



A Paks II. projekt helyzete

Prof. Dr. Aszódi Attila

A Paksi Atomerőmű teljesítményének fenntartásáért felelős kormánybiztos
Egyetemi tanár, BME NTI

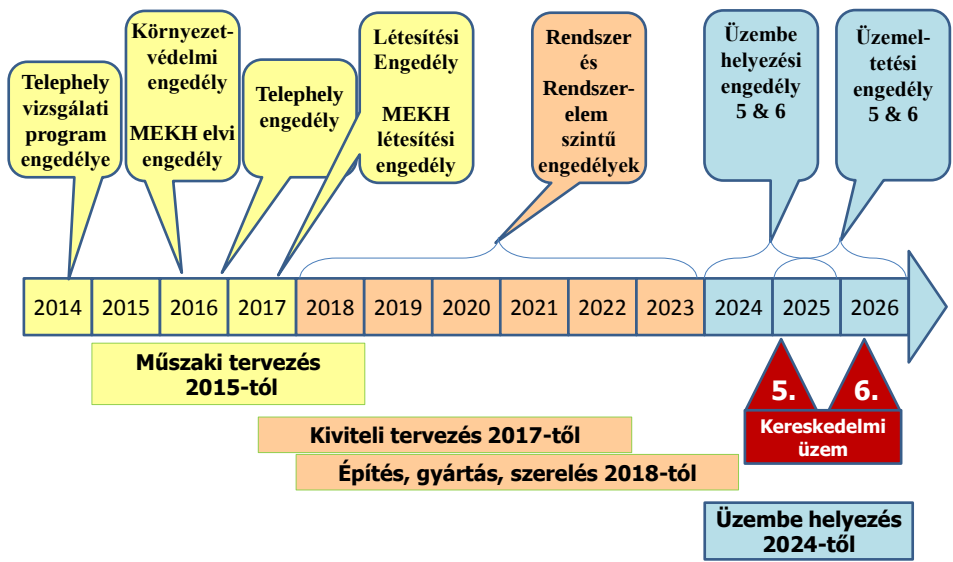
Energetikai Szakkollégium
Budapest, 2016. április 14.

Új blokkok Pakson

- Paksi Atomerőmű: a bővítés kérdése a '80-as évek óta napirenden van
- 2008: Új energiapolitika, megemlíti az új blokkokat is
- 2009. március 30: A Parlament elvi jóváhagyása, Teller-projekt elindítása
- 2012: Az MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő ZRt. megalapítása
- 2014. január 14: Magyar-orosz államközi egyezmény
 - Két új, 1200MW-os blokk a paksi telephelyen
 - Az építési költségek 80%-át orosz hitel fedezi
 - Az egyezmény egy fontos pontja: 40% lokalizációs szint elérését tűzi ki célként (hazai beszállítói részarány)
 - Az üzemanyagot az üzemelés kezdeti időszakában az orosz fél szállítja
 - Kiégett üzemanyag kezelése: átmeneti tárolás, vagy Oroszországban történő feldolgozás, (feldolgozás esetén a visszamaradó hulladékot visszaszállítják Magyarországra.)



