



A MAGYAR  
TUDOMÁNY  
ÜNNEPE

Katasztrófák Csökkentésének  
Világnapja

Nemzetközi tudományos konferencia

2023. november 30.



# MVM Paksi Atomerőmű biztonsági kérdései

DR. ANTAL-FARKAS ZOLTÁN

DR. VASS GYULA

DR. KÁTAI-URBÁN LAJOS



## A Biztonság alapvetései

Az erőművek energiatermelési elve hasonló, azonban egy atomerőmű esetén a folyamathoz szükséges hőt nukleáris energia biztosítja. A nukleáris láncreakció szabályozására és a keletkező hő elvezetésére hivatott közeg biztosítására több alternatíva is létezik, a reaktor típusának megfelelően. Típustól függetlenül a **három** alapvető biztonsági feltételnek teljesülnie kell a káros hatás mentes energiatermeléshez:

- a nukleáris láncreakció hatékony szabályozása;
- a termelt energia és hő megfelelő elszállítása;
- a radioaktív anyagok kikerülésének megakadályozása.



## A biztonság megfogalmazása az atomerőmű tekintetében:

A minőségi műszaki és szervezési megoldások felhasználásával zárható ki, hogy bármely üzemállapotban az erőmű személyzete és a környező lakosság a megengedettnél nagyobb sugárterhelést szenvedjen el, továbbá a természetbe az előírásnál nagyobb radioaktív kibocsátás ne juthasson.

A műszaki hibák kiküszöböléséről a céltudatos mérnöki tervezés gondoskodik, amely a több évtizedes nukleáris rendszerüzemeltetésre támaszkodik. Az emberi hibák kiküszöbölése azonban már egy egyéneként és szemléletenként változó nehézségű feladat. A mulasztások elkerülése érdekében az atomerőműves folyamatok szigorú minőségbiztosítási és adminisztratív előírások alapján működnek. Ezek olyan önellenőrzési listákat is tartalmaznak, amelyek segítik munkatapasztalattól függetlenül a folyamatok helyes sorrendben történő elvégzését.

A biztonsági elvek tarthatósága érdekében a következő feltételek szükségesek:

- a reaktorban keletkezett hőelvezetésnek minden körülmények közt meg kell valósulnia, akár alternatív vagy mobil megoldások alkalmazásával is;
- a kazetták hűtését leállított reaktor mellett is biztosítani kell;
- a kiegészítő üzemanyag is folyamatos hűtést igényel;
- meg kell gátolni a radioaktív anyagok környezetbe kerülését (mérnöki gátak);
- szükséges rendelkezni a láncreakció gyors leállítását szavatoló eszközökkel (szabályozó és biztonságvédelmi rudak);
- üzemzavari szituáció esetén sem lehet hűtéskimaradás.

Az esetleges hiányosságokat a tudatos mérnöki tervezések ellensúlyozzák az üzemeltetési feltételek és korlátok beiktatásával. Az üzemeltetési korlátok olyan rendszerek és folyamatok terminuspontjai, melyek életbelépése az esetlegesen bekövetkezett hibák következményeinek csökkentésére lettek kialakítva. A mélységi védelem és az üzemeltetési feltételek tervezésének alapelvei érvényesek minden biztonsági rendszerre és rendszerelemre. A rendszereknek nemcsak függetlennek kell lenni az általuk kezelt eseménytől, de bizonyos hibatűréssel is szükséges számolniuk.

A biztonsági rendszer tervezést tehát a következő megoldási elvek használatával lehet megvalósítani:

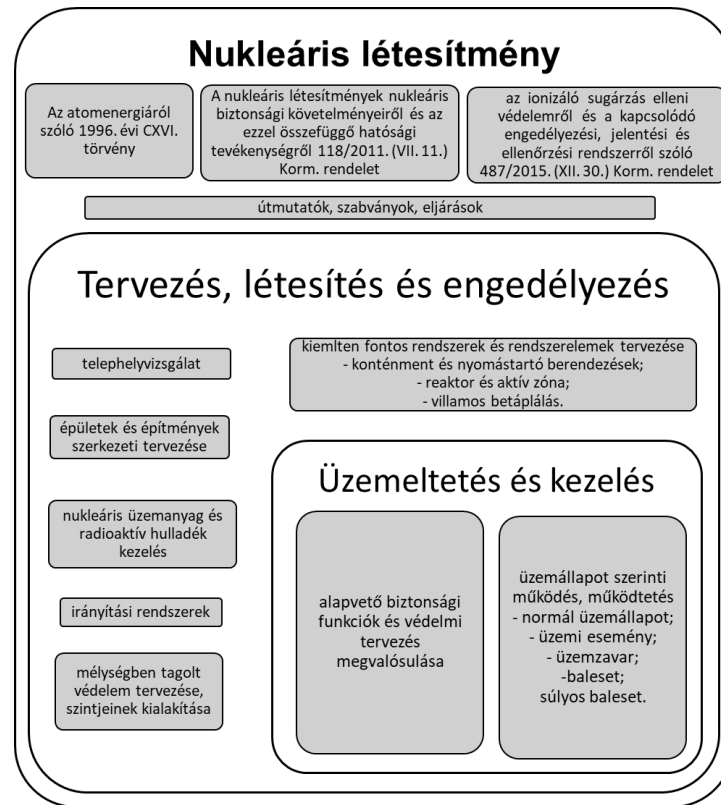
- redundancia;
- diverzitás;
- rendszer függetlenség;
- meghibásodás-biztos tervezés;
- minőség.

A felsorolásból egyértelműen kitűnik, hogy nem csak a biztonsági funkciókat megvalósító rendszerek duplikálásáról van szó, hanem olyan egymással párhuzamosan működő, azonos védelmet biztosító berendezésekről, melyek kialakításukban némelyest különböznek egymástól a típushibák kiküszöbölése érdekében. A biztonsági rendszerek függetlensége olyan funkcionális elkülönítést jelent, ami csökkenti a meghibásodott rendszerhez kapcsolt rendszerelemek meghibásodásának valószínűségét.

# Üzemzavar vagy Baleset

A normál működéstől eltérő eseteket kategorizálhatjuk azok veszélyességének mértékében. Az olyan nem tervezett eseményeket, melyek az üzemeltető akaratától függetlenül jönnek létre **üzemzavarnak** nevezzük. Ilyen esetekben a létesítmény rendszereinek olyan meghibásodásáról van szó, amikor a védelmet ellátó biztonsági funkciók a tervezett módon működésbe lépnek és a kialakult esemény nem vezet az előírtnál nagyobb sugárterheléshez.

Amikor a nem tervezett események a tervezés alapján rögzített korlátozások kibocsátási mértékét várhatóan vagy valóban meghaladják, valamint nagyobb külső és belső sugárterhelést okoznak, **balesetről** beszélünk.



