



A 3+ generációs atomerőművek nukleáris biztonsági és környezeti aspektusai

Prof. Dr. Aszódi Attila

Egyetemi tanár, BME NTI

62. Országos Fizikatanári Ankét

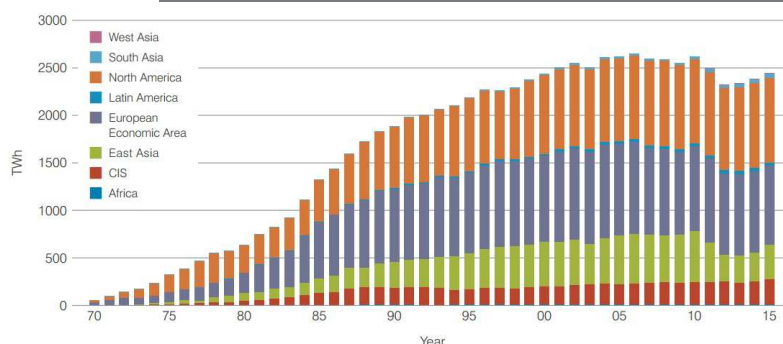
Debrecen, 2019. március 14.

Az atomenergia jelenlegi szerepe

Forrás: WNA, IAEA PRIS, tlarremore.wordpress.com

- Az atomenergetika részesedése a villamosenergia-ellátásban (2016)

Világ	11%
EU	27%
Magyarország	36%
- A világon 450 atomerőművi blokk üzemel, és 55 áll építés alatt.
- Az atomerőművi blokkok zöme 2015-2030-ra tölti ki tervezett élettartamát
 - Átlagéletkoruk ma ~30 év



A biztonság alappillérei: a „3S”

Safety – Nukleáris biztonság

- 118/2011 Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről

Security – Fizikai védelem

- 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

Safeguards – Nukleáris biztosíték

- 7/2007 IRM rendelet a nukleáris anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének szabályairól és a 302/20058 EURATOM rendelet az Euratom biztosítéki rendelkezéseinek alkalmazásáról

Atomerőmű létesítésének (és működésének) nukleáris biztonsági, védettségi és biztosítéki engedélyezése az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) feladata.

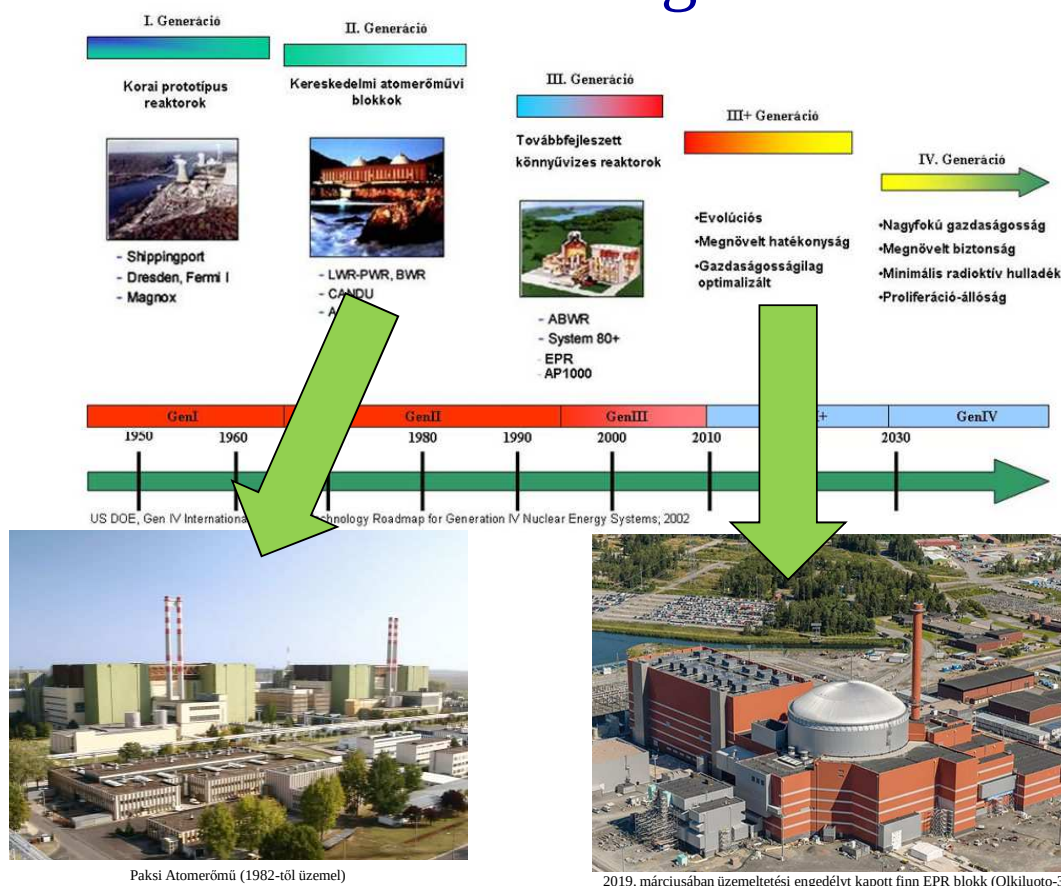
**Mindhárom „S” a környezet, az élővilág, az emberek
(a lakosság és a dolgozók) védelmét szolgálja!**