Tervezett ütemterv a Paks-2 projekthez

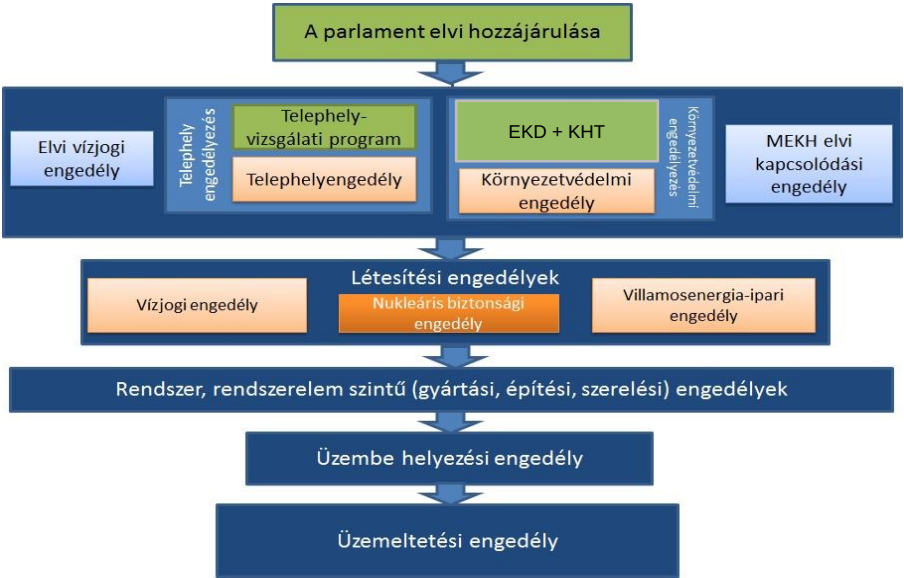


2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

3

Az engedélyezési folyamat

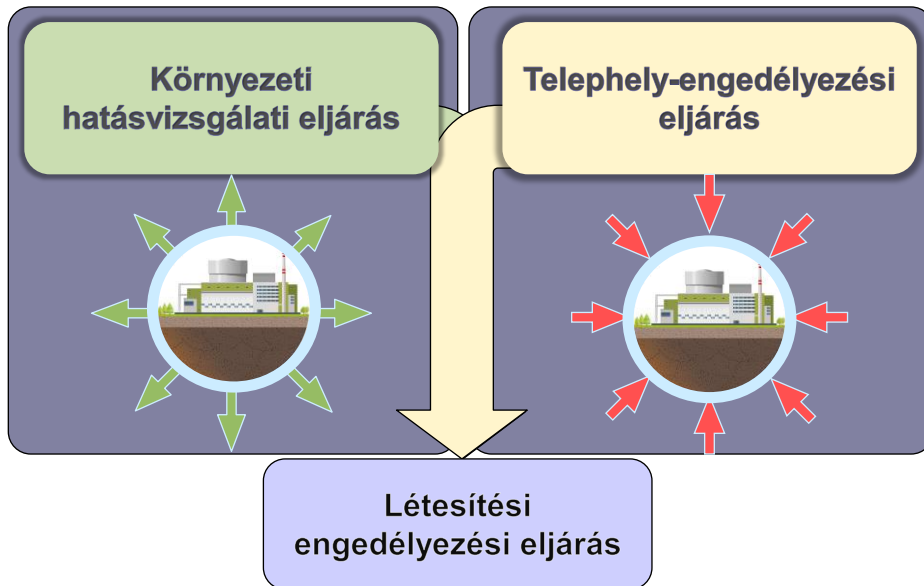


2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

4

A jelenlegi fő engedélyezési eljárások



2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

5

KÖRNYEZETI HATÁSVIZSGÁLAT (KHV) ÉS A BLOKKOK BIZTONSÁGA

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

6

A környezeti hatások

A Környezeti Hatástanulmány (KHT) tartalma:

- Alapinformációk a projektről
- A felmelegített hűtővíz Dunára gyakorolt hatása
- Víz- és légszennyezési vizsgálatok
- Zaj- és rezgésterhelés vizsgálata
- Radioaktív és hagyományos hulladékok kezelése
- Állat és növényvilág vizsgálata
- Környezeti sugárterhelés, az erőmű környezetében élő lakosság sugárterhelése
- Társadalmi és gazdasági hatások



A vizsgálatok célja, hogy meghatározzák az atomerőművi blokkok egyes életciklusaiban azok környezetre gyakorolt hatásait

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

7

Radioaktív kibocsátások vizsgálata

- A KHT-ben a hazai szabályozás szerint vizsgálni kell a környező lakosság dózisterhelését
 - Normál üzemelés mellett
 - Tervezési üzemzavarok esetén.
- Az espoo-i egyezmény értelmében vizsgálni kell a határon esetlegesen átnyúló hatásokat is
 - Ennek érdekében a tervezési alapon túli balesetek hatását is vizsgálták



2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

8

Atomerőművi üzemállapotok

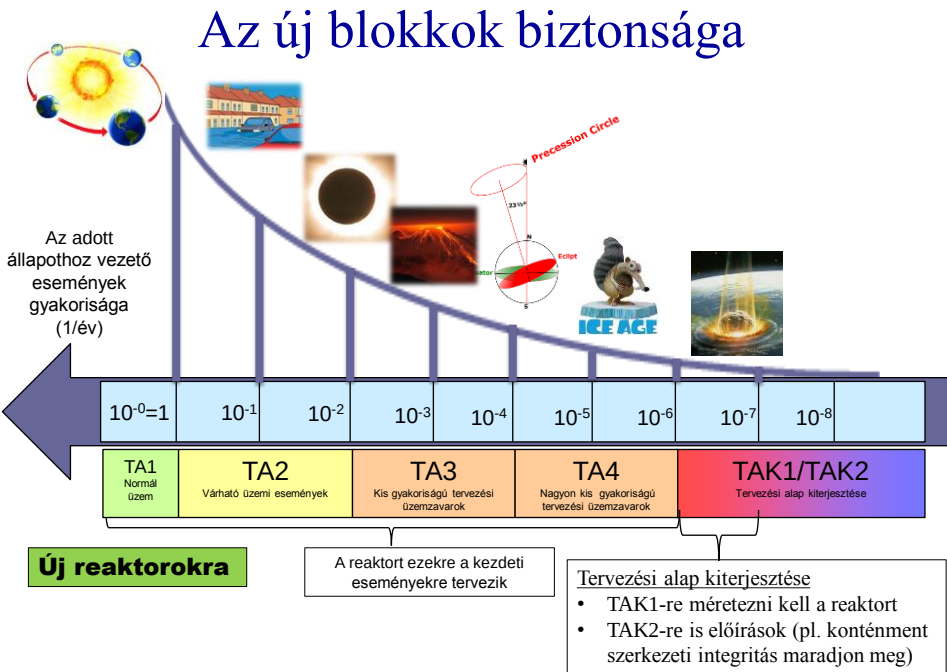
Tervezési alapba tartozó események				Tervezési alap kiterjesztése	
Normál üzem	Várható üzemi események	Kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	Nagyon kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	Tervezési alapon túli üzemzavarok	Súlyos balesetek
TA1	TA2	TA3	TA4	TAK1	TAK2
Gyakoriság:					
$f=1 / \text{év}$	$f \geq 10^{-2} / \text{év}$	$10^{-2} / \text{év} \geq f \geq 10^{-4} / \text{év}$	$10^{-4} / \text{év} \geq f \geq 10^{-6} / \text{év}$		

- Követelmények TAK üzemállapotokra is
- TAK1-re méretezni kell a reaktort
 - TAK2-re is előírások (pl. konténment szerkezeti integritás maradjon meg)

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

9



2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

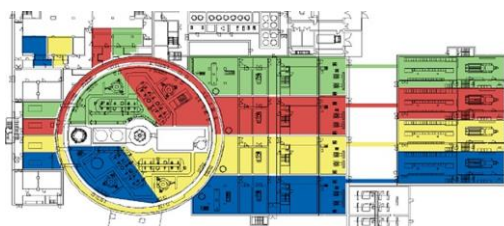
10

Követelmények új atomerőművi blokkokra

- Az NBSZ 3a köteté szerint:
- A lakossági dóziskorlátokból visszszámítva követelményeket kaphatunk a blokk műszaki paramétereire tervezési üzemzavarok esetére (elfogadási kritériumok)
 - + további követelmények
- Ennek a betartására: biztonsági rendszerek (DBA kezelése)

NBSZ 3a.2.4.0100. A TA2-4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatokra bizonyítani kell, hogy a lakosság vonatkoztatási csoportjának dózisa nem haladja meg:

- TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál a dózismegszorítás értékét,
- TA3 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál az 1 mSv/esemény értéket, és
- TA4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál az 5 mSv/esemény értéket.



