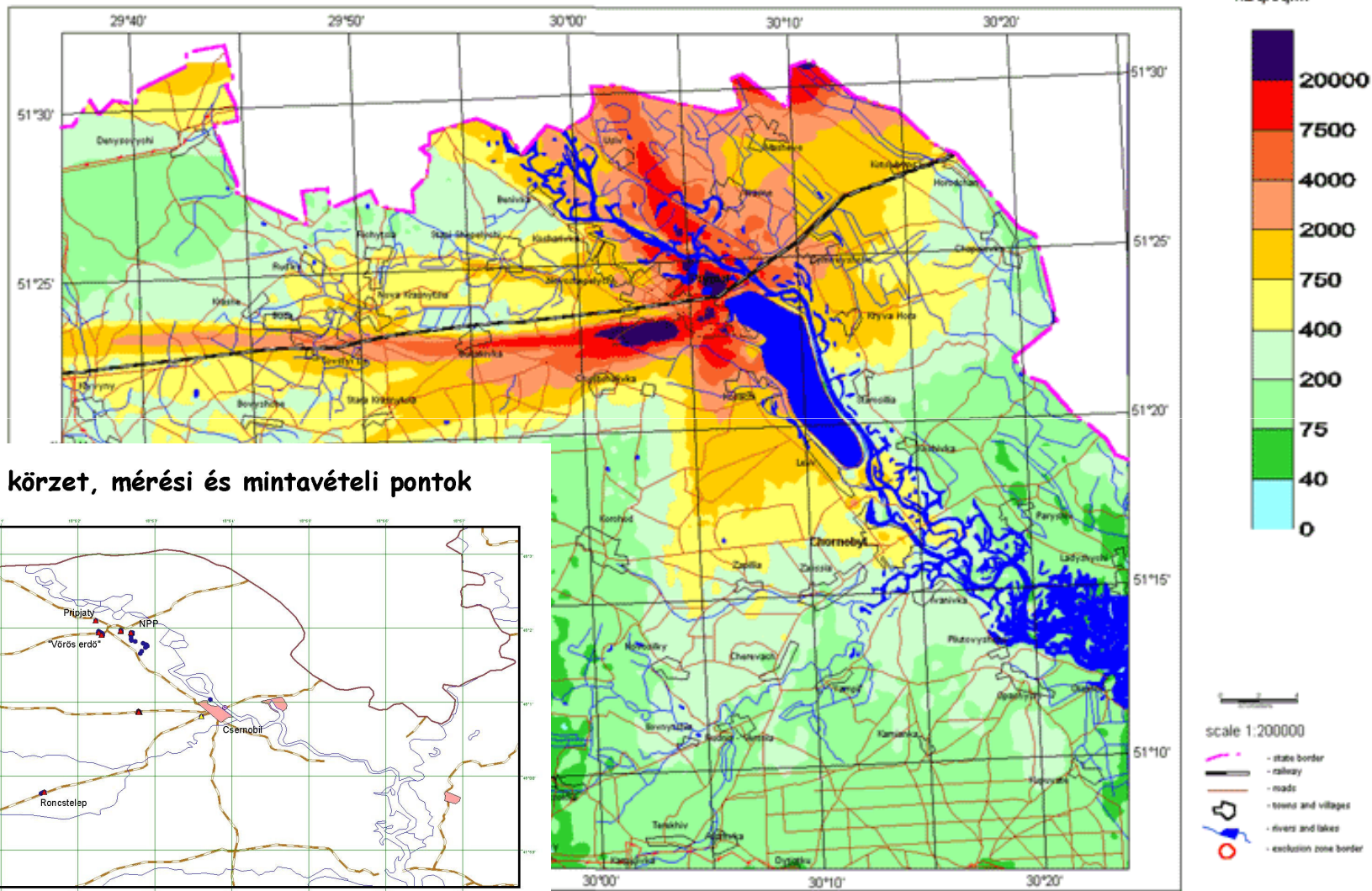


- Szlavutics, az üzemeltetők városa
- Csernobili atomerőmű
- Szarkofág látogatóközpont
- Pripjaty, a kitelepített város
- Vörös-erdő
- Csernobil, az élő város
- Elhárításban használt járművek roncstelepe
- Akkreditált terepi referencia mérőhely
- Nemzetközi Csernobil Központ szlavuticsi laboratóriuma

2005. 05.31-06.02.

Felkeresett helyszínek szennyezettsége

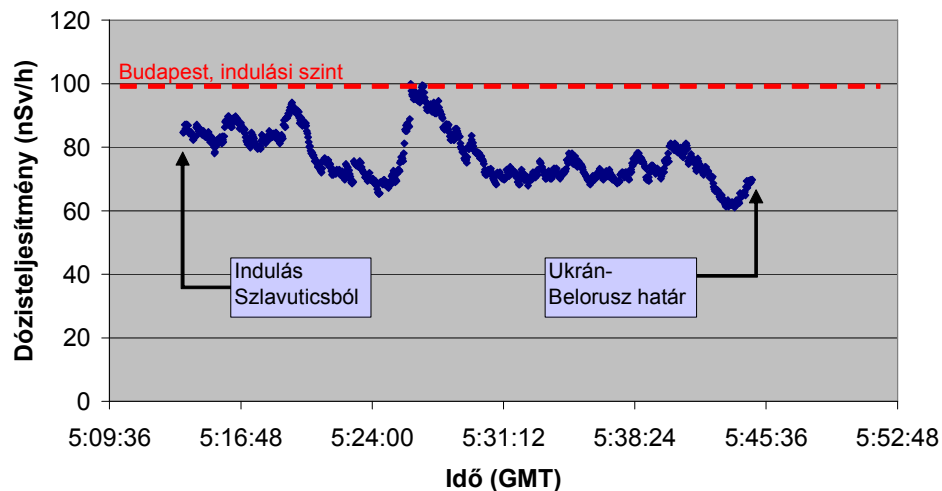
The map of the 30-km Chernobyl zone terrestrial density of contamination with cesium-137 (on 1997)