2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

3

Atomerőművek generációi



2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

4

Harmadik generációs atomerőművek

- Ezek a jelenleg piacra kerülő típusok, a második generációs erőművek továbbfejlesztett változatai.
- Fejlesztés a második generációs típusokhoz képest: evolúciós és innovatív reaktortípusok
- Továbbfejlesztés irányai:
 - Gazdasági versenyképesség javítása
 - Nagyobb biztonság
 - Non-proliferációs célok megvalósítása
 - Fenntarthatósági szempontok



Osztrovec, VVER-1200

Forrás: titan2.ru

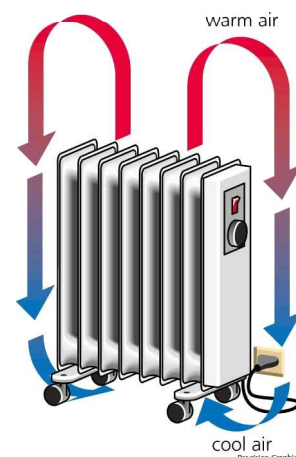
2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

5

Harmadik generációs atomerőművek

- Nagyobb biztonság elérése
 - Cél:
 - balesetek valószínűségének és következményeinek csökkentése
 - Ki kell zárni a jelentős telephelyen kívüli kibocsátással járó baleseteket
 - Eszközök: továbbfejlesztett aktív és passzív biztonsági rendszerek
- Passzív rendszerek
 - Fizikai folyamatokon alapuló, külső beavatkozás és energiaforrás nélkül működő rendszerek
 - Gravitáció, természetes áramlás és sűrített (nagy nyomású) hajtógázok segítségével hőelvonás a primer körből ill. a konténmentből
 - Hő elnyelése: pl. elgőzöltető vízmedence, vagy levegő hűtés



2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

6

Harmadik generációs atomerőművek

- EUR: European Utility Requirements
- Minősített blokkok:

BWR 90:	06/1999
EPR rev A:	12/1999
EP1000:	12/1999
ABWR:	12/2001
SWR 1000:	02/2002
AP1000:	06/2006
AES92:	06/2006
EPR rev B:	06/2009



2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

7

Harmadik generációs atomerőművek

- Követelmények új atomerőművek építéséhez – sztenderdizálás
 - EUR: European Utility Requirements
 - Fő berendezések **élettartama** min. 40 év, a nem cserélhető komponenseké **60 év**
 - Rendelkezésre állás átlagosan min. 90%
 - Éves tervezett leállás ideje <14 nap (csak átrakásnál)
 - Nem tervezett SCRAM gyakoriság <1/7000 óra
 - Legalább 50% MOX használható
 - Kampányhossz 12-24 hónap
 - 0.25 g vízszintes talajmenti gyorsulásnak megfelelő tervezési földrengés
 - Hidrogén-koncentráció <10% a konténmentben, ha a teljes üzemanyag-burkolat oxidálódik