2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

11

Követelmények új atomerőművi blokkokra

- A TAK eseményekre vonatkozó hazai követelmények a WENRA (Western European Nuclear Regulators Association) ajánlásait és a fukushimai baleset tanulságait is figyelembe veszik

NBSZ 3a.2.4.0700. A korlátozott környezeti hatás kritérium teljesítéséhez a TAK1 üzemállapotot eredményező eseményre és a 3a.2.2.7000. pont előírásainak figyelembevételével a TAK2 üzemállapotot eredményező eseményekre bizonyítani kell, hogy

- az atomreaktortól vett 800 m távolságon túl nincs szükség sürgős óvintézkedésekre;
- az atomreaktortól vett 3 km távolságon túl nincs szükség semmilyen átmeneti intézkedésre, azaz nincs szükség a lakosság ideiglenes áttelepítésére;
- az atomreaktortól vett 800 m távolságon túl nincs szükség semmilyen késői védőintézkedésre, azaz nincs szükség a lakosság végleges áttelepítésére;
- ne legyen szükség hosszú távú élelmiszerfogyasztási korlátozásra

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

12

Követelmények új atomerőművi blokkokra

- Betartására súlyosbaleseti rendszerek
- Passzív hőelvonó rendszerek
 - Passzív GF hűtés
 - Passzív konténment hűtés
- Lokalizációs rendszerek
 - Duplafalú konténment épület
 - Zónaolvadék-csapda
- Hidrogén kezelése
 - Passzív autokatalitikus rekombinátorok

NBSZ 3a.2.4.0700. A korlátozott környezeti hatás kritérium teljesítéséhez a TAK1 üzemállapotot eredményező eseményre és a 3a.2.2.7000. pont előírásainak figyelembevételével a TAK2 üzemállapotot eredményező eseményekre bizonyítani kell, hogy

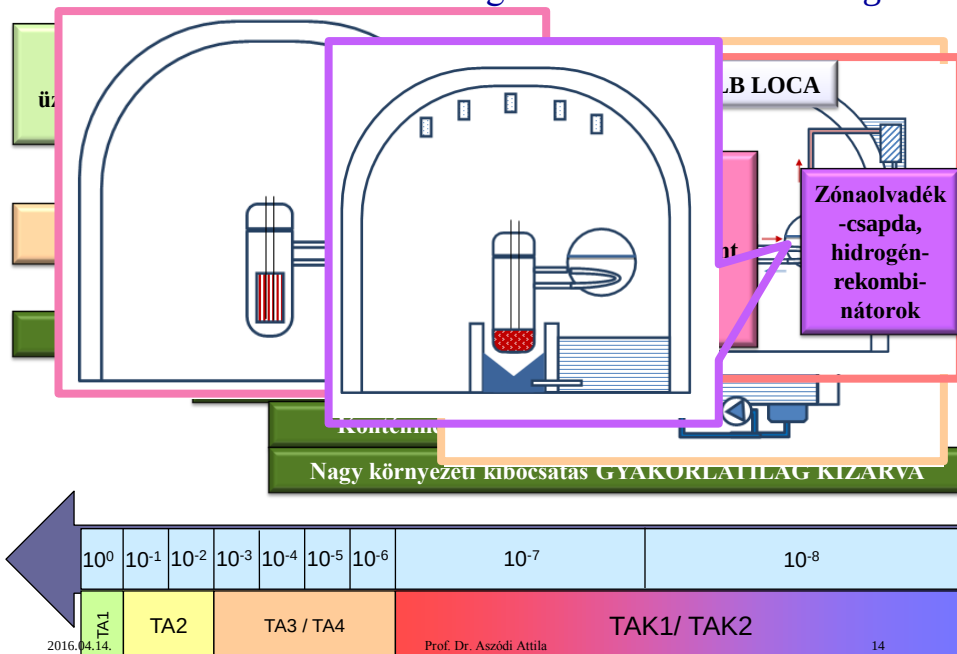
- a) az atomreaktortól vett 800 m távolságon túl nincs szükség sürgős óvintézkedésekre;
- b) az atomreaktortól vett 3 km távolságon túl nincs szükség semmilyen átmeneti intézkedésre, azaz nincs szükség a lakosság ideiglenes áttelepítésére;
- c) az atomreaktortól vett 800 m távolságon túl nincs szükség semmilyen késői védőintézkedésre, azaz nincs szükség a lakosság végleges áttelepítésére;
- d) ne legyen szükség hosszú távú élelmiszerfogyasztási korlátozásra

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

13

A VVER-1200/491 biztonsága – Fukushima-álló design!



2016.04.14.

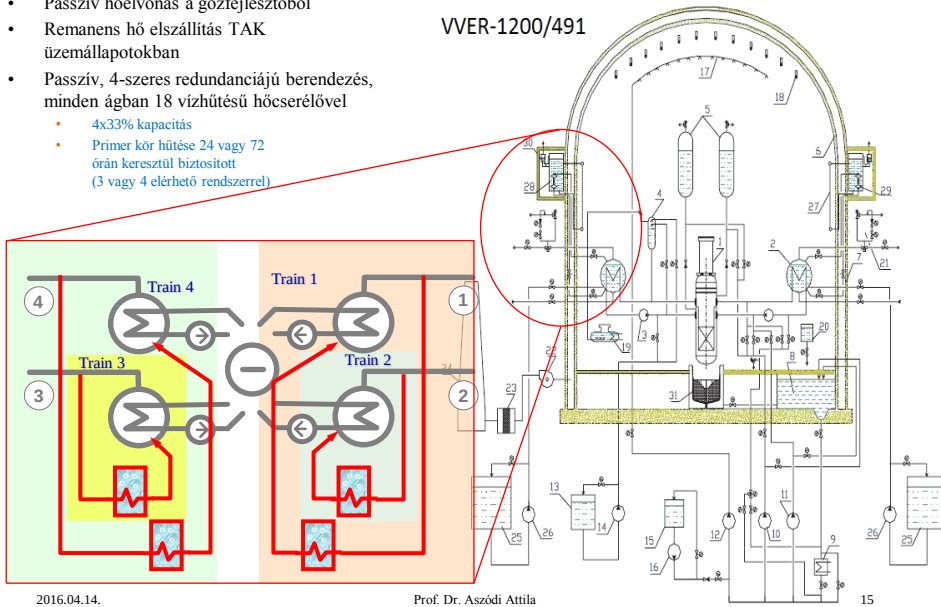
Prof. Dr. Aszódi Attila

14

VVER-1200 passzív GF hűtés

- Passzív hőelvonás a gőzfejlesztőből
- Remanens hő elszállítás TAK üzemállapotokban
- Passzív, 4-szeres redundanciájú berendezés, minden ágba 18 vízhűtésű hőcserélővel
 - 4x33% kapacitás
 - Primer kör hűtése 24 vagy 72 órán keresztül biztosított (3 vagy 4 elérhető rendszerrel)