NORMÁL  
ÜZEMMENET

POTENCIÁLIS

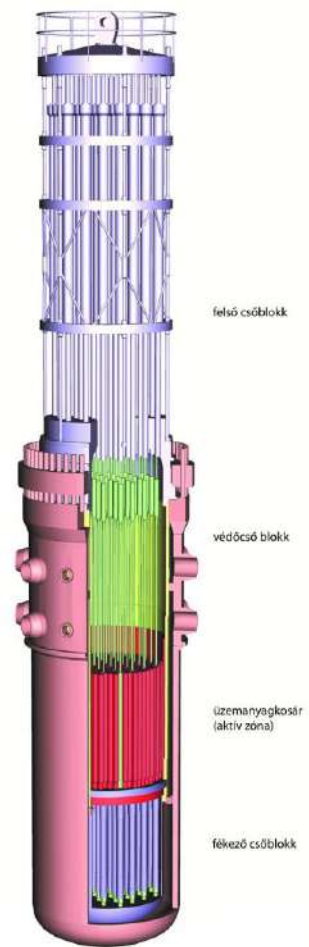
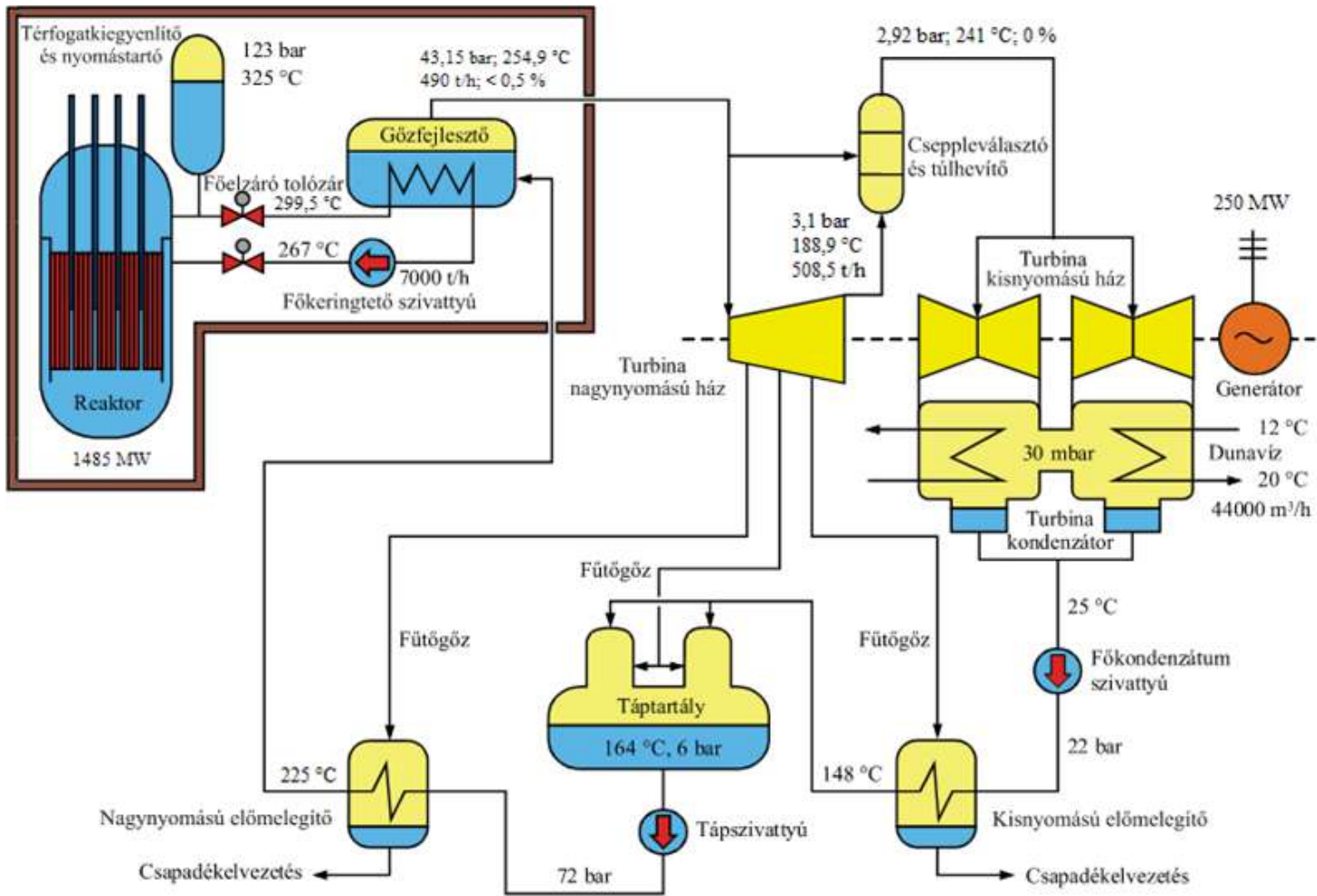
LÉTESÍTMÉNYI