2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

8

Harmadik generációs atomerőművek

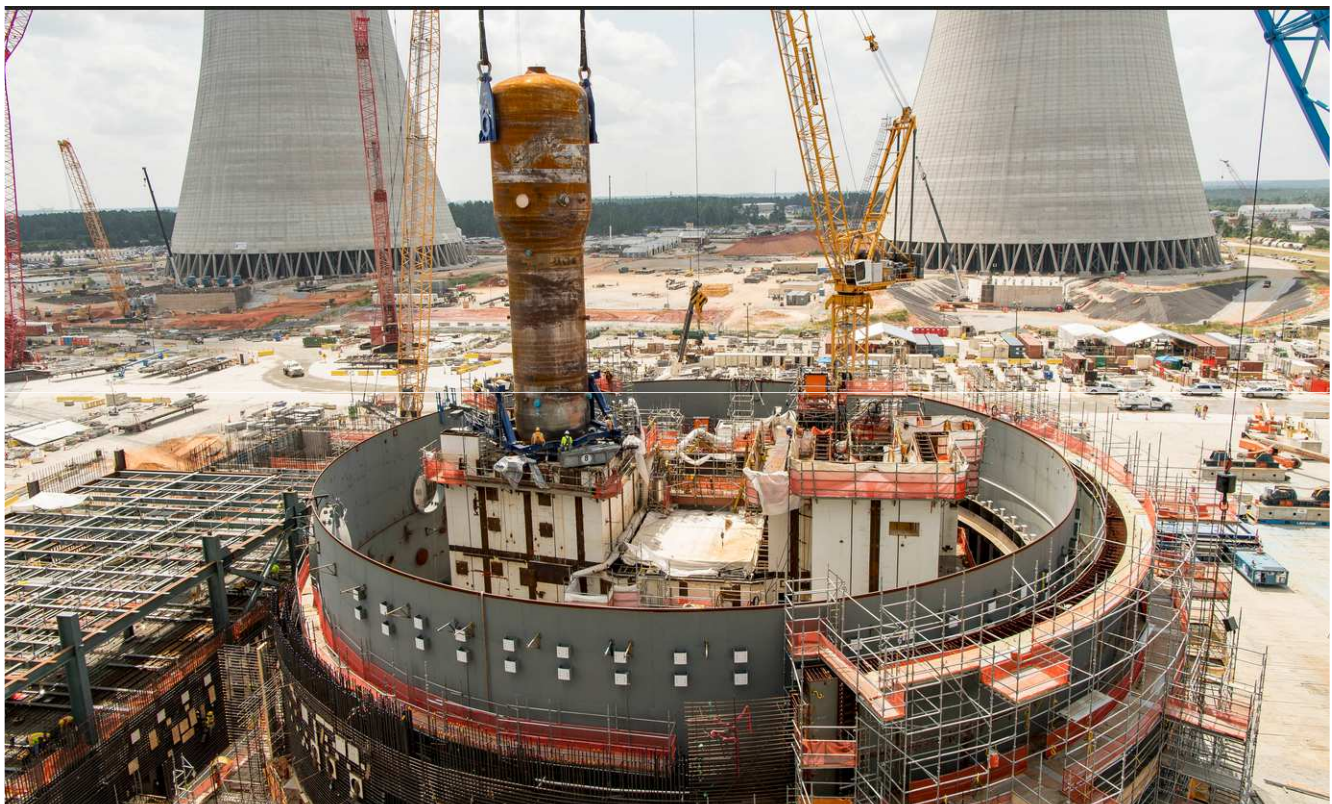
- Követelmények új atomerőművek építéséhez – sztenderdizálás
 - EUR: European Utility Requirements
 - Zónasérülési gyakoriság $<10^{-5}$ /reaktorév
 - Konténment: belső konténment a nyomás- és hőmérsékletcsúcsokra tervezve, külső konténment külső veszélyek és belső kibocsátás ellen
 - Súlyos balesetek gyakorisága **jelentős kibocsátással $<10^{-6}$ /reaktorév**, e felett csak korlátozott környezeti hatás lehet
 - Korlátozott környezeti hatás:
 - az első 24 órában nincs szükség veszélyhelyzeti beavatkozásra 800 m-es körzeten túl, és egyáltalán nem kell ott hosszú távú intézkedés
 - 3 km-en túl egyáltalán nem kell veszélyhelyzeti beavatkozás
 - Növény/állat fogyasztás korlátozása max. 1-2 évre igen kis területen legyen csak lehetséges
- Továbbfejlesztett építési megoldások, pl. moduláris építés