VVER-1200/491

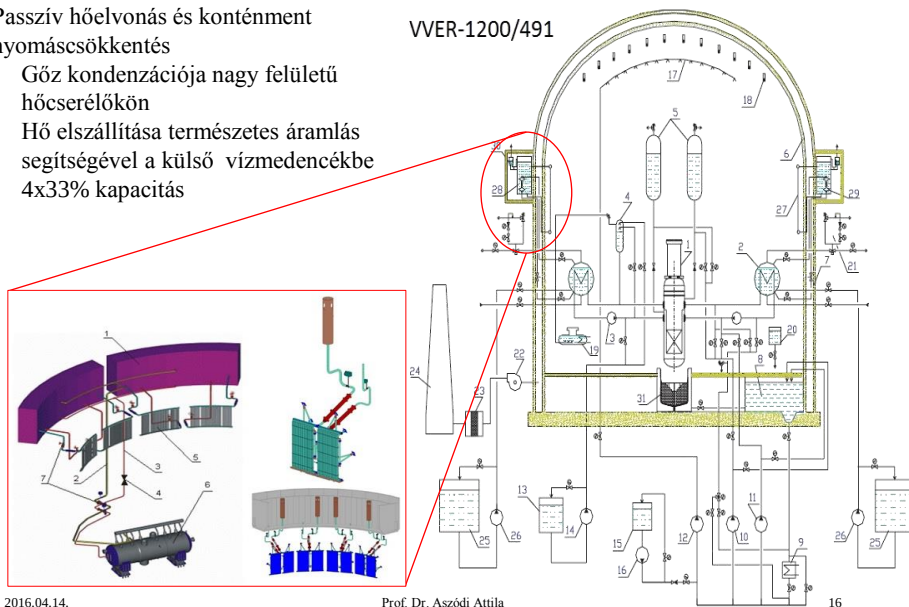


VVER-1200 passzív konténment hűtés

Passzív hőelvonás és konténment nyomáscsökkentés

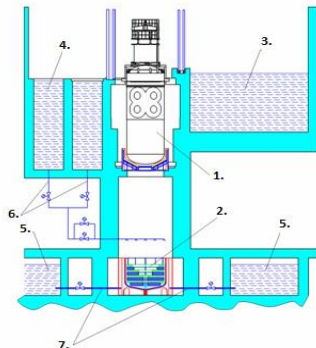
- Gőz kondenzációja nagy felületű hőcserélőkön
- Hő elszállítása természetes áramlás segítségével a külső vízmedencékbe
- 4x33% kapacitás

VVER-1200/491



V491 biztonsági rendszerek

- Zónaolvadék-csapda
- Teljes zóna befogadása, kórium lokalizáció
- Tianwan, Kudankulam erőművekben már telepítve
- 150 t tömeg, 6 m magasság
- $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ keverék olvadó töltet (200 t)
- Dupla falú csapda
- Külső hűtés a ZÜHR tartályokból és befecskendezés a karbantartó medencéből (passzív)
- Kísérleti és numerikus megalapozás



Zónaolvadékcsapda

1. Reaktor 2. Zónaolvadék csapda 3. Pihentető medence 4. Karbantartó medence 5. ZÜHR táptartály
6. Elárasztó vezetékek – olvadék felszínére befecskendezés 7. Csapda hőcserélő tápcsövei 8. Gőzelszívás

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

17

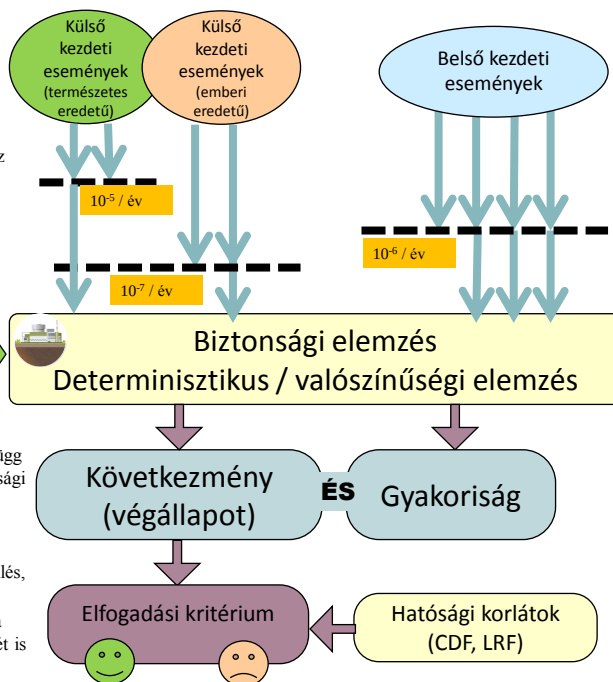
Az új blokkok biztonsága

- Posztulált kezdeti események: olyan események, amik veszélyeztethetik az atomerőmű biztonságát

Szűrés

(a biztonsági jelentőség nélküli vagy a hatósági limit alatti gyakoriságú eseményeket ki lehet zárni az elemzésből)

Bemenő adatok: kezdeti feltételek, operátori beavatkozások, biztonsági rendszerek, stb.