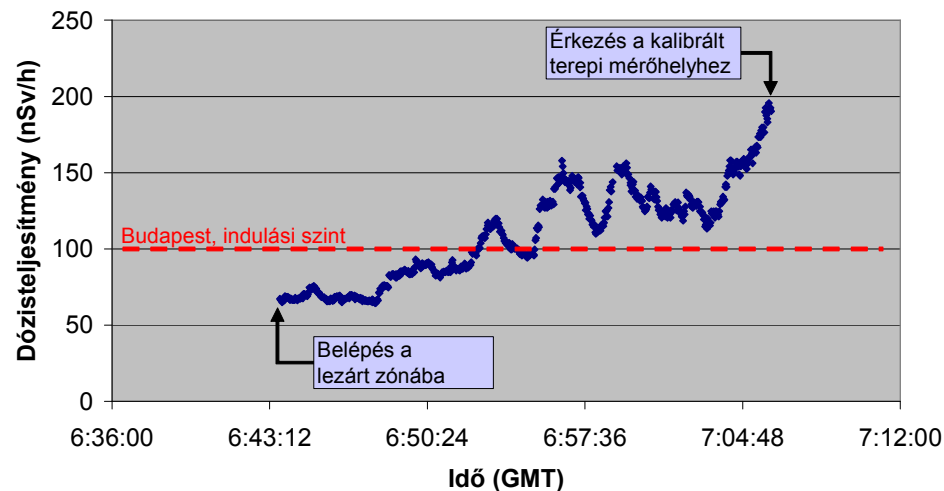
2005. 05.31-06.02.

Folyamatos dózisteljesítmény-mérés

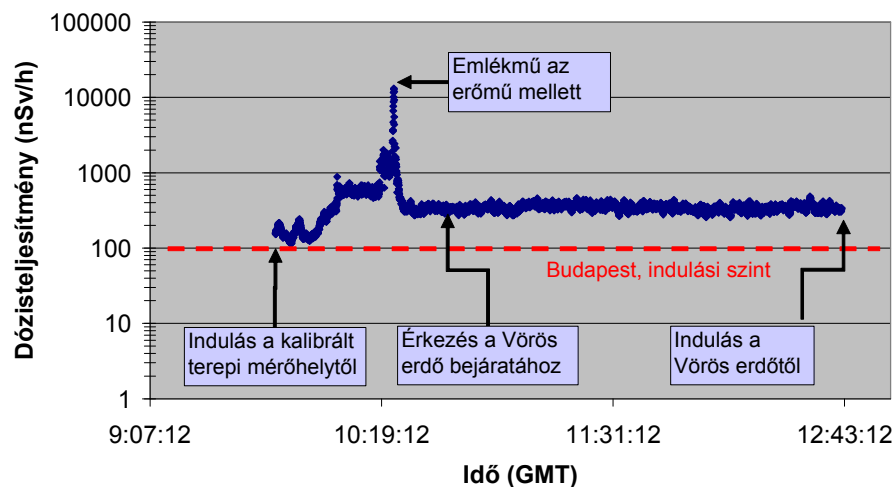
Dózisteljesítmény a 2. mérési nap útvonalán



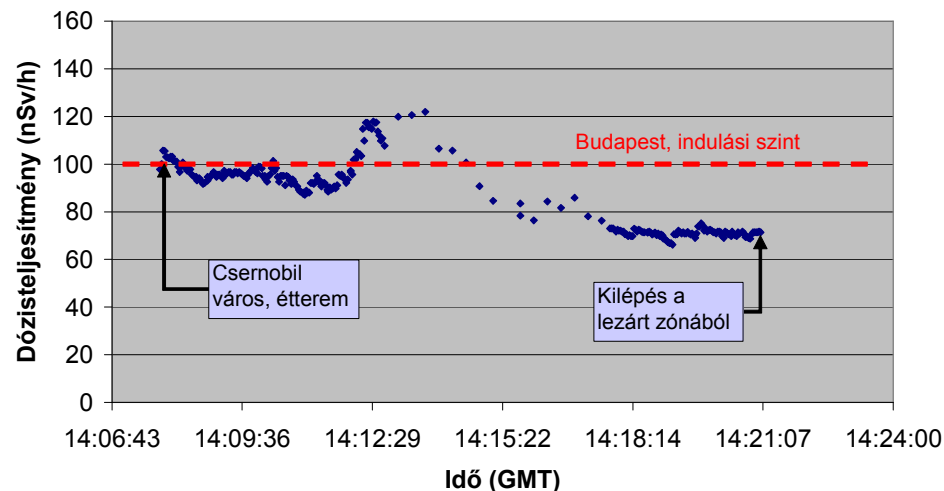
Dózisteljesítmény a 2. mérési nap útvonalán



Dózisteljesítmény a 2. mérési nap útvonalán



Dózisteljesítmény a 2. mérési nap útvonalán



Sugárvédelmi ellenőrzés

- Mért külső sugárterhelés
 - TLD és elektronikus személyi doziméterek alapján
 - a zónában töltött 2 nap alatt a budapesti háttérből származó dózis 2-4-szeresének megfelelő dózist szenvedtünk el (**10-20 μSv**),
 - az átlagos dózisteljesítmény 200-400 nSv/h (budapesti referencia érték: 100 nSv/h)
 - Ez messze az egészségügyi határértékek alatti.
 - Egy 10 órás repülőút dóziszáruléka 20-25 μSv .