2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

AP1000 – Vogtle (USA) – moduláris építés a gyakorlatban



Unit 4 steam generator placement

August 2018

©2018 Georgia Power Company All rights reserved

AP1000 – Vogtle (USA) – moduláris építés a gyakorlatban

For additional information regarding risks related to the forward-looking statements contained herein, go to <http://www.southerncompany.com/legal/home.cshtml>

Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=sSyhFg9e2Cc>

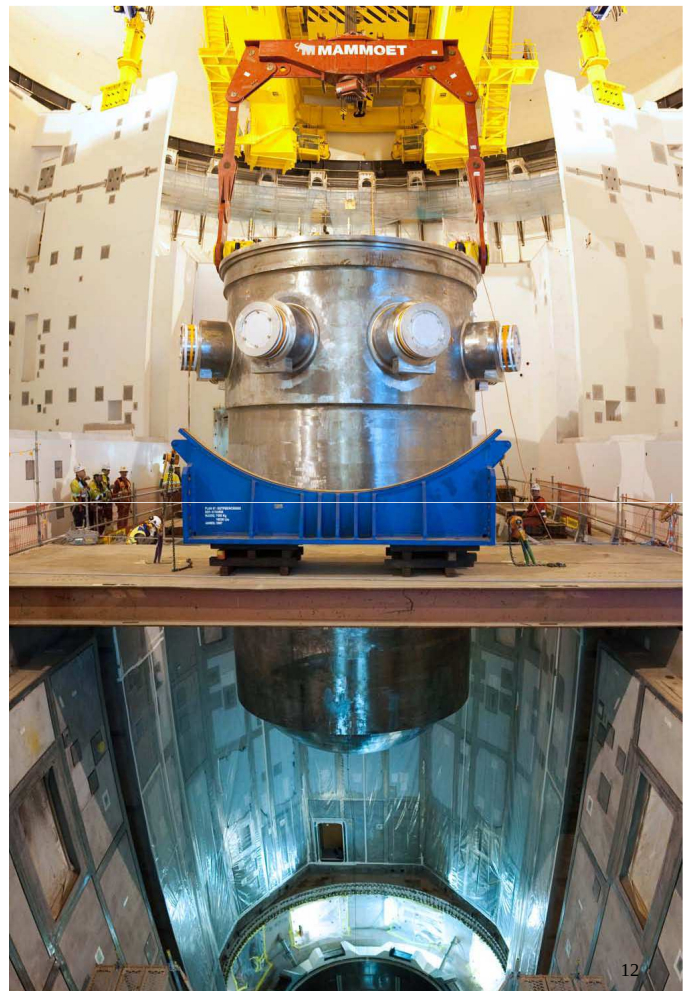
11

Jelen helyzet

- **Üzemelő** 3. generációs blokkok:
 - ABWR: 4 blokk Japánban (épp leállítva)
 - VVER-1200: Novovoronyezs (2016), Leningrád (2018)
 - APR-1400: Dél-Korea: Shin-Kori-3
 - EPR: Taishan-1
 - AP1000: Sanmen 1-2, Haiyang-1
- **Épülő** 3. generációs reaktorok:
 - ABWR
 - Tajvan: Lungmen-1, -2
 - Japán: Shimane-3
 - Litvánia (?)
 - EPR (3+)
 - Finnország: Olkiluoto-3
 - Franciaország: Flamanville-3
 - Kína: Taishan -2
 - APR-1400
 - Dél-Korea: Shin-Kori-4
 - Egyesült Arab Emírátsok!
 - AP-1000 (3+)
 - Kína: Haiyang-2
 - USA: Vogtle 3,4, Virgil C. Summer 3,4
 - VVER-1200 (3+)
 - Leningrád II (1-2)
 - Novovoronyezs II (1-2)
 - Fehéroroszország: Osztrovec

Olkiluoto-3
Forrás: AREVA

2019.03.14.