- A kezdeti esemény következménye függ a reaktor kezdeti állapotától, a biztonsági rendszerek elérhetőségétől, operátori beavatkozásoktól, stb.
- Több eseménylánc is lehetséges, különböző végállapottal (pl. zónasérülés, kibocsátás)
- A biztonsági elemzés meghatározza a végállapotokat, és azok valószínűségét is

2016.04.14.

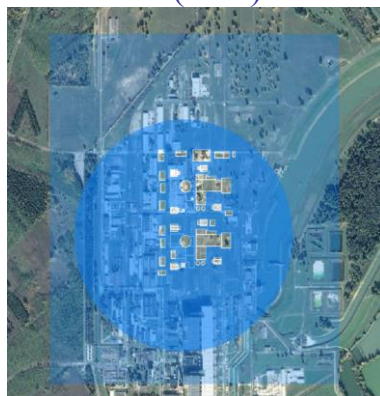
Prof. Dr. Aszódi Attila

18

A KHT fő eredményei

Radiológiai hatások – normál üzem (TA1)

- Hatásterület:
 - A hatásterület határa normál üzemelésnél a biztonsági övezet határa:
 - a külső technológiai épület falától 500 m.
- Az összegzett radiológiai hatások (közvetlen, közvetett) a normál üzemelésnél az 500 m sugarú körön belül a dózismegszorítás alatt (semleges hatás) maradnak
- így a hatásterület határának normál üzemelésnél a biztonsági övezet határa tekinthető



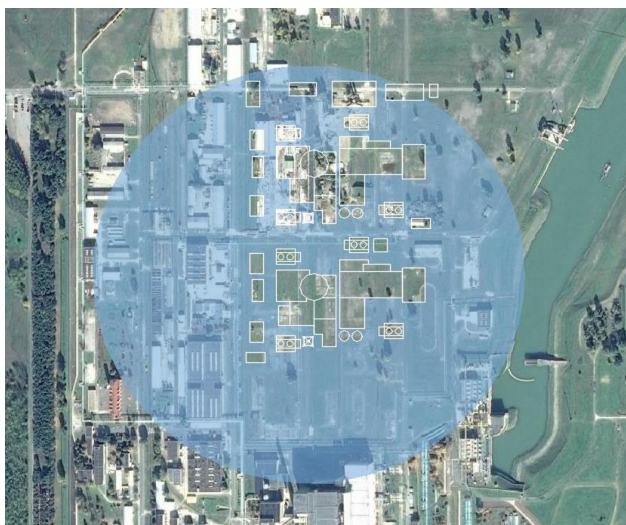
2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

19

A KHT fő eredményei

Radiológiai hatások – tervezési üzemzavarok (TA4)



TA4

500 m hatásterület

(a dózismaximum 400 m-en van, de még a normálüzemi határérték is teljesül!)

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

20

A KHT fő eredményei

Radiológiai hatások – tervezési alapon túli balesetek (TAK1-2)

Tervezési alap kiterjesztésébe tartozó állapotok hatásterülete:

TAK1-2-re az NBSZ szerint

- **800m**-en túl nincs sürgős óvintézkedés
- **(3000m**-en túl nincs ideiglenes áttelepítés)
- **800m**-en túl nincs késői végleges áttelepítés
- Korlátozott gazdasági hatás



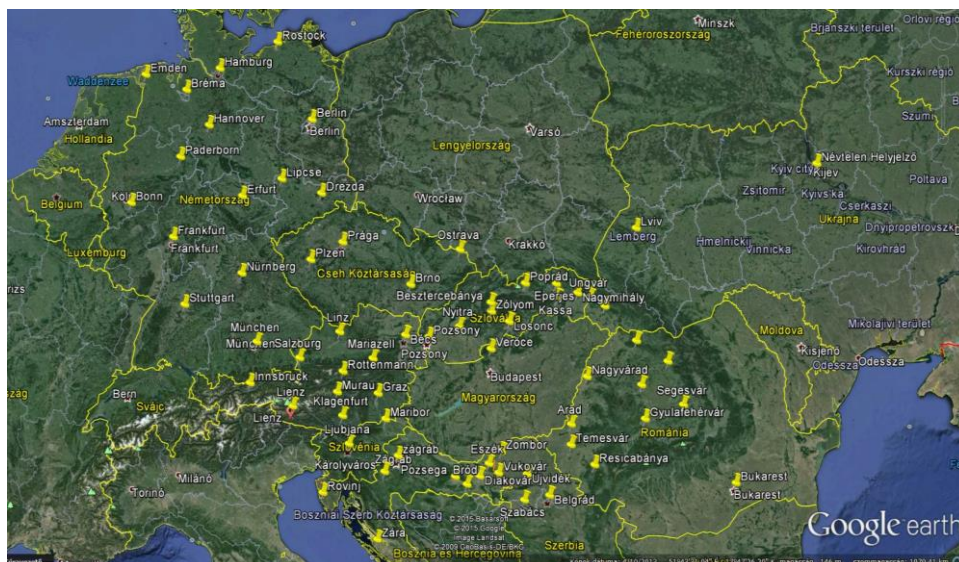
Szenárió	Izotóp	Xe-133	I-131 (összes)	Cs-137
TAK1	Kibocsátás 35m-en (TBq)	5.22	0.752	2.16E-4
	Kibocsátás 100m-en (TBq)	4820	0.049	9.6E-7
TAK2	Kibocsátás 35m-en (TBq)	3700	64.72	6.17
	Kibocsátás 100m-en (TBq)	77000	10.17	0.089

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

21

Sugárvédelmi értékelés



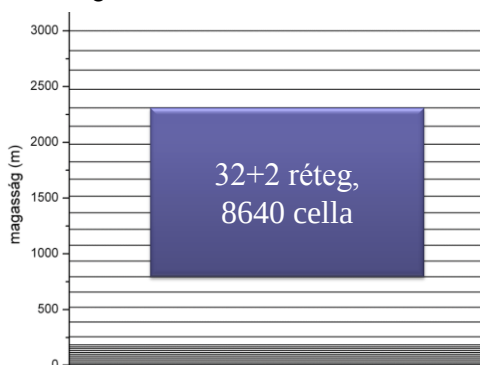
2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