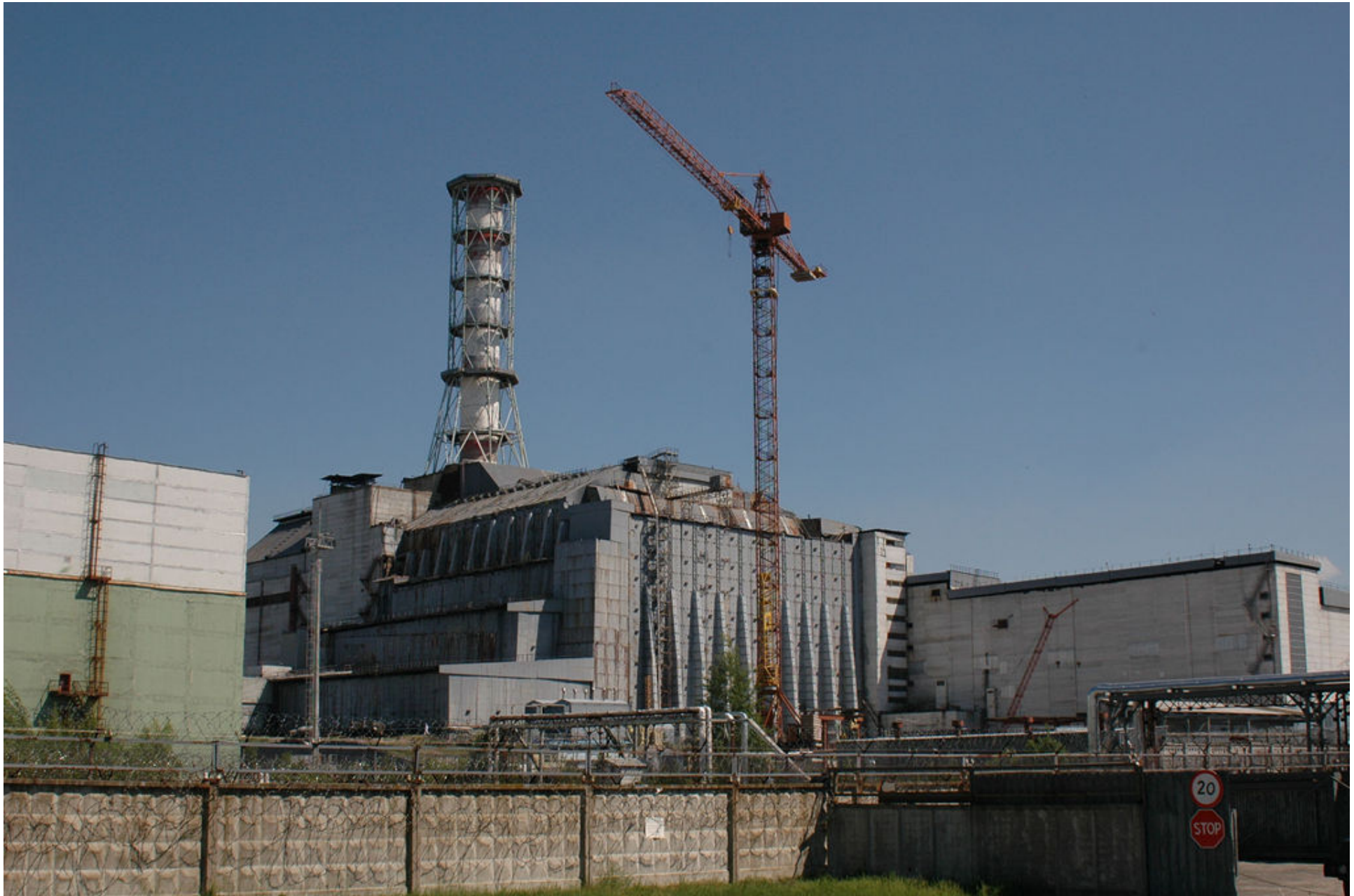
A csernobili atomerőmű



A csernobili atomerőmű



A csernobili 4. blokk szarkofágja

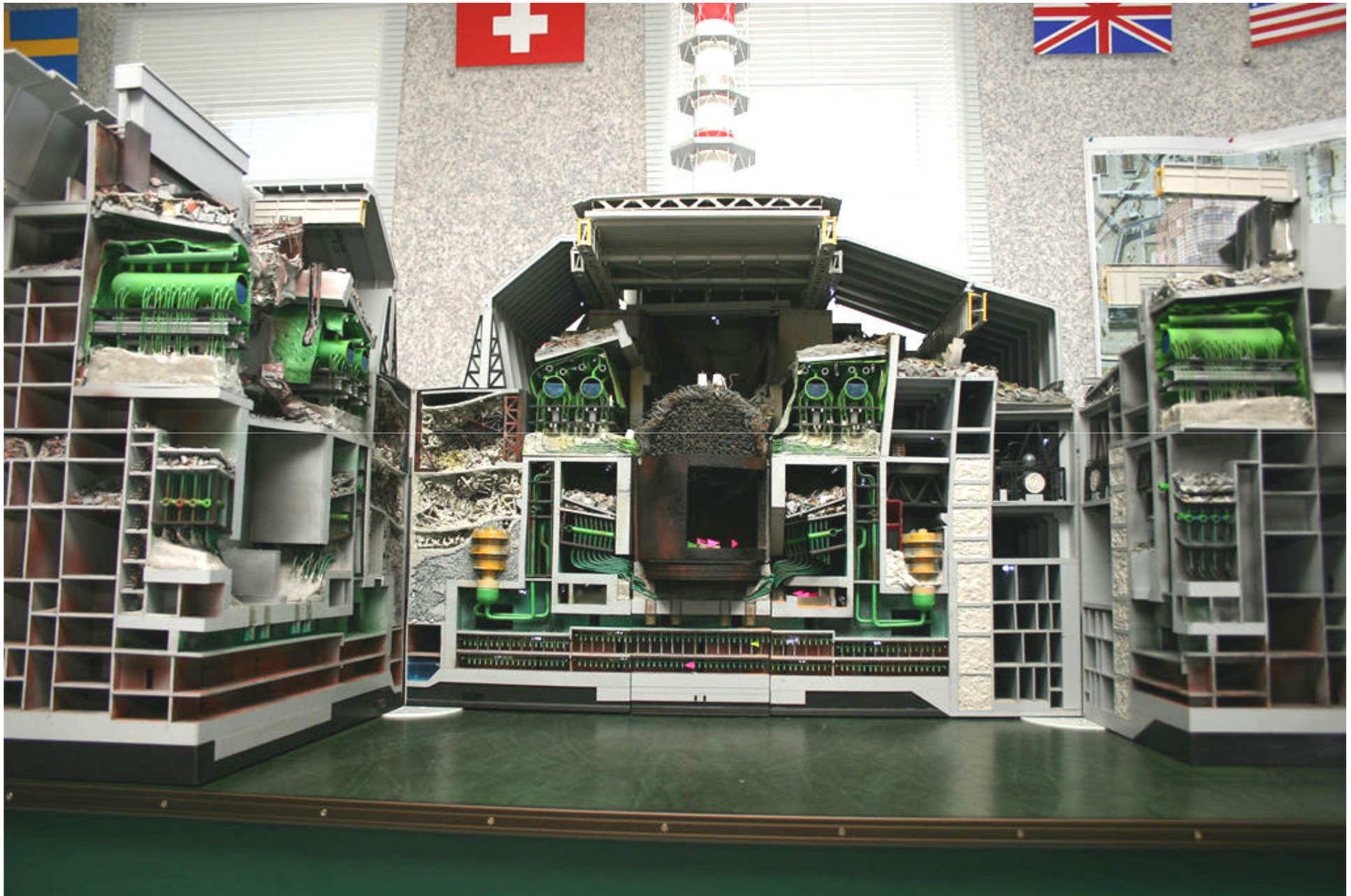


TIT Miskolc, 2006.11.22.

Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

30

A szarkofág makettje



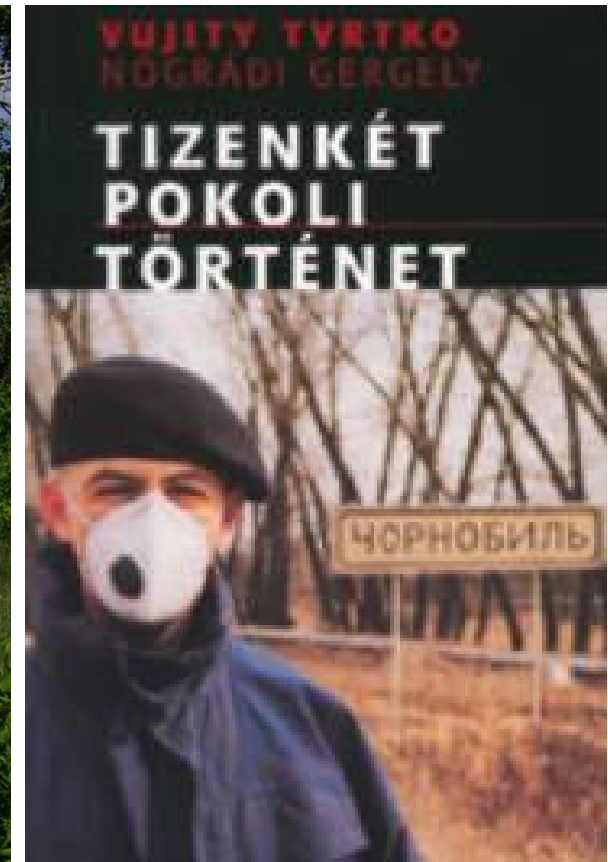
Mérések Pripjatyban



TIT Miskolc, 2006.11.22.

Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

Csernobil városa



Csernobil városa



TIT Miskolc, 2006.11.22.

Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

A roncstemető



TIT Miskolc, 2006.11.22.

Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

Terepi mérések és mintavétel



TIT Miskolc, 2006.11.22.



Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

Terepi mérések és mintavétel



TIT Miskolc, 2006.11.22.

Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

Terepi mérések és mintavétel



TIT Miskolc, 2006.11.22.

Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

38

Terepi mérések és mintavétel



TIT Miskolc, 2006.11.22.



Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi



Terepi mérések és mintavétel



Vörös-erdő pereme



TIT Miskolc, 2006.11.22.



Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi



Vörös-erdő pereme



TIT Miskolc, 2006.11.22.

Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

Vörös-erdő pereme



Vörös-erdő pereme



Vörös-erdő pereme



TIT Miskolc, 2006.11.22.

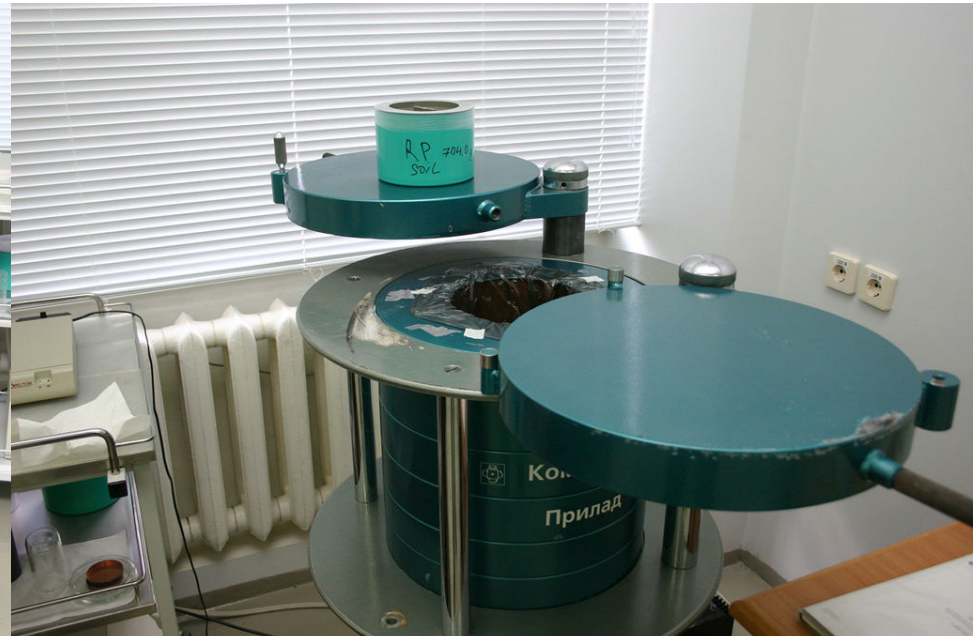


Dr. Aszódi - Dr. Pázmándi

Vörös-erdő pereme – a nagy zsákmány



Labormérések Szlavuticsban



Összefoglalás, tanulságok

- Az RBMK atomerőmű típus felépítésénél és fizikai tulajdonságainál fogva sokkal alacsonyabb biztonságú, mint ami akár Magyarországon, akár Nyugat-Európában elfogadott.
- A 19 évvel ezelőtti csernobili **reaktorbaleset hatása az erőmű 30 km-es környezetében jól mérhető**, de a radioaktivitás szintje mára a legtöbb helyen jól kezelhető.
- A csernobili erőmű körül **lezárt zóna fenntartása hosszú távon is indokolt**.
- A lezárt zónában nagyon **szép, zavartalan környezet** alakult ki, amiben a biodiverzitás nagyobb, mint az ember által intenzíven használt területeken.

In-situ gamma spektroszkópia

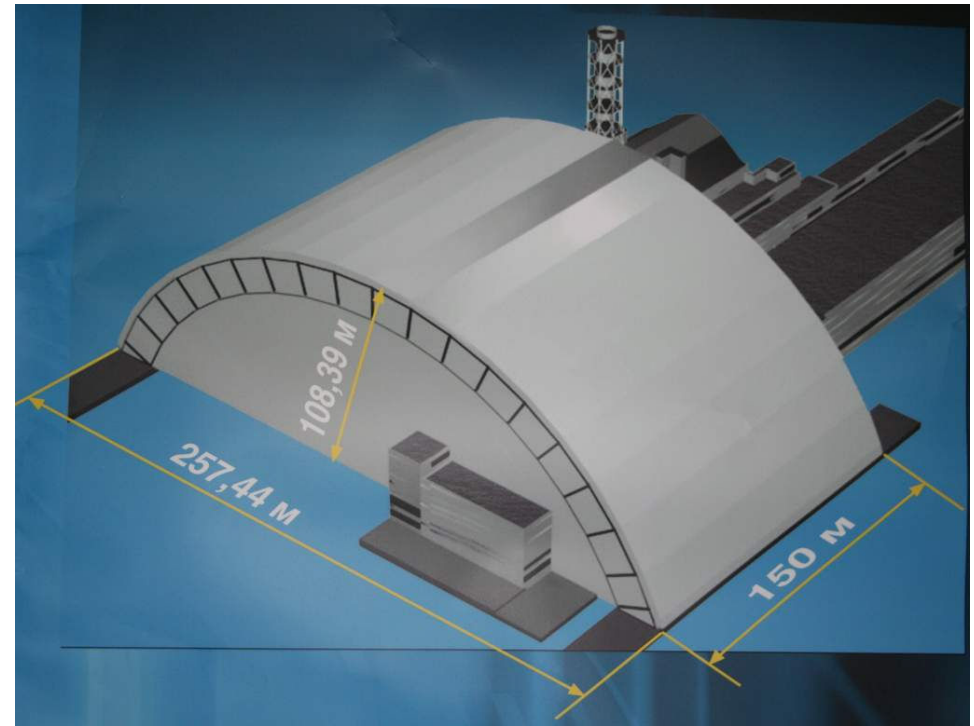
- **A Cs-137 izotóptól származik a külső gamma-sugárzás dózisterhelésének praktikusán 100%-a.**
- A kalibrációs mezőn végzett két mérés 387 kBq/m² jelenlegi felületi szennyezettséget jelent (jó egyezésben a bizonylatolt 10,5 Ci/km² ukrán adattal). Ennek dózisteljesítmény járuléka 390 nSv/h. A természetes háttérsugárzással (60-110 nSv/h) együtt **450-500 nSv/h számítható. Ez jól egyezik a mért dózisteljesítménnyel.**
- A Cs-137 mellett – nyomokban és nem értékelhető dózisteljesítmény járulékokkal – **a következő radionuklidok jelenléte állapítható meg a spektrumokból: Co-60, Cs-134, Eu-154, Am-241.**