12

Nukleáris biztonsági irányelv



A Tanács 2014/87/Euratom irányelve (2014. július 8.)

Háttér: A fukushimai balesetet követően:

- felül kell vizsgálni az Európai Unió területén található minden atomerőművet; → **stresszteszt**
- az EU kérni fogja hasonló ellenállóképességi próbák végzését az EU-val szomszédos országokban és világszerte;
- **tökéletesíteni kell a nukleáris biztonságra vonatkozó legmagasabb szintű előírásokat** (nemzetközi instrumentumok szintjén);
- a **Bizottság felülvizsgálja a nukleáris biztonságra vonatkozó szabályozási keretet** és 2011 végéig javaslatot tesz annak tökéletesítésére

2014. július 8-án kihirdették a 2009/71/Euratom irányelv módosítását (2017. augusztus 15-i átültetési határidővel)



2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

13

Nukleáris biztonsági irányelv

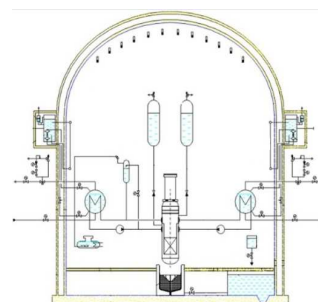
A szigorodó rendelkezések fő címzettjei: (i) **Állam** (ii) **Hatóság** (iii) **Engedélyes**



Állam	Hatóság	Engedélyes
• felelősségi körök meghatározása • szervezetek között koordináció rögzítése	• függetlenség a nukleáris energia alkalmazásával kapcsolatos más szereplőktől	• a felelősség kizárólagossága nem ruházható át
• engedélyezési rendszer garanciáinak bevezetése • + 8a. cikk nukleáris biztonsági célkitűzés	• megfelelő szakemberállomány és költségvetés • hatáskör a szabályok meghatározására és kikényszerítésére • önálló eljárási jogosultság nemzetközi szinten	a nukleáris biztonságot szolgáló: - irányítási rendszer - megfelelő szakember állomány - megfelelő pénzügyi források - folyamatos értékelés, ellenőrzés
• széleskörű tájékoztatási kötelezettség előírása az engedélyes és a hatóság számára	• széleskörű tájékoztatási kötelezettség (más szervek engedélyétől függetlenül)	• széleskörű tájékoztatási kötelezettség (rendes üzemi és rendkívüli esemény, baleset esetére is)
• oktatási és képzési intézkedések	• átlátható szabályrendszer kialakítása	• intézkedések a nukleáris biztonsági kultúra előmozdítása és javítása érdekében
• nemzeti rendszer időszakos ellenőrzése (legalább 10 évente)	• időszakos önellenőrzés (legalább 10 évente)	• IBF (legalább 10 évente)



Forrás: Paks I.



Forrás: ASE

2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

14

Nukleáris biztonsági irányelv

A szigorodó rendelkezések fő címzettjei: (i) **Állam** (ii) **Hatóság** (iii) **Engedélyes**



Állam	Hatóság	Engedélyes
- felelősségi körök meghatározása - szervezetek között koordináció rögzítése	függetlenség a nukleáris energia alkalmazásával kapcsolatos más szereplőktől	a felelősség kizárólagossága nem ruházható át
	megfelelő	a nukleáris biztonságot



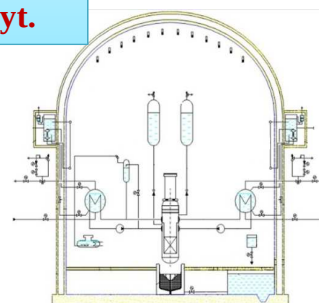
Forrás: Paks I.