22

Az alkalmazott meteorológiai modell

- Validált, nukleáris ipari referenciákkal rendelkező modellek alkalmazásával készültek a számítások
- Az egyenletek megoldására az alábbi modelleket használták:
 - Kvázi-3D modell, Euler-egyenletek, TREX-Euler modell
- Számítások átlagos meteorológiai paraméterekkel és valós meteorológiai adatbázissal is
- A kibocsátott izotópok mennyiségét és eloszlását (ez az ún. forrástag) a beszállító szolgáltatta



- Valós meteorológiai adatbázis:**
 - 1 évnnyi mért meteorológiai paraméter alapján (mintha minden nap kibocsátás történné)
 - Global Forecast System (GFS) szolgáltatta az adatokat

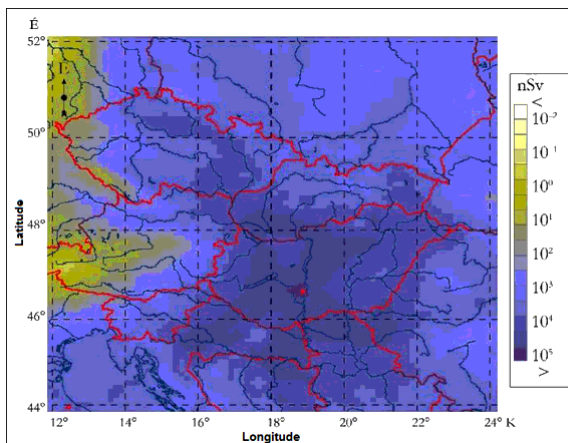
2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

23

Súlyos balesetek (TAK2) határon átnyúló hatásai

- Normál üzemállapotr és tervezési üzemzavarokra biztosan nincsenek határon átnyúló radiológiai hatások
- Súlyos balesetekre átfogó elemzés készült a KHV keretében
 - TAK2 esemény forrástagja alapján
 - Valós meteorológiai adatbázissal
- A legkonzervatívabb eredmények TAK2 eseményt feltételezve, gyermekek esetén adódtak



Az eredmények szerint TAK2 események esetén a legjelentősebb radiológiai következmények a déli határnál adódnak, **maximum ~10 μSv inhalációs dózissal**. A dózisok mélyen alatta maradnak a hatásra vonatkozó küszöbértéknek (**90 $\mu\text{Sv/év}$**), ami a dózismegszorítás.

A hatás tehát semleges.

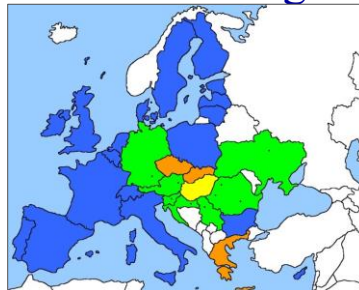
2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

24

A nemzetközi közmeghallgatások fő tanulságai

- Espooi Egyezmény, Aarhusi Egyezmény, KHV-irányelv alapján
- A Földművelésügyi Minisztérium szervezésében szakmai konzultációk, illetve nyilvános fórumok
 - 30 meghívott ország (kék)
 - 11 bejelentkezett ország (zöld+narancs)
 - az általános gyakorlat: 1-2 országot vonnak be más atomos projektek esetén
 - 7 országban helyszíni szakmai konzultáció és/vagy közmeghallgatás (zöld)
 - Nagyszámú előzetes kérdés a hatóságoktól és civil szervezetektől
- A közmeghallgatásokon:
 - a laikus lakosság kevésbé érdeklődő
 - a kérdések nagy része kis számú, antinukleáris résztvevőtől érkezett
 - az eljárásban részt vevő hatóságok hozzáállása korrekt és igen konstruktív volt

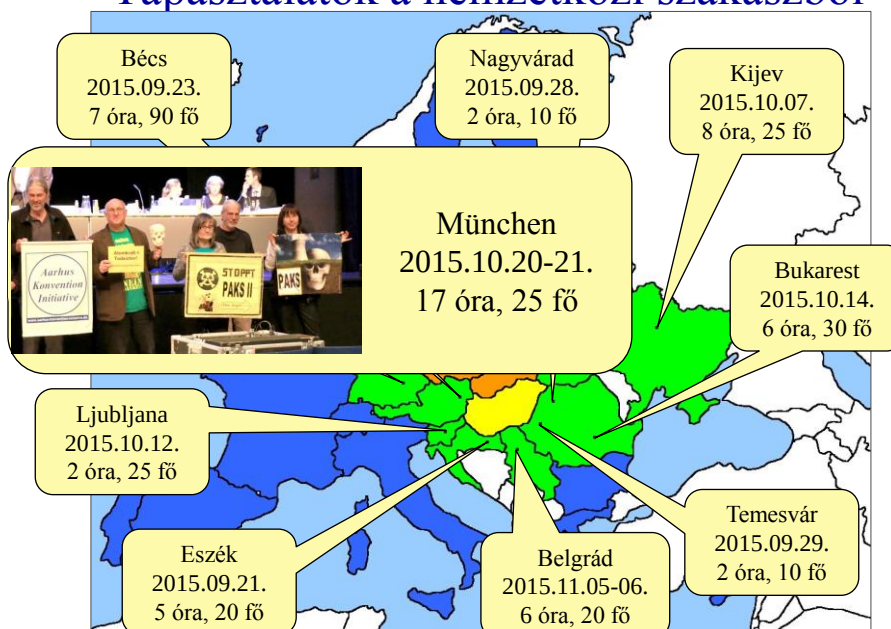


2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

27

Tapasztalatok a nemzetközi szakaszból



2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

28

TELEPHELY-ENGEDÉLYEZÉS (THE)

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

29

A telephely-engedélyezési eljárás fő részei

Vizsgálati területek:

- A telephely leírása,
- Ember okozta külső veszélyek,
- Földtudományi vizsgálat és értékelés,
- Geotechnikai, hidrogeológiai vizsgálat és értékelés,
- Hidrológia,
- Meteorológia,
- Radioaktív kibocsátásokat meghatározó telephelyi jellemzők,
- Baleset-elhárítást meghatározó telephelyi jellemzők.