Összefoglalás, tanulságok

- **A visszaköltözött népesség (~400 fő) egy átlagos egyedének várható éves többletdózisa kb. 6 mSv, aminek mintegy 60%-a a szennyezett talajfelszín külső sugárzásából, 40%-a a szennyezett élelmiszer fogyasztásából származik! (A magyar lakosság normális éves természetes háttérterhelése 2,4 – 3 mSv.)**
- A lezárt zónában hatóságilag korlátozzák egyes helyi termesztésű élelmiszerek fogyasztását.
- Kijevben ellenőrzés céljából vásárolt tejben és kenyérben nem találtunk a szokásostól vagy elfogadhatótól eltérő izotóp-összetételt.

Összefoglalás, tanulságok

- A **szarkofágot** emberpróbáló körülmények között, nagyon gyorsan kellett felépíteni. Az építés során nem volt cél a hermetikusság.
- **Jelenleg mind a szarkofág, mind az azon belüli roncsolódott szerkezetek mutatnak bizonyos instabilitást.**
- A szarkofág vagy azon belüli elemek sérülése során csak nehéz porok szabadulhatnak fel, amelyek nem tudnak a 30 km-es lezárt zónán túlra terjedni. Egy ilyen – feltételezett – esemény nem érinthetné Magyarországot.
- Az ukrán állam intenzíven dolgozik egy új, hermetikus szarkofág tervezésén és megépítésén. Az új szarkofág felépítését követően a most instabilitást mutató épületelemeket el kívánják bontani.



Köszönöm a figyelmet!



Dr. Pázmándi Tamás
KFKI AEKI

pazmandi@sunserv.kfki.hu

A csernobili atomerőmű-baleset
Előzmények (1986. 04. 25., péntek)

Tervezett karbantartási leállítás a Csernobil-4 blokkban...

...egybekötve az egyik turbógenerátor kifutási próbáival.

01:06 - elkezdik csökkenteni a reaktor teljesítményét

03:47 - a reaktor teljesítménye 53%-on stabilizálódik

14:00 - **zóna üzemzavari hűtőrendszer bénítása**



14:00 - a teherelosztó utasítja az erőművet a további teljesítménycsökkentés elhalasztására - **Xenonmérgeződés!**

23:10 - a teherelosztó engedélyt ad a leállásra

24:00 - **műszakváltás**

A csernobili atomerőmű-baleset
Felkészülés a kísérletre (1986. 04. 26., szombat)

00:05 - a reaktor teljesítménye 24%-on -

ezen teljesítmény alatt pozitív a visszacsatolás!



00:28 - a reaktor teljesítménye 17%-on

00:30 - operátori vagy műszerhiba miatt a reaktor teljesítménye 1%-ra esik

00:32 - az operátor a teljesítménycsökkenés ellensúlyozására szabályozórudakat húz ki a zónából

Az engedélyezetttnél kevesebb rúd van a zónában!