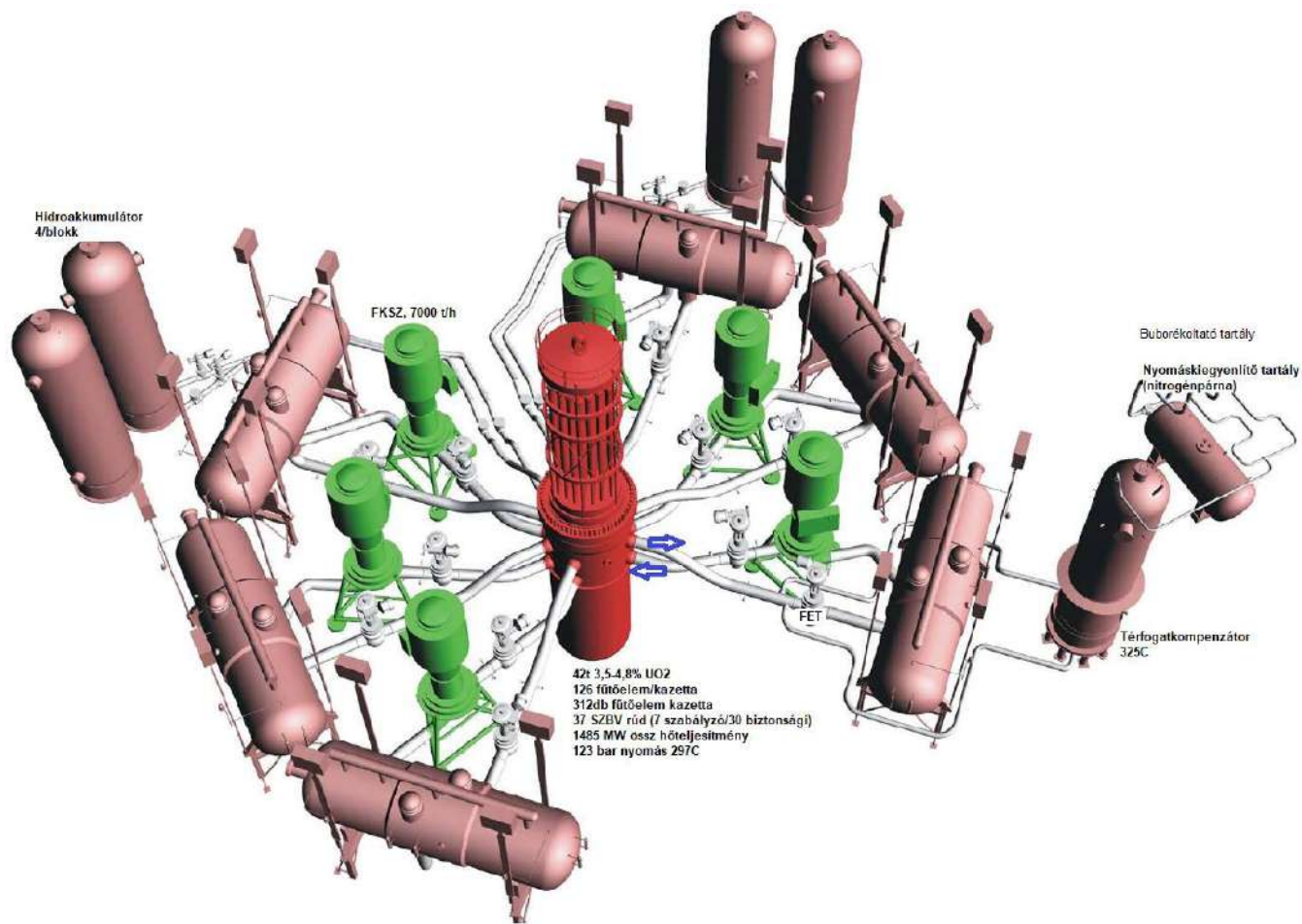
HELYI

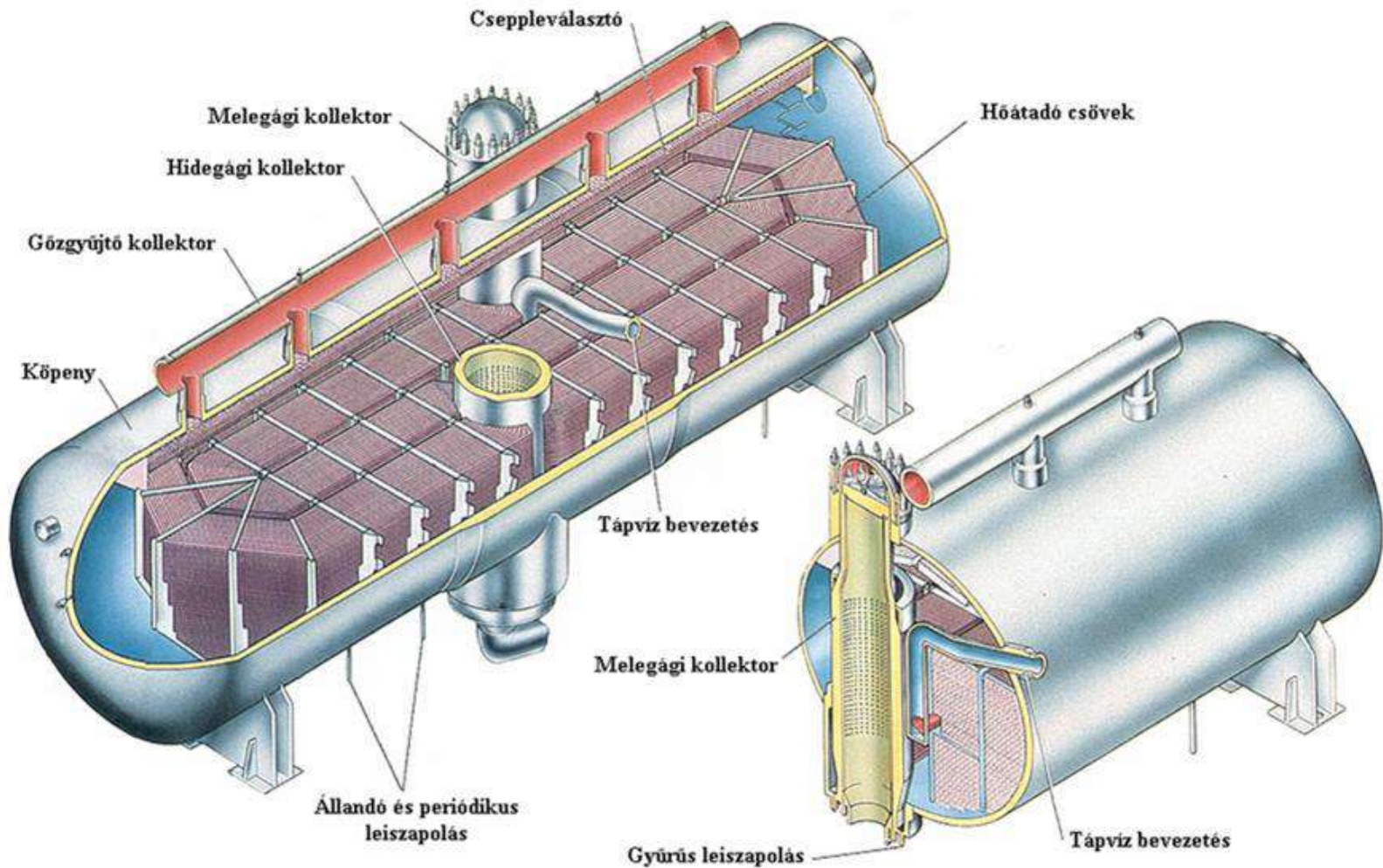
ÁLTALÁNOS

VESZÉLYHELYZET

# 4 darab VVER 440/213 típusú nyomottvizes reaktor







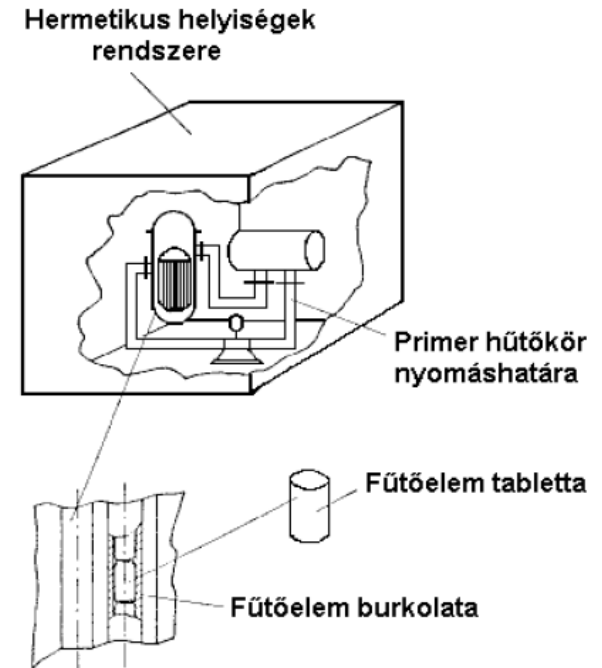


A kialakított műszaki megoldások és intézkedések olyan egymásra épülő rendszert alkotnak, melyeknél a kockázatsökkentő biztonsági célkitűzés akkor is megvalósul, ha bármelyik szerelem hatástalansága lép fel. Az egyes védelmi szintekhez tartozó biztonsági funkciók meghibásodása pedig nem vonhatja maga után bármely más magasabb szintű biztonsági rendszer összeomlását, viszont annak életbe léptetését kezdeményezheti

A **mélységben tagolt védelem** megfelelő alkalmazásához négy úgynevezett **fizikai (mérnöki) gát** védelmét kell biztosítani:

- az üzemanyag-mátrix;
- a fűtőelem burkolata;
- a reaktor primer körének határa;
- a konténment rendszer (hermetikus tér).

Célkitűzés, hogy a biztonsági tervezésben foglalt mind a négy mérnöki gát megőrizze az integritását. A primerkör falának komoly veszélyeztetettsége vagy sérülése esetén, a megmaradt három gát védelme jelenti a legfőbb védvonalat. Ezáltal a célok a szubkritikusság és a hőelvonás fenntartása, valamint indokolt esetben a közvetlen üzemanyag-olvadás megakadályozása lesznek. Ha feltételezzük, hogy az első három gát megsérült, a prioritás az utolsó fizikai gát, a hermetikus tér védelmének működtetése lesz, ami a nyomás-, a hőmérséklet kontrollálást, a robbanásveszélyes gázok keletkezésének kezelését és a hőelvonás fenntartását foglalja magában.



## A biztonság szempontjából kritikus rendszerek és rendszerelemek bemutatása

A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszer és rendszerelemek egymástól elválasztott és független működésűre **tervezése alapvetés**, mivel nemcsak, hogy az egyes rendszerhibák nem terjedhetnek ki további rendszerekre, de léteznie kell olyan alternatívának, mely értelmében a hibás rendszerelem funkcióját át tudja venni egy másik berendezés. Ennek az elvnek a célja a normál üzemállapot megőrzése.

A rendszerek tervezett működtetéséhez szükségszerű számolni az emberi hibák eredményezte rendszerelem-funkciókieséseket is, rendszertípustól függő relevanciával. Ez vonatkozik arra is, hogy a konstrukciós tervezés révén a rendszer kezelőszemélyzete se legyen képes megakadályozni **az automatikus biztonsági rendszerek működésbe lépését**. Az emberi hibafaktorokon és a fizikai meghibásodásokon túl elengedhetetlen számba venni a villamos energiaellátás és vezérlés hibáinak valószínűségét is, amelyeknek biztonsági rendszerenként függetlennek és elválaszthatónak kell lennie.

A **konténment is nyomástartó berendezésnek** minősül, amit annak teljes élettartama alatt monitoroznak, hiszen fontos védelmi szerepet tölt be. A konténment egy nyomásálló, hermetikusan kialakított építmény, melyhez hozzá tartozik az atomreaktor és annak közvetlen rendszerlemei. Funkciója, bármely üzemállapotban megakadályozza vagy korlátozza a radioaktív anyagok környezetbe jutását.

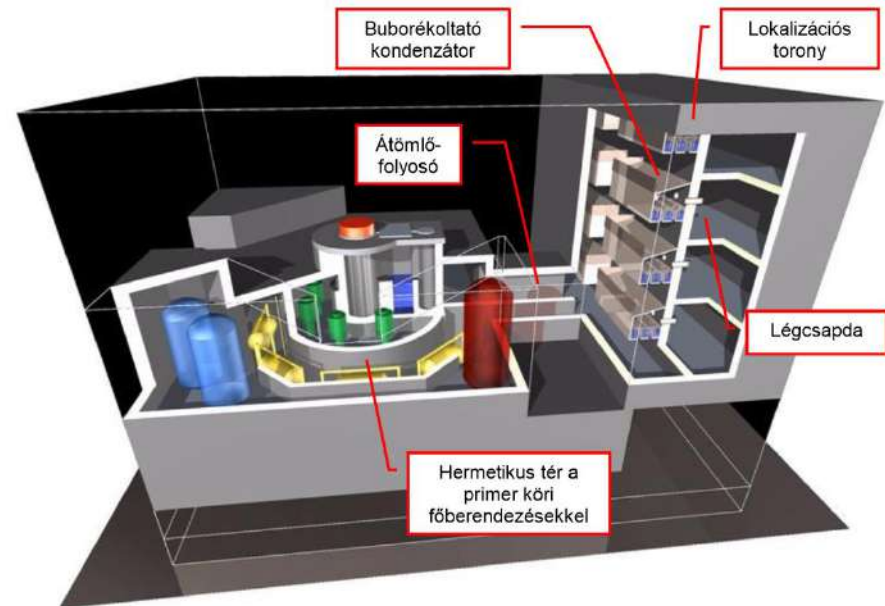
Az aktív és passzív rendszerekkel akár **72 órás hűtést** is lehet biztosítani, amihez a konténmenten belüli hidrogén rekombinátorok adnak támogatást azzal, hogy az esetleges fűtőelem olvadáskor, a gőz és olvadt cirkónium reakciójaként keletkező hidrogéntöbblet oxigénnel való egyesülését gyorsítják fel.

Az atomerőmű aktív zónájának és védelmi funkcióinak működtetésére  **folyamatos villamos betáplálás** ra van szükség. Ennek kiesése semelyik üzemi állapotban nem megengedhető, ami azt jelenti, hogy a biztonsági tervezésnek minden esetben megoldást kell biztosítania a szükséges rendszerek üzemeltetéséhez.

Ehhez alapvetően szünetmentes betáplálást kell biztosítani más blokkok villamos hálózatának visszacsatolásával, azonnali működés-helyettesítő akkumulátorokkal, illetve az üzemzavar elhárításban részt vevő, automatikusan induló vagy külső betáplálású aggregátorok felhasználásával.



A konténer nyomáscsökkentését szolgálja a Paksi Atomerőműben az úgynevezett  **lokalizációs torony**  és annak speciálisan kialakított sprinkler rendszere, valamint az aktív és passzív zóna-üzemzavari hűtőrendszerek.