A vizsgálat egyik célja, hogy kizárja olyan körülmények fennállását a telephelyen, amelyek azt alkalmatlanná tennék atomerőművi blokkok létesítésére

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

30

Emberi eredetű külső veszélyek vizsgálatai

- Emberi eredetű külső veszélyek vizsgálata
 - Közúti balesetek
 - Ipari létesítmények hatásai
 - Repülőgép-rázuhanás
 - Tűz (parkoló- és erdőtűzek)
 - Robbanások

Az elvégzendő vizsgálatok:

- A telephelyhez legközelebb futó utakon (6 és M6) bekövetkező balesetek következtében kikerülő veszélyes anyagok hatása
- Közeli veszélyes ipari létesítmények hatásai
- Robbanások (benzinkutak, tűz- és robbanásveszélyes anyagok a környezetben)
- Felvízi ipari létesítmények meghibásodása miatti Dunavíz-szennyeződés hatásai
- Erdő- és parkolótűzek következtében felszabaduló füstök hatásai
- Közeli nukleáris létesítmények (PA és KKÁT) radiológiai hatásai
- Repülőgép-rázuhanás valószínűsége
- Elektromágneses interferenciák hatása



2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

31

Hidrológiai és meteorológiai vizsgálatok

- Meteorológia
 - Extrém hőmérsékletek
 - Extrém csapadék (eső, hó, jég)
 - Extrém szél
- Hidrológia
 - Szélsőséges vízállások
 - Felvízi létesítmények tönkremenetele
 - Partcsuszamlások

Az elvégzendő vizsgálatok:

- A szélsőségesen magas vízállások hatásai (árvizek és felvízi létesítmények tönkremenetele)
- A szélsőségesen alacsony vízállások hatásai
- A telephelyen kialakuló talajvíz- és rétegvíz-áramlási viszonyok
- Extrém alacsony és magas hőmérsékletértékek
- Tervezési alapba tartozó csapadék-szintek meghatározása (pl. éves, napi, negyedórás mennyiségek), eső, hó, ónos eső stb.
- Tervezési alapba tartozó szélerősségek (orkán és forgószelel) mértékének meghatározása
- Villámcsapások gyakoriságának és hatásának vizsgálata



2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

32

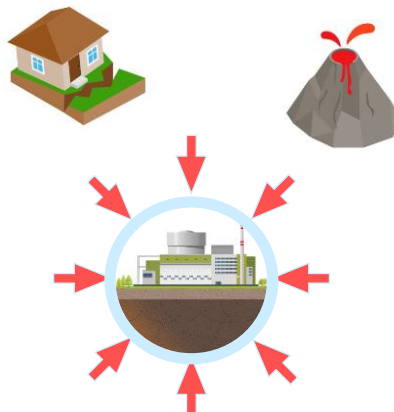
Földtani Kutatási Program vizsgálatai

Szakterületek:

- Földtani vizsgálatok
- Szeizmológia
- Geofizika
- Geotechnika
- Hidrogeológia

Az elvégzendő vizsgálatok:

- Nagy mélységű- és sekélyfúrások
- Geotechnikai és hidrogeológiai célú fúrások, vizsgálatok
- 3D szeizmikus mérések
- 2D P- és S-hullám mérések, vízi szeizmikus mérések, geoelektromos szelvényezés
- Crosshole-mérések
- Légifotók kiértékelése, vízföldtani reambuláció, földtani- és geomorfológiai térképezés
- Űrgeodéziai vizsgálatok
- Talajfolyósodás előfordulásának vizsgálata
- Térinformatikai adatbázis fejlesztése
- Modellezések, stb.



2016.04.14.

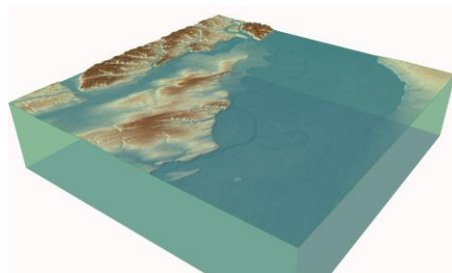
Prof. Dr. Aszódi Attila

33

Földtani Kutatási Program (FKP)

A telephely földtudományi vizsgálatának és értékelésének célja a telephely földtani adottságainak jellemzése, amely szükséges:

- a tervezési alapba tartozó mértékadó földrengések jellemzőinek meghatározásához;
- a biztonsági elemzésekben a földrengés-veszélyeztetettség meghatározásához;
- a felszínre kifutó aktív vető által okozott elvetődés lehetőségének kizárására;
- a földrengés által kiváltott egyéb veszélyek (talajfolyósodás) meghatározásához;
- a telephely földtani alkalmasságának értékeléséhez, azaz a létesítmény biztonsági követelményei szempontjából meghatározó földtani adottságok kedvező minősítéséhez.



A Paks-2 Földtani Kutatási Program Vizsgálati területének domborzata és tömbszelvénye



Példa egy nem alkalmas telephelyre

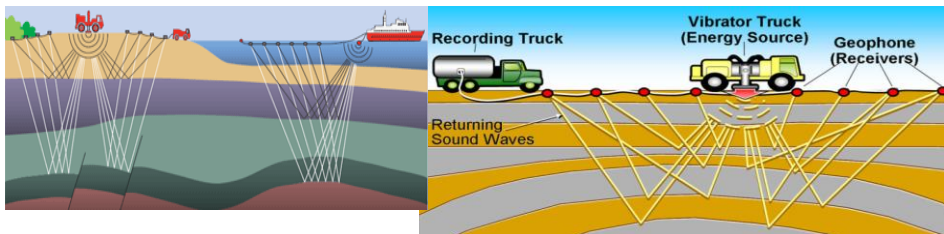
2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

Forrás: Dr. Barabás András, Mecsékere Zrt.