8a. cikk 1) bekezdés

A nukleáris létesítményt úgy kell megtervezni, hogy megelőzzék a baleseteket, illetve baleset bekövetkezése esetén elkerüljék a korai, illetve a nagymennyiségű radioaktív kibocsátásokat

Ezt minden olyan nukleáris létesítmény vonatkozásában alkalmazni kell, amely 2014. augusztus 14-ét követően kap létesítési engedélyt.

száma	engedélyeztetett függetlenül)	baleset esetére is)
oktatási és képzési intézkedések	átlátható szabályrendszer kialakítása	intézkedések a nukleáris biztonsági kultúra előmozdítása és javítása érdekében
nemzeti rendszer időszakos ellenőrzése (legalább 10 évente)	időszakos önellenőrzés (legalább 10 évente)	IBF (legalább 10 évente)



Forrás: ASE

2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

15

Nukleáris biztonság

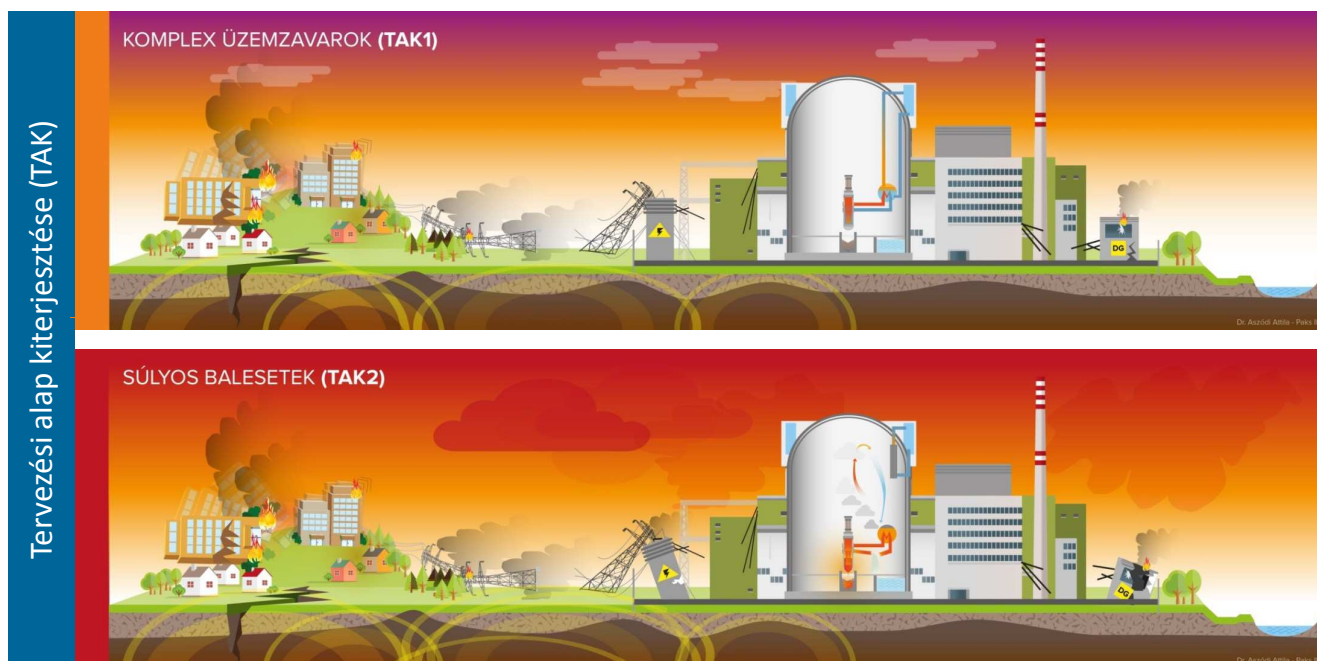
Tervezési alap (TA)

2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

Dr. Aszódi Attila - Paks I.

Nukleáris biztonság



2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

17

Atomerőművi üzemállapotok a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok szerint

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)

2019.03.14.