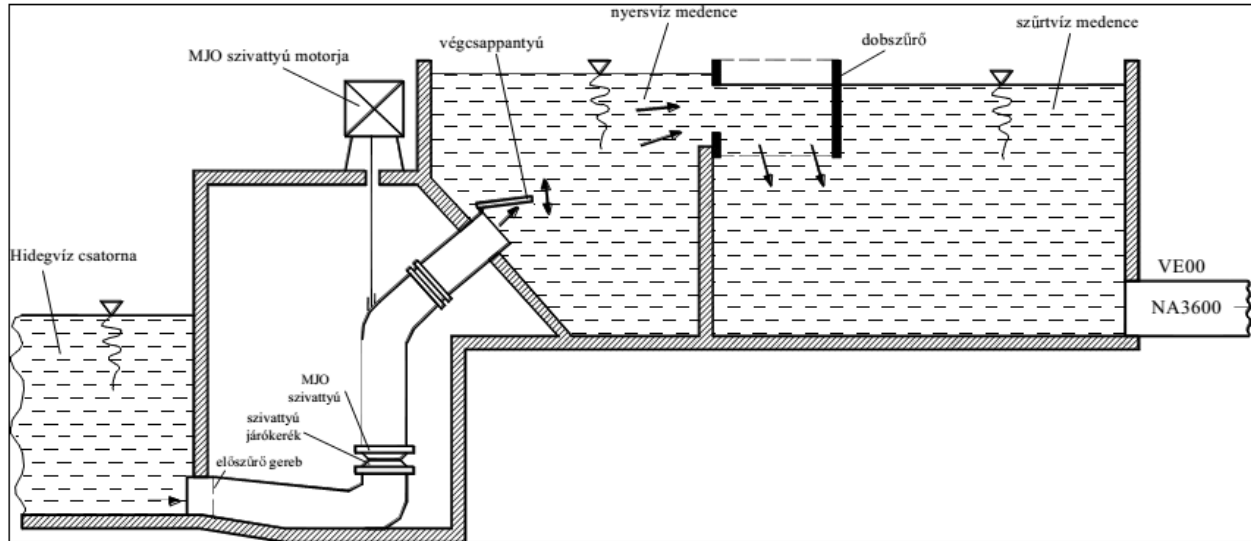


# Üzemi és üzemzavari tápvíz rendszer

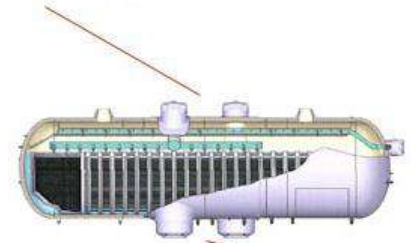
A primerköri hűtés elengedhetetlen része a gőzfejlesztők megfelelő tápvíz ellátása. Annak érdekében, hogy ez mindenkor biztosított legyen, blokkonként egy üzemzavari tápvíz rendszer került kialakításra.

## Kiegészítő üzemzavari tápvíz rendszer

Azokra a nagyon kis valószínűséggel bekövetkező eshetőségekre, amikor sem az üzemi, sem pedig az üzemzavari tápszivattyú nem képes ellátni a feladatát, működésbe lép a külön erre a célra kiépített KÜTR, hiszen a primerköri remanens hő nem maradhat hőlevonó közeg nélkül.

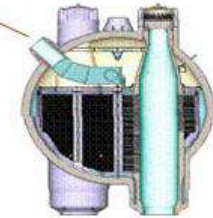


Hűtővíz a reaktorból



Hűtővíz vissza a reaktorba

Tápvíz



## ZÜHR rendszer

A rendszer feladata a primerköri hűtőközeg hirtelen lehülése miatt felszabaduló **reaktivitás lekötése** a fővízkörbe táplált 41-46 g/dm<sup>3</sup>-es bórsav oldattal, ezen felül pótolja a csőtörés következtében elveszett primerköri hőhordozót. A hűtés biztosításával az üzemanyag burkolatok sérüléseinek elkerülése is biztosítható.

### Kisnyomású ZÜHR

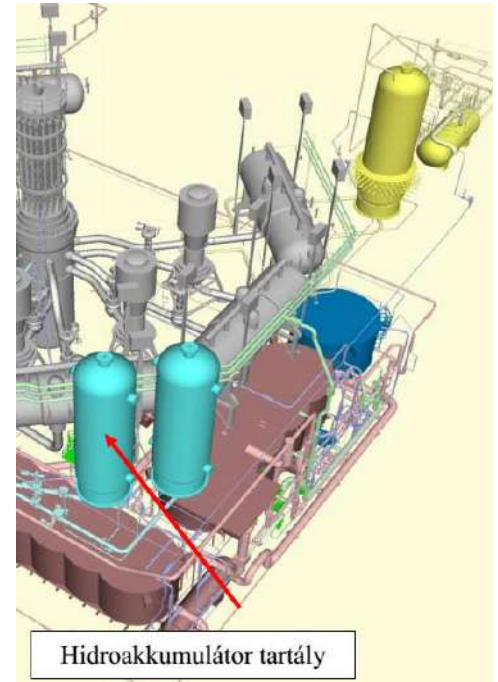
A nem kompenzálható folyást eredményező üzemszabari helyzetekben, tehát a fővízkör nyomáscsökkenése esetén biztosítja az aktív zóna hűtését, így a remanens hő elvezetésével szubkritikus állapotban tartja a reaktort

### Nagynyomású ZÜHR

Olyan üzemszabari szituáció esetén, ahol a pótvízszivattyúkkal a hűtőközeg elfolyás nem kompenzálható, a nagynyomású ZÜHR feladta ezt pótolni, valamint csökkenteni az aktív zóna reaktivitását

### Passzív ZÜHR rendszer

A rendszer lényege, hogy külső segédenergia nélkül képes biztosítani a zóna megbízható hűtését villamos betáplálás hiánya esetén. A passzív rendszer a fizika törvényeit kihasználva működik, mivel jelentős primerköri nyomáscsökkenés esetén az ún. **hidroakkumulátorok** által tárolt hűtővíz beáramlik a primer csővezetékekbe.



A Paksi Atomerőmű védekezési stratégiája összhangban van az **országos nukleáris védekezési eljárásokkal** és megfelel a **nemzetközi követelmények** rendszerének egy olyan speciálisan továbbfejlesztett szinten működtetve, amely nemcsak elméletben állja meg a helyét, de gyakorlatban is többszörösen kipróbált. A tevékenységét végrehajtó személyzet pedig folytonos fejlesztések megvalósításán dolgozik annak minőségi ellenőrzésével párhuzamosan.

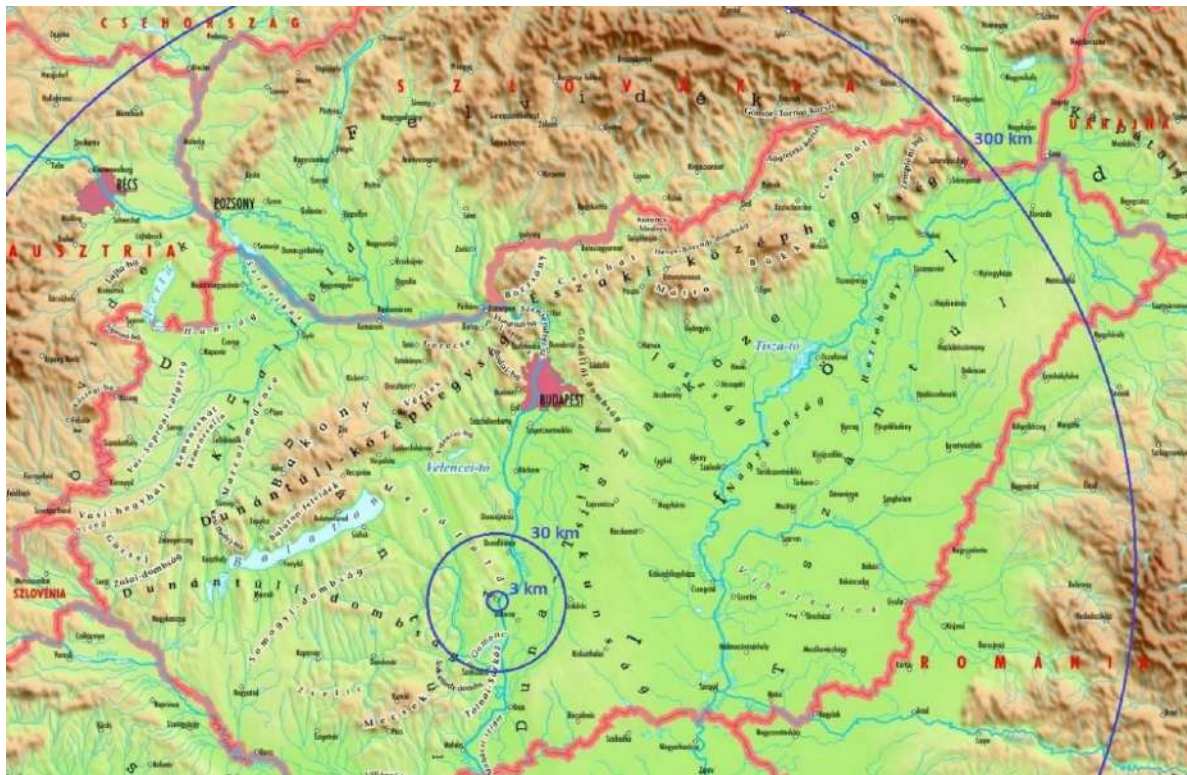
### Veszélyhelyzeti zónahatárok

a tervezési kategóriába sorolt ilyen létesítményeknél:

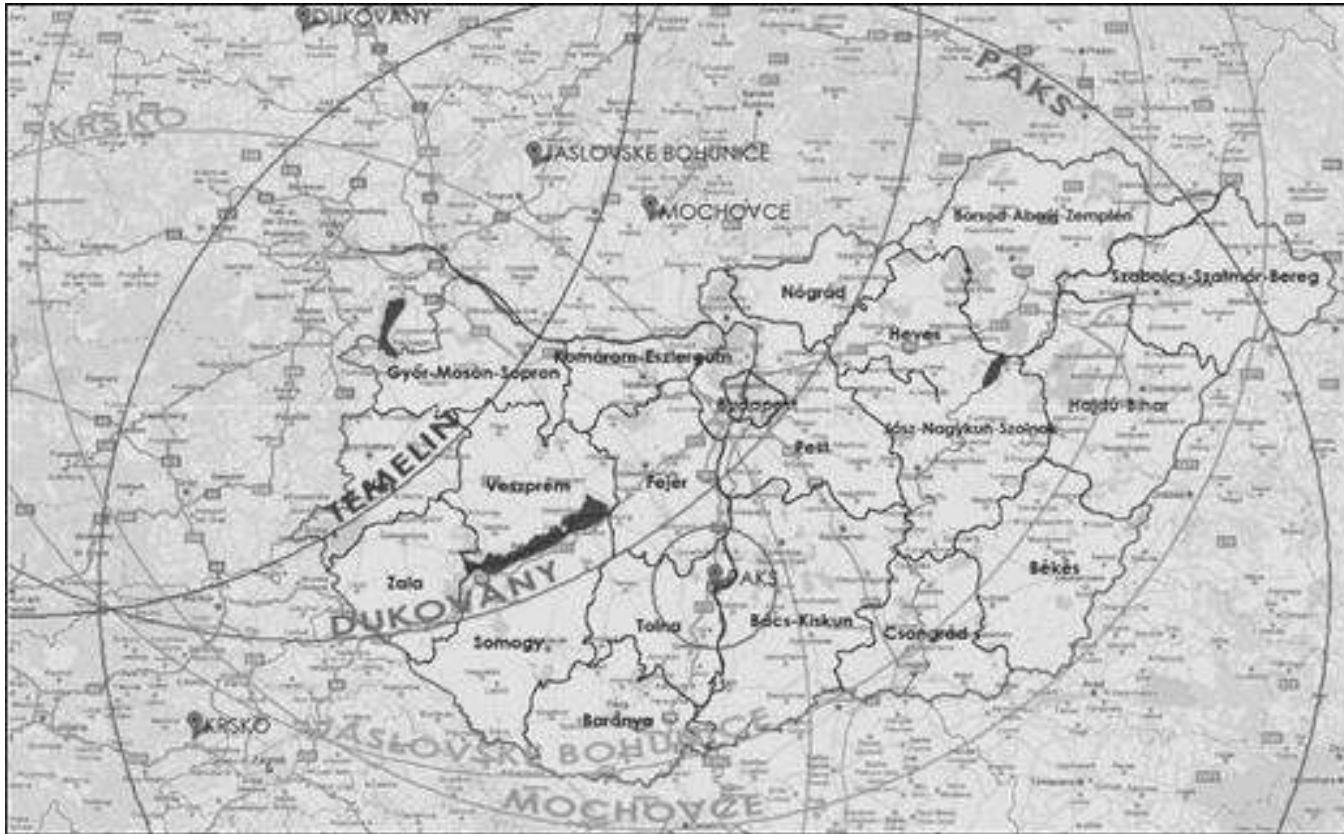
Megelőző óvintézkedések zónája (MÓZ)

Sürgős óvintézkedések zónája (SÓZ)

Élelmiszer-fogyasztási korlátozások óvintézkedési zónája (ÉÓZ)



Az atomerőmű biztonságfilozófiája szervesen kapcsolódik az országos védelmi tervezéshez, valamint a nemzetközi operatív beavatkozási eljárások honosításával és a helyi specifikumokra történt fejlesztésekkel teljesszámú védelmet biztosít a nukleáris veszélyhelyzetekkel szemben.



## Paksi Atomerőmű Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terve

A Paksi Atomerőmű **Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Tervvel rendelkezik** (továbbiakban: ÁVIT), amely magában foglalja azokat a szabályzókat és biztonsági intézkedéseket, mint amilyenek a magyarországi jogszabályoknak való megfelelés, a nemzetközi elvárások hatósági előírásainak és a megelőző tapasztalatok által feltárt fejlesztések lehetőségeinek összessége. A tervezéshez szükséges volt meghatározni az üzembiztonságot érintő nukleáris és radiológiai veszélyhelyzetek eseménycsoportjait a lehetséges következményekkel együtt, továbbá a felszámoláshoz tartozó erő és eszközigenyeket az optimális helyzetkezeléshez.

Az **Ügveletes Mérnök** az atomerőműben folyó energiatermelés normál üzemállapotú irányításával megbízott személye, aki képes az üzemzavari szituációkban az elhárítási tevékenység irányítására az üzemzavari következmények minimalizálása mellett.

Felügyelnie kell a blokkok primer-, szekunder-, külső üzemi-, valamint a vegyészeti technológiai rendszereinek működését. Súlyos üzemzavari körülmények közt részt vesz a BESZ munkájában a kialakult veszélyhelyzet feladatköreinek függvényében.

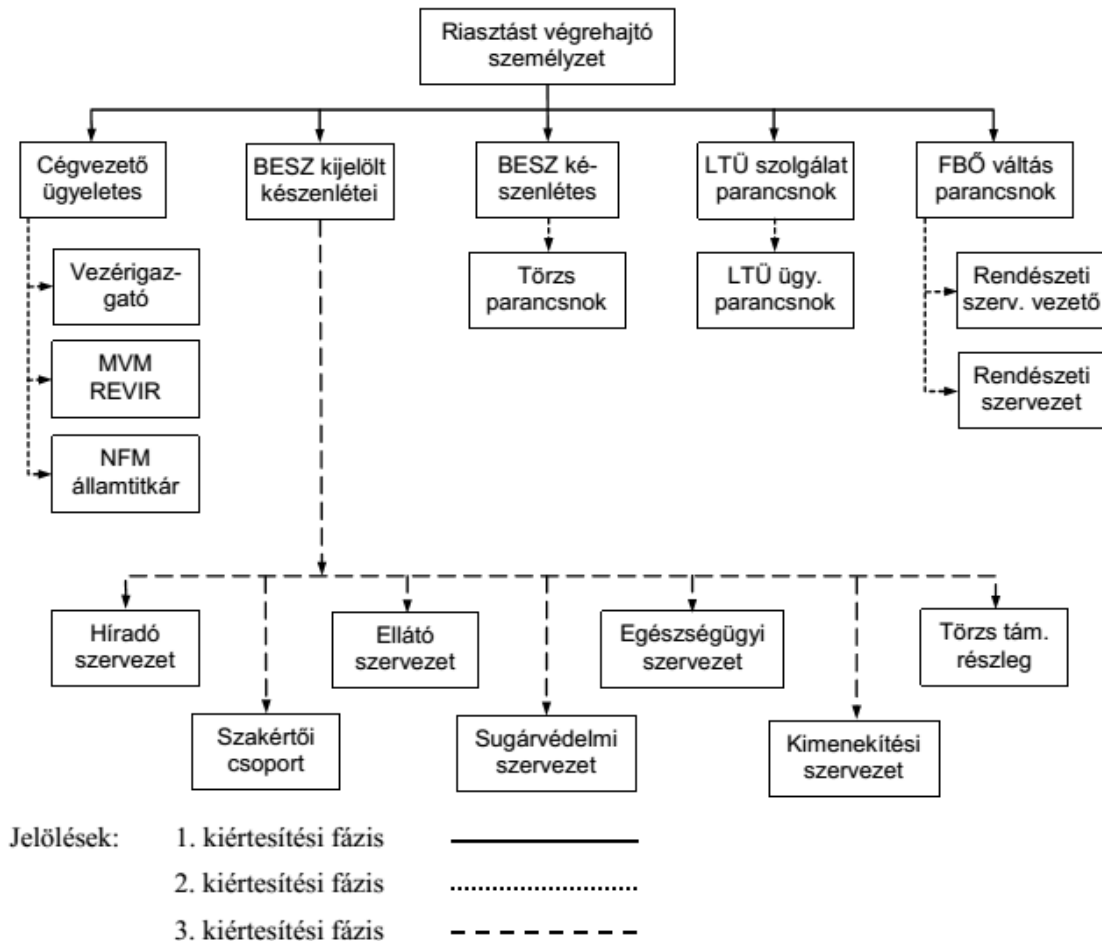
Az atomerőműben potenciálisan kialakuló rendkívüli események és veszélyhelyzetek kezelésére a létesítmény jellegének megfelelő működési és irányítási rendszerrel felépített baleset-elhárítási szervezet működik. A veszélyhelyzetek felszámolását, továbbá a mentési és helyreállítási feladatok végrehajtását az ÁVIT-ban foglalt alapelvek szerint irányítja az erre létrehozott **Baleset-elhárítási Szervezet** (BESZ).