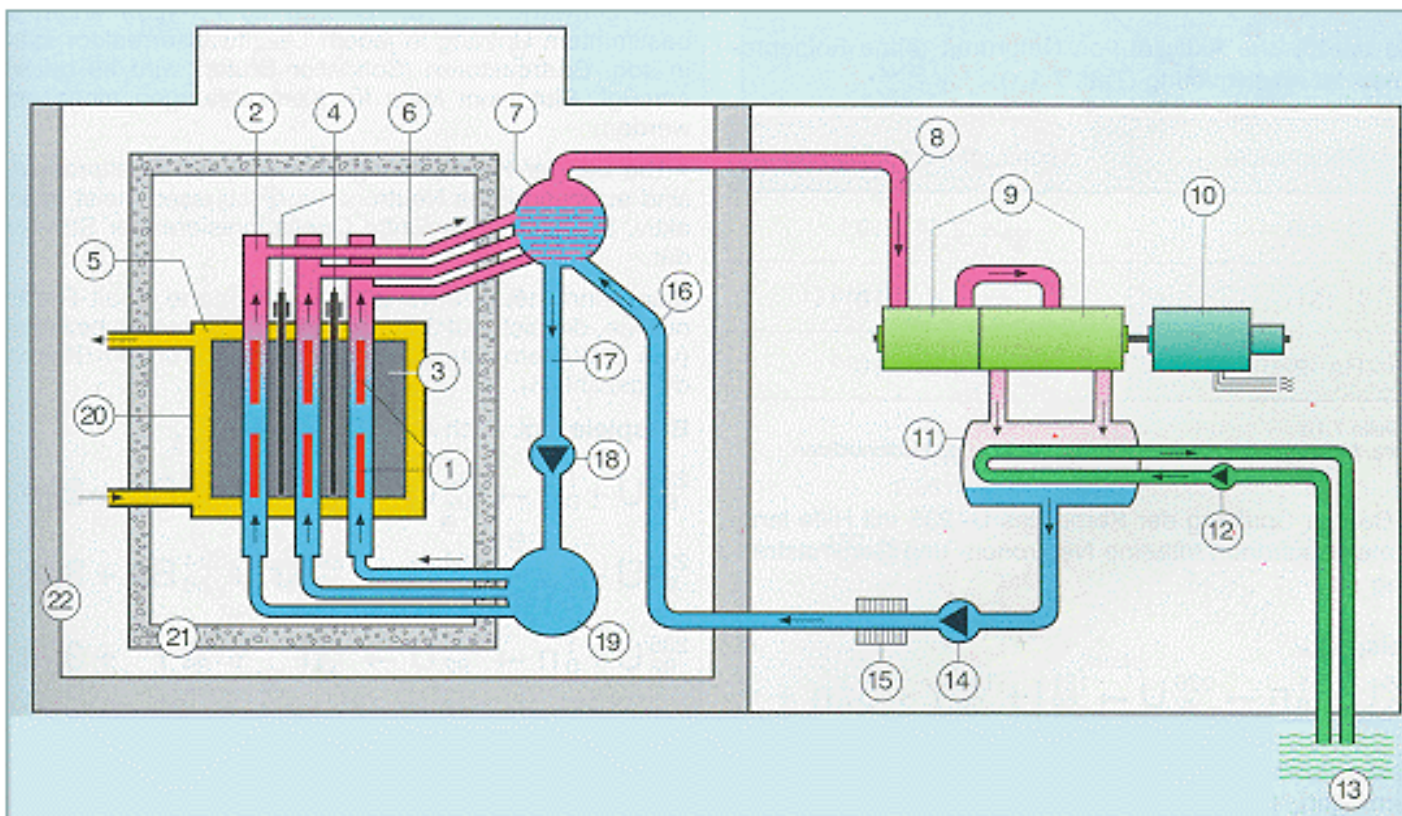
01:00 - a reaktor teljesítménye 7%-on stabilizálódik

01:03, 01:07 - a 6 működő mellé további két fő keringető szivattyút kapcsolnak be, csökkenni kezd a vízszint a gőzdobban



A csernobili atomerőmű-baleset
Felkészülés a kísérletre (1986. 04. 26., szombat)