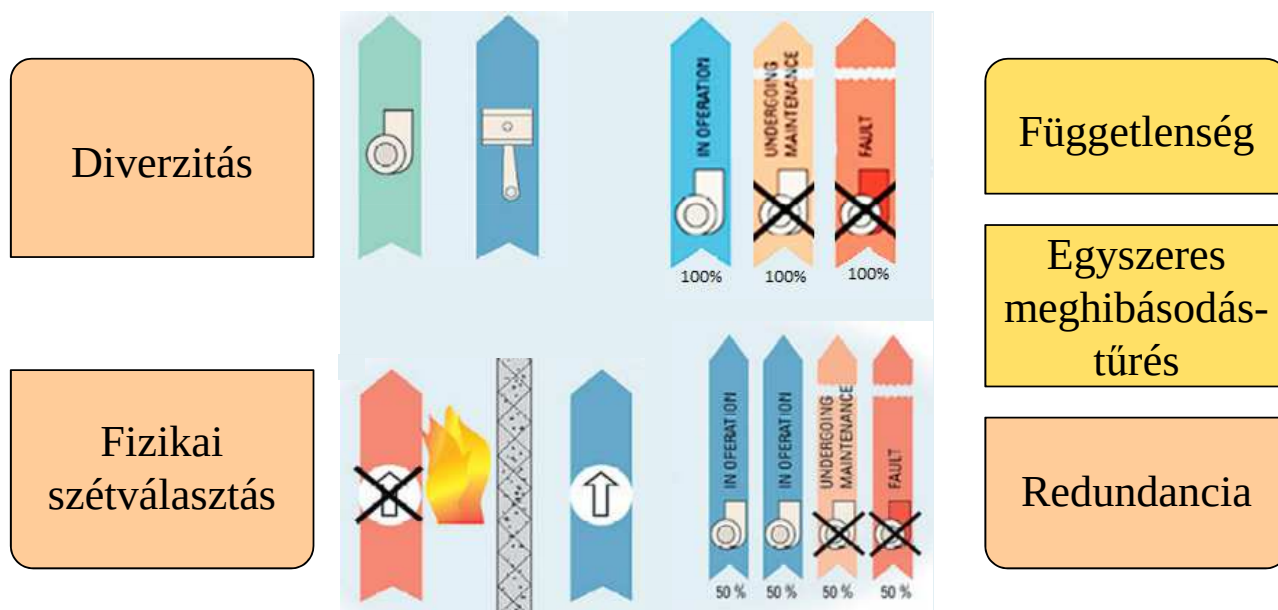
Prof. Dr. Aszódi Attila

18

A VVER-1200 biztonsági rendszerek fő tervezési elvei

- Passzív biztonsági rendszerek

Olyan biztonsági rendszer, amely passzív rendszerelemekből, valamint olyan elemekből épül fel, amelyek működésükhöz nem igényelnek külső energiaforrást vagy vezérlést, funkciójuk teljesítését egyszerű fizikai folyamatok biztosítják (mint gravitáció, természetes áramlás vagy energiatárolás akkumulátorokban, forgó rendszerekben, sűrített levegőben).



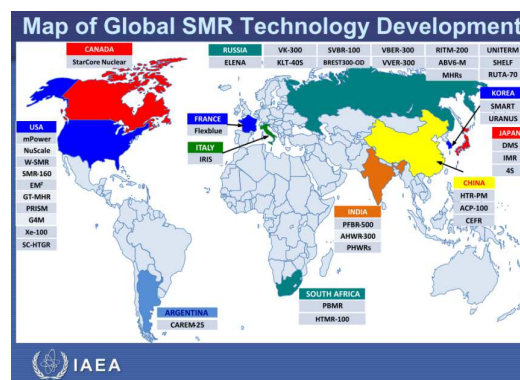
2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

19

Atomenergetikai jövőkép

- Az atomenergia villamosenergia-rendszerben való megtartása fontos a klímavédelmi és ellátásbiztonsági célok eléréséhez.
- 2020-as és 2030-as évek: 3. és 3+ generációs atomerőművek építése
- SMR-ek: bizonyos országokban előtérbe kerülhetnek
 - kisebb hálózat
 - távoli területek ellátása hővel és villamos energiával
- Hulladékkezelési feladatok megoldása az elválasztás, transzmutáció és a 4. generációs reaktorok fejlesztésével, alkalmazásával



2019.03.14.

Prof. Dr. Aszódi Attila

20