# BESZ

A szervezet, bár állandó kijelölt tagokkal rendelkezik, akik saját végrehajtási körüknek megfelelően látják el feladatukat, de a kárelhárítás hatékonyságának növelése érdekében szükség esetén bevonhatja az üzemi személyzet is.

A **BESZ riasztás** történhet részleges vagy teljes formában, amelynek végrehajtását veszélyhelyzet vagy rendkívüli esemény, továbbá annak potenciális lehetősége esetén kell elrendelni. Ilyen esetben megtörténik a végrehajtók körébe tartozók berendelése és készenlétbe helyezése.



## A létesítményi tűzoltóság szerepe a BESZ-ben

A létesítményi tűzoltóság a BESZ keretein belül a tűzoltó parancsnok irányításával vesz részt, aki a vezetési csoport tagjaként is tevékenykedik. A tűzoltóság a feladatait a BESZ alárendeltségében látja el annak megalakulása után, azonban elsődleges feladata továbbra is a tűzoltás és az életmentés marad.



Részt vesz a kutatási munkálatokban, az üzemzavar elhárításban, kárelhárítási és műszaki mentési tevékenységet végez, továbbá sürgősségi betegellátási és betegszállítási feladatokat hajt végre.

Olyan rendkívüli veszélyhelyzetek alkalmával, mint amilyen a villamos energia kiesése esetén szükséges **SBK** dízel aggregátoros vagy külső mobil vízbetáplálás kiépítése, szintén a létesítményi tűzoltóság feladata.



Az ügyeletes mérnök és az Erőmű Irányító Központ szolgálatvezetője rendelkezik a szükséges szaktudással és ismerettel arra vonatkozóan, hogy egy veszélyhelyzet kapcsán milyen sorrendben kell az **információgyűjtést** és a **tájékoztatást** végrehajtania, ugyanakkor a sikeres és tévedésmentes kivitelezés érdekében rendelkezésére áll egy **végrehajtási segédlet**, amely biztosítja a hibamentes helyzetkezelést.

	Elkészítendő	végrehajtva
1.	Riasztási üzenet formalap előkészítése, MARATHON levelező rendszer ellenőrzése, Pannon Futár ellenőrzése.	
2.	Akusztikus riasztó rendszer ellenőrzése.	
3.	Riasztási üzenet formalap átadása ÜM-nek.	
4.	Telephelyi védőintézkedés formalap átadása az ÜM-nek.	
5.	Telephelyi védőintézkedés kiadása az Akusztikus riasztórendszeren keresztül az ÜM utasítására.	
6.	BESZ készenlétesek riasztásának formalap előkészítése.	
7.	BESZ készenlétesek riasztása a Pannon Futár - Automata hívórendszeren, vagy SMS-ben az ÜM utasítására	
8.	Belső, külső együttműködők riasztása az ÁVIT mellékletei szerint az ÜM-vel együttműködve.	
9.	Lakossági védőintézkedés kiadása MATATHON-on, vagy faxon az ÜM utasítására.	
10.	Lakossági védőintézkedés SMS formanyomtatvány előkészítése.	
11.	Lakossági védőintézkedés SMS kiadása a Pannon Futáron az ÜM utasítására.	
12.	Riasztási formalap továbbítása a külső együttműködőknek MARATHON-on. Az OAH-nak faxon is továbbítani. (eseményt követő 60 percen belül)	
	Az elkészített, kitöltött nyomtatványok, dokumentumok összegyűjtése, eljuttatása a Védett Vezetési Pontra.	

	Ügyeletes mérnök	végrehajtva
1.	Az eseményről információ gyűjtése (blokk, dozimetria, tűzoltóság, rendészet)	<input type="checkbox"/>
2.	Veszélyhelyzeti osztályozás elvégzése (eseményt követő 15 percen belül)	<input type="checkbox"/>
3.	Riasztási formalap kitöltése, intézkedés a külső együttműködők felé történő továbbítására.	<input type="checkbox"/>
4.	Telephelyi védőintézkedések elkészítése, nyomtatvány kitöltése.	<input type="checkbox"/>
5.	Előtte konzultáció dozimetriával. Lakossági védőintézkedés ajánlás készítésének elrendelése.	<input type="checkbox"/>
6.	ÁVIT készenlétesek riasztására intézkedés, nyomtatvány kitöltése.	<input type="checkbox"/>
7.	ÁVIT készenlétesek riasztásának elrendelése.	<input type="checkbox"/>
8.	Belső, külső együttműködők telefonos riasztása. (eseményt követő 30 percen belül)	<input type="checkbox"/>
9.	Lakossági védőintézkedés jóváhagyása. Intézkedés a védőintézkedés kiadására MARATHON-on, vagy faxon	<input type="checkbox"/>
10.	Lakossági védőintézkedés SMS formanyomtatvány kitöltése. Intézkedés a védőintézkedés kiadására a Pannon Futáron.	<input type="checkbox"/>
11.	Ellenőrizni a belső, külső együttműködők telefonos riasztását, illetve az ÁVIT készenlétesek riasztását. A nem elérhető személyek pótlásáról intézkedni kell.	<input type="checkbox"/>
12.	Veszélyhelyzet-kezelés feladat átadása a vállalatvezető ügyeletesnek, vagy a BESZ vezetőnek.	<input type="checkbox"/>

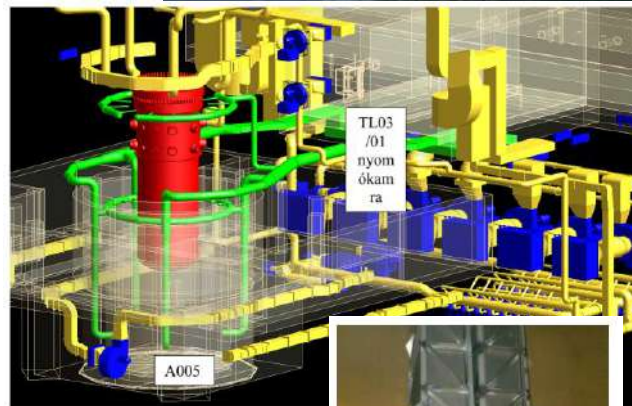
## Súlyos Balesetkezelés Rendszereinek bemutatása

Az üzemi tápvízrendszer meghibásodása esetén annak szerepét átveszi az üzemzavari tápvíz rendszer. Üzemzavari helyzetben a **3-3 db 1000m<sup>3</sup>-es sótalan víztartályban** lévő vízmennyiség biztosítja a blokkok lehűtését. Áramellátásuk a normál betáplálás elvesztése esetén is biztosított, a diesel generátorok által.



### Reaktorakna elárasztása

A műszaki kialakítás révén lehetőség van a reaktortartály külső hűtésére, hogy az olvadék a tartályon belül legyen tartva úgy, hogy a reaktortartály szerkezeti épsége megmaradjon, továbbá megakadályozva ezzel a beton és zónaolvadék reakcióját. A rendszer megfelelő mennyiségű vizet biztosít a hermetikus tér számára a **lokalizációs torony tálcaiból a reaktor betonaknába**, ahol elégséges hűtéssel látja el a reaktortartály külső falfelületét.



### Hermetikus térben felgyülemlett hidrogén elégetése

Az elemzett folyamatok szerint a zónaolvadás során a beton és olvadék kölcsönhatásából jelentős mennyiségű hidrogén fejlődik, amely a hermetikus tér épségét veszélyeztető robbanással fenyeget. Ennek elhárítására lettek telepítve a **passzív hidrogén rekombinátorok**, melyek a hermetikus térben felgyülemlett hidrogén katalitikus elégetéséről gondoskodnak.