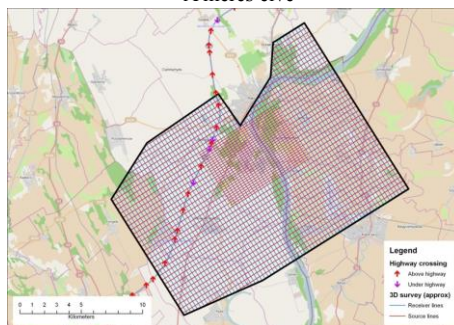
34

3D szeizmikus mérések



A mérés elve

- 3D szeizmikus mérések 2014. augusztus-szeptemberben lezajlottak
- 294 km² terület
- 400x300 m-es (200x300 m) háló, 50 méterenként elhelyezett geofonok
- 300 m osztásban a geofonvonalak, 400 m-enként jelgerjesztés, a központi részen 200 m-re besűrítve
- Talajvibrációk előidézése önjáró vibrátorokkal a geofon sorokra merőleges vonalak mentén
- Nehezen megközelíthető helyeken kisebb robbantásokkal, vízen „airgun” segítségével



A vizsgált terület

2016.04.14.

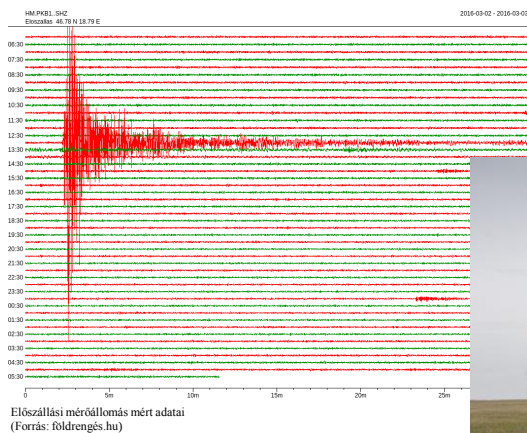
Prof. Dr. Aszódi Attila

Forrás: Meesekérc Zrt.

35

Mikroszeizmikus mérőhálózat

Egy mikroszeizmikus mérőállomás képe, és mért adatai a 2016. március 2-i szumátrai földrengés időszakában

Előszállási mérőállomás mért adatai
(Forrás: földrengés.hu)

Pusztahenesei mérőállomás fényképe



2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

36

Nagy mélységű fúrások

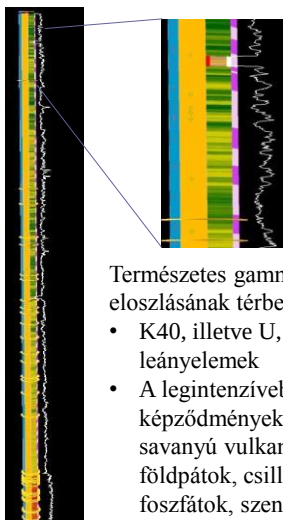


2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

37

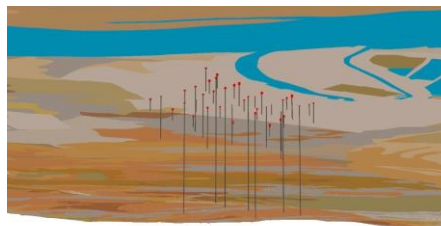
Nagy mélységű fúrások



Természetes gamma sugárzás eloszlásának térbeli változása

- K40, illetve U, Th leányelemek
- A legintenzívebb sugárzó képződmények: agyagok, savanyú vulkanikus kőzetek, földpátok, csillámok, kálisók, foszfátok, szenek.

- Nagy mélységű kutatófúrások: 6 db + 2 ikerfúrás, összesen kb. 7300 fm, max. mélység 2000 m
- Sekélyfúrások: 19+1 db ikerfúrás, összesen 2150 fm, max. mélység 150 m
 - 5 fűrőlyuk mikroszeizmikus mérőállomássá kiképezve
- Geotechnikai és hidrogeológiai célú fúrások: 88 db, 4020 fm
 - hidrogeológiai monitoring kutakká kiképezve



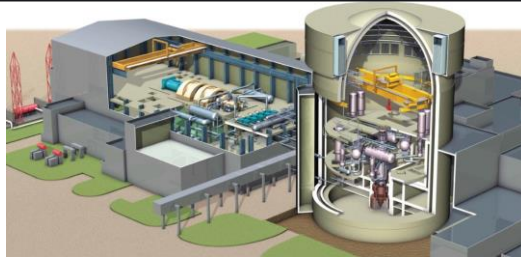
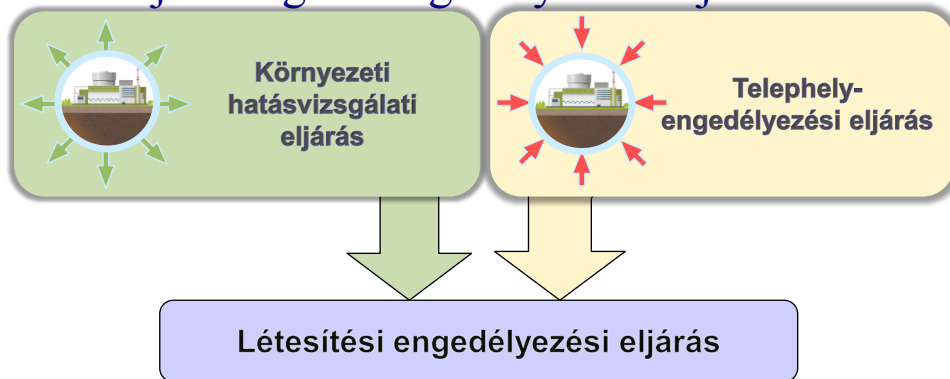
A telephely környezetében mélyített fúrások

2016.04.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

38

A jelenlegi fő engedélyezési eljárások



2016.04.14.

39