01:15 - „gőzdob vízszint alacsony” jelre az üzemzavari védelem bénítása

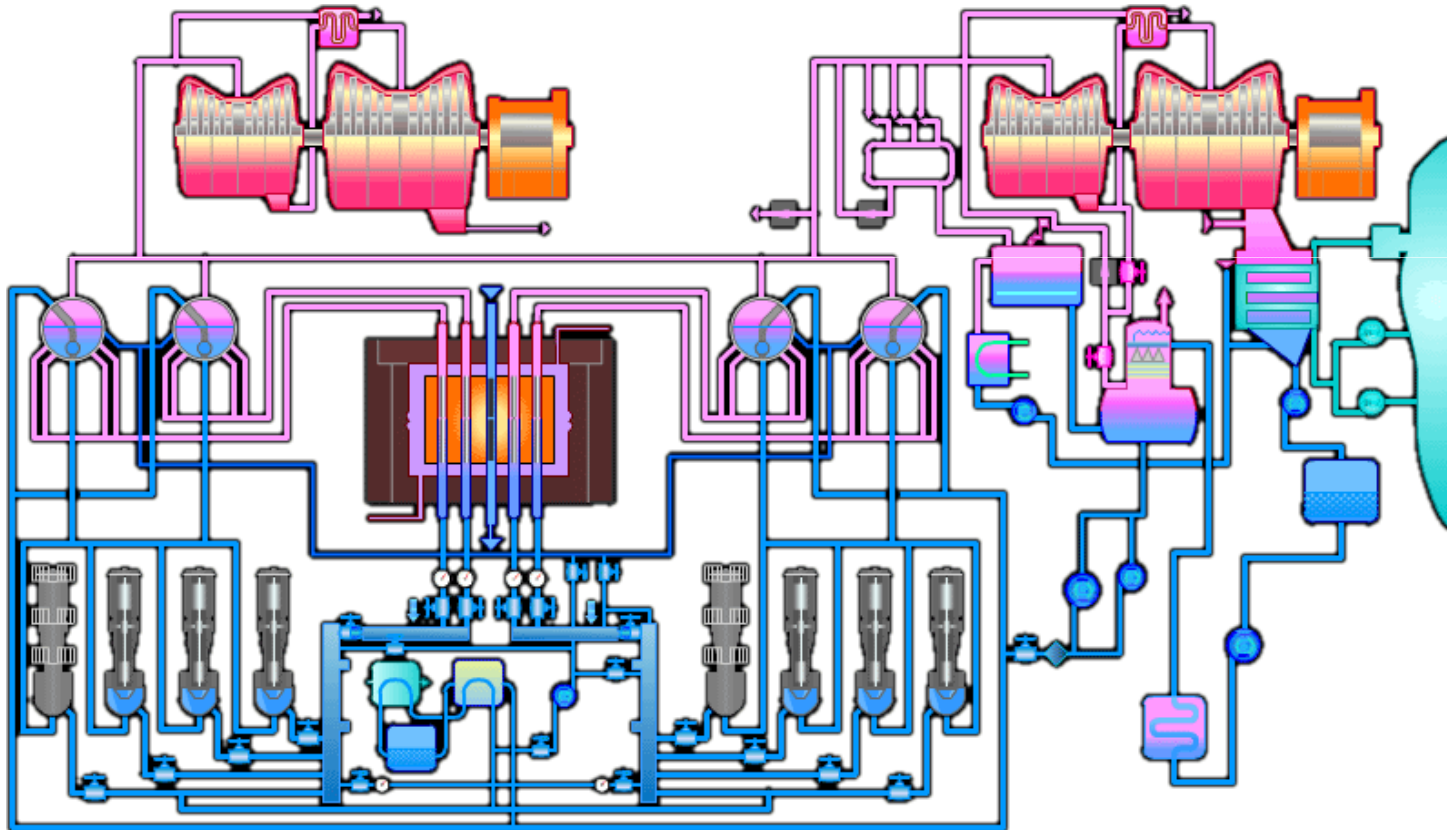


**01:22 - az operátor további szabályozórudakat húz ki a zónából
annak érdekében, hogy növeljék a gőzdobban a nyomást**

A csernobili atomerőmű-baleset
A kísérlet (1986. 04. 26., szombat)

01:22 - az operátor észleli, hogy a reaktivitás-tartalék a megengedett fele

01:23 - „**második turbina gyorszáró zár**” jelre
az üzemzavari védelem bénítása



01:23:04 - lezárják a második turbina gyorszáróit

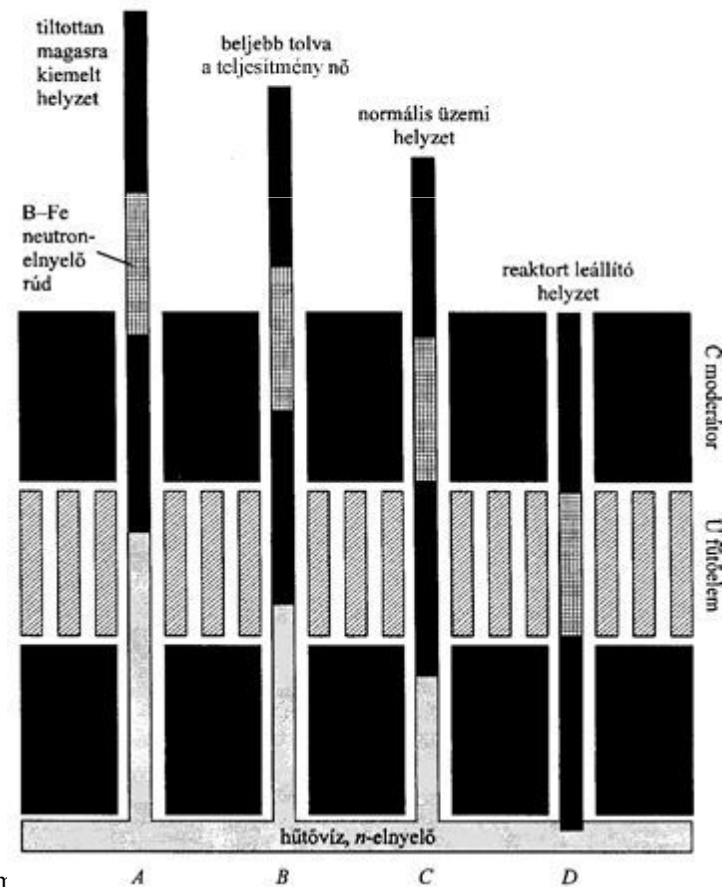
A csernobili atomerőmű-baleset

A kísérlet (1986. 04. 26., szombat)

01:23:10 - az automatika szabályozórudakat húz ki a zónából

01:23:35 - a zónában a gőzfejlődés szabályozhatatlanná válik

01:23:40 - az operátor megnyomja a vészleállító gombot



A csernobili atomerőmű-baleset
A kísérlet (1986. 04. 26., szombat)

01:23:10 - az automatika szabályozórudakat húz ki a zónából

01:23:35 - a zónában a gőzfejlődés szabályozhatatlanná válik

01:23:40 - az operátor megnyomja a vészleállító gombot

01:23:44 - a reaktor teljesítménye a névleges érték százszorosára nő

01:23:45 - a fűtőelempálcák felhasadnak

01:23:49 - az üzemanyagcsatornák fala felnyílik

01:24 **gőzrobbanás**
gázrobbanás
grafittűz