## Külső hűtőközeg betáplálás

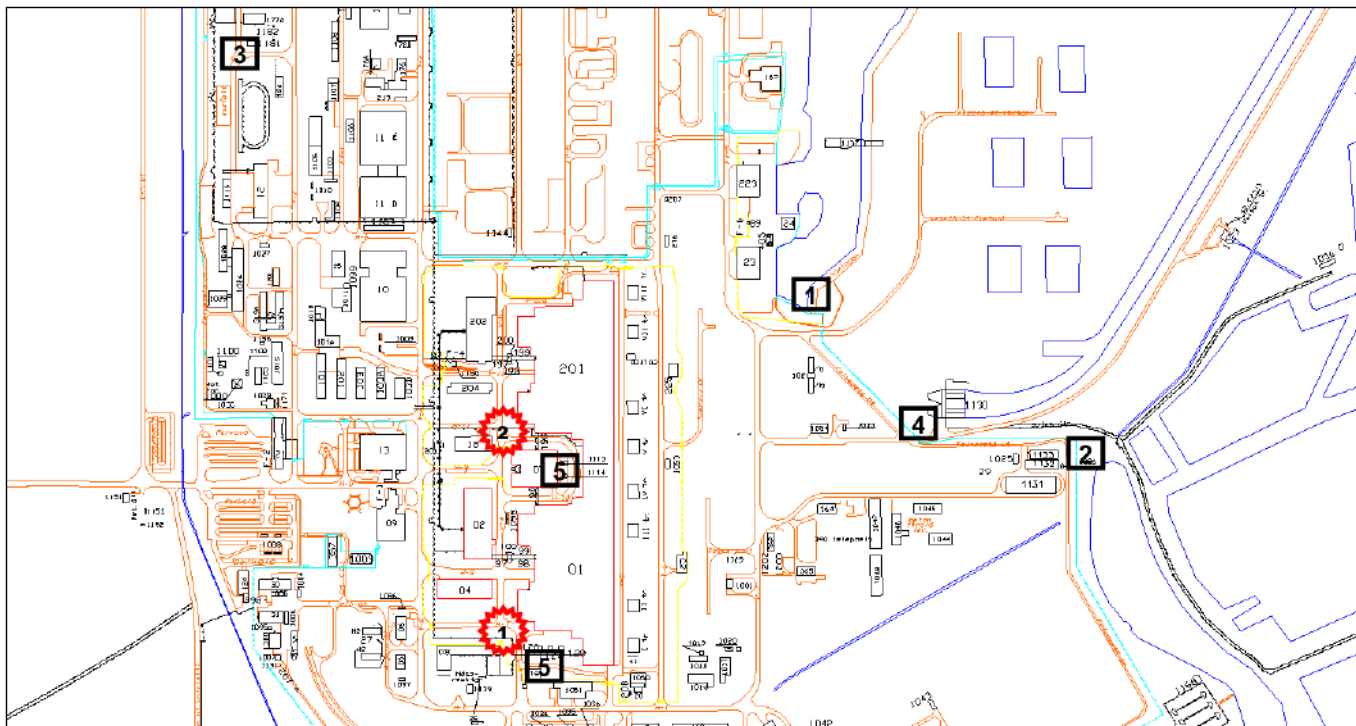
A rendkívüli esemény kezelése azon alapszik, hogy az erőmű biztonsági hőelnyelő funkcióit fenntartó rendszerei nem tudják biztosítani a hőelvezetést, ezért **alternatív betáplálásra** van szükség, ami a gőzfejlesztőkön keresztül történő hosszú távú hőelvitel megvalósítása érdekében a meghatározott betápláló vezetékére kiépített csatlakozási ponton keresztül kerül megvalósításra.



A külső hűtőközeg betáplálás **kivitelezésére az ATÜ** számára a tűzoltó gépjárműfecskenőkön felül olyan emelőhátfalas tehergépjármű és utánfutó lett rendszeresítve, amely képes a betápláláshoz szükséges technikai felszereléseket a helyszínrre szállítani.

## A Paksi Atomerőmű területén felhasználható, meghatározott szempontrendszer alapján alkalmas víznyerő helyek:

- 1000 m<sup>3</sup> sóatlanvíz tartályok kiépített külső csatlakozói;
- 600 m<sup>3</sup> tűzvíz tároló;
- melegvízes csatorna;
- hidegvízes csatorna;
- halastavak.



Víznyerési helyek: 1. Víznyerési mű 2. Halastó (Kondor tó) 3. Tűzvíz tároló (600 m<sup>3</sup>) 4. Melegvízes csatorna 5. 01-02WP30,32,34B001

Csatlakozási pontok: 1. I. kiépítés 1. blokki lokalizációs torony déli oldalfali akna lejáró  
2. II. kiépítés 3. blokki lokalizációs torony déli oldalfali akna lejáró

## Villamos betáplálással kapcsolatos baleseti helyzetek

Súlyos baleseti helyzetben feltételezhetőek **villamos oldali meghibásodások**, melyek hatással vannak az üzemállapotokra. Ilyen helyzetek relevancia szerint e következők lehetnek:

- Teljes feszültségvesztés;
- Biztonsági energiaellátó rendszerek áramforrásai üzemképtelenek (dízelgenerátorok és akkumulátor telepek egyaránt);
- Külső hálózati betáplálás hiánya.

Az atomerőmű biztonsági rendszereinek működtetéséhez **megfelelő hűtővízre** van szükség, amit a **villamos betáplálással** működtetett szivattyúk biztosítanak. A két biztonsági forrás tehát szorosan kapcsolódik egymáshoz és egyik rendszer funkcióvesztése sem okozhat kiesést a másik oldal biztonsági funkciójában.

A független villamos betáplálás rendszerének elemei:

- Mobil dízelgenerátor;
- Szabadtéri villamos csatlakozók;
- Hálózati átkapcsoló szekrények és ehhez tartozó összekötő kábelhálózat;
- Baleseti mérőrendszer szünetmentes betáplálása.





A villamos betáplálás elvesztése esetén fontos szempont, hogy az erőmű milyen kategóriájú fogyasztóit kell ellátni árammal. Az alternatív források működtetéséhez kalkulálni kell a földrengés, árvíz és szélsőséges időjárási viszonyok tervezett biztonsági kritériumaira is.



## A perifériás védelem

Az atomerőművek perifériás védelemének biztosítása olyan többtényezős feladat, amelynek megvalósítása a atomerőmű kapcsán jelentős feladat. Ezek a **földrengések, árvizek és szélsőséges időjárási viszonyok** okozta hatások.

### Földrengés

A Paksi Atomerőmű telepítésekor a általi veszélyeztetettség nem volt eléggé átgondolva és mivel alulértékelt veszélyforrás volt, így az akkori normáknak megfelelően sem szerkezetileg, sem pedig technológiai oldalról nem lett vele számolva és nem történt meg a rendszerelemek **szeizmikus minősítése** sem.

A védelem érdekében több, sorozatos védelmi megerősítésre került sor.

Néhány példa ezekből:

- A primer hűtőkör berendezéseit rezgéscsillapítókkal erősítették meg;
- A biztonságvédelmi rudak rázópados vizsgálatával bizonyításra került, hogy a biztonsági földrengés szintjénél jóval nagyobb terhelésre van szükség azok funkcióvesztéséhez;
- Földrengés esetére a nem földrengésbiztos rendszerlemek automatikus leválasztására műszeres jelzőrendszerrel kiépített egységek kerültek felszerelésre;
- A tűzivíz rendszerhez földrengésbiztos oltóvizet biztosító, dízelmotoros szivattyúkkal felszerelt épület lett kialakítva;
- Az erőmű területén épületek és épületszerkezetek kerültek megerősítésre beleértve a villamos épület téglafalait, dízelgépházat, segédépületeket, sótalanvíz kezelő épületrészeket és blokkvezénylőket;
- A pihentető medence szerkezeti integritás-megtartása is kivizsgálásra került, melynek eredményeként megállapították, hogy a reaktorépület vasbeton tömbjének ellenállása révén a pihentető medence épsége biztosított;
- A pihentető- és átrakó medencék hűtővíz keringtetésére szolgáló berendezéseit megerősítették.

## Árvíz, külső elárasztás

Árvízi védekezésnek azokat a beavatkozási szintekre bontott folyamatokat tekintjük, mely a vízterület tulajdonságai és az időjárás által befolyásolt tényezők összességét veszik ki.

A Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemi területének biztonságát ellátó védművek a Paks-Bölcske, úgynevezett 04.03-as védvonal részeként került meghatározásra és kiépítésre

### Általános és paksi környezeti jellemzők:

- Középvízmeder átlagos szélessége 400-600m;
- A Paksi Atomerőmű elhelyezkedése az 1527 fkm-nél;
  - o Mederszélesség 430m;
  - o A szakaszra szimulált árvízi középvíz meder szélessége 1,1-1,2 km;
- A Duna vízjárását elsősorban befolyásolja az Alpok hóolvadása és csapadék által keletkező többletvízhozam, ami a tavaszi hóolvadás, nyári csapadékmennyiség és gleccserolvadás tekintetében változik;
- Az ősztől tél végéig terjedő időszakban kisvízi árszint jellemzi;
- Jelentősebb mellékfolyam a paksi régióban nem található, ennek fényében a Dunaújváros-Mohács szakaszon az átlagos vízhozam 2350 m<sup>3</sup>/s;
- Az atomerőmű térségében **az átlagos mederszint 4-6m**. kisvízszint alatt 4m, sodrásvonalban 5-6m;

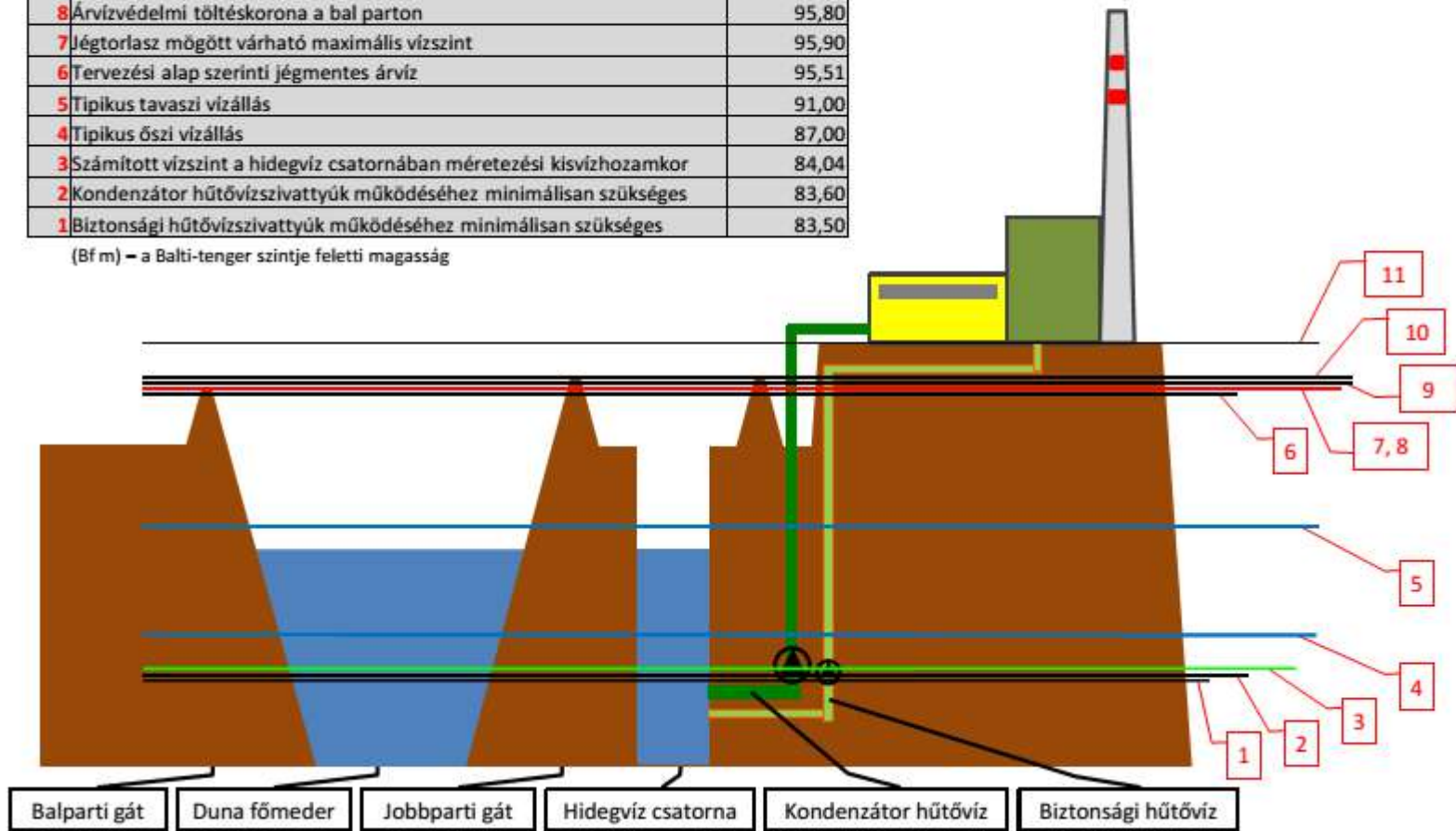
Az atomerőművet védő töltések a Duna **jobb partján**, a hidegvizes csatorna beömlő torkolatát megelőző partszakaszon kerültek létesítésre, melyhez a csatorna beömlési ágán csatlakozik egy **393 méter** hosszú védmű. A lehetőségekhez mért körülzárási elvvel egyhangúlag, az üzemi **vízkilépő kifolyási** ponttól a Dunai betorkolásig további **1358 méteres** töltés lett kiépítve a melegvizes csatorna mentén.

A statisztikai elemzések alapján **Balti-tenger fölötti vízmagassághoz** viszonyítottan **97,51** méteren lett behatárolva a jégmentes árvízi szint. A létesítés során ez a BF volt a viszonyítási alap, amelyhez társult a Duna ~2700 m<sup>3</sup>/sec vízhozama. Ezen származtatott értékek alapján lett meghatározva az atomerőmű alapjához tartozó, kialakítandó terepszint. Az adott folyószakaszon a Duna bal partjának árvízvédelmi koronaszintje jóval alacsonyabban van, így a **rendezési terep-alap szint 95,17 méter lett.**



No.	Megnevezés	Szint (Bf m)
11	Atomerőművi telephely feltöltési szintje	97,15
10	Árvízvédelmi töltéskorona a jobb parton	96,30
9	Tervezési alap szerinti jegesárvíz	96,07
8	Árvízvédelmi töltéskorona a bal parton	95,80
7	Jégtorlasz mögött várható maximális vízszint	95,90
6	Tervezési alap szerinti jégmentes árvíz	95,51
5	Tipikus tavaszi vízállás	91,00
4	Tipikus őszi vízállás	87,00
3	Számított vízszint a hidegvíz csatornában méretezési kisvízhozamkor	84,04
2	Kondenzátor hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,60
1	Biztonsági hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,50

(Bf m) – a Balti-tenger szintje feletti magasság



Az árvízvédelmi fokozatok a Mértékadó Árvízi szint függvényében meghatározzák azokat a feladatokat, melyek végrehajtása szükséges az üzemi biztonság és védelem integritásának fenntartása érdekében.



- I. fokú árvízvédelmi készülség:
  - o Az öblözeti vízmérce BF: 91,50 méter (a Duna 1526,5 fkm-nél a „0” pontjának magasságához viszonyított 85,00 mBF);
- II. fokú árvízvédelmi készülség:
  - o Az öblözeti vízmérce BF: 93,00 méter;
- III. fokú árvízvédelmi készülség:
  - o Az öblözeti vízmérce BF: 94,00 méter;



## Rendkívüli időjárási helyzetek

- Nagy erejű szellőkések;
- Extrém mennyiségű csapadék;
- Felhalmozódott jég- és hótorlaszok;
- Villámlás;
- Extrém magas/alacsony hőmérséklet;
- Aszály.

## Jegesedés

A Paksi Atomerőmű **új jegesedés elhárítási koncepciót** dolgozott ki, amely kiváltó eseménye a 2016/2017 telén kialakult extrém jegesedés bekövetkezése volt. Ennek kapcsán intenzív tűzoltói beavatkozás vált szükségessé. A jegesedés elhárítása érdekében korábban kiépítésre került egy **átvezető csatorna**, amely a hűtővízcsatornák torkolati szakaszait összekötő melegvíz visszakeverését valósítja meg a hidegvíz-csatorna jégmentesítésére.



A biztonsági koncepció szerint a hidegvizes-csatorna torkolatában kiépített **uszadékfogó és vízenergiatörő műtárgy**, a Dunai jégtörő hajó flotta és a melegvizes-csatorna összekötő vízvisszavezetése elegendő arra, hogy a beömlő vízmennyiség jegesedés mentesítve kerüljön a Vízkiviteli mű szivattyúihoz.

## Alacsony vízszint

A Duna vízszintjének váltakozása extrém esetekben veszélyeztetheti az atomerőművek működését. A korábbiakban bemutatott vízszintjellemzők alapján látható, hogy az erőmű biztonsági hűtővízszivattyúinak **működéséhez szükséges minimális vízszint 83,50 mBF**. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a víz olyan alacsonyan van, hogy már a biztonsági szivattyúk működtetésére sem képes elegendő vizet biztosítani, a reaktorok biztonságos leállítására kell intézkedéseket tenni, ami **szükség esetén az SBK eljárások** alkalmazásával jár együtt.

Olyan extrém alacsony vízszint esetére, amikor a hidegvizes csatorna szintje már nem képes ellátni az atomerőművet a működéséhez szükséges vízmennyiséggel, **létezik áthidaló koncepció** a biztonsági intézkedések sorában. Ilyenkor a hidegvizes csatorna lezárásával és annak átemelő szivattyúkkal történő feltöltésével juttatható a biztonsági szivattyúkhoz megfelelő mennyiségű hűtőközeg a reaktorblokkok ellátására vagy azok leállítására és a remanens hő elvezetésére.



# Felhasznált irodalom

- [1] Nuclear Safety & Security - IAEA Safety Standards, <http://www-ns.iaea.org/standards/> (A letöltés dátuma: 2017.10.27.)
- [2] Antal, Z. (2021). Severe Accident Management Systems and Procedures. *Hadmérnök*, 16(3), 41–54. <https://doi.org/10.32567/hm.2021.3.3>
- [3] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT): Mellékletek (2016). MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 9.3, Paks, 2016. 02. 04.
- [4] Érces, Gergő ; Restás, Ágoston: Épületek tűzvédelmi életciklus elemzése. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2016. Budapest, Magyarország : BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2016) 186 p. pp. 122-127. , 6 p.
- [5] Antal-Farkas, Zoltán: Atomerőmű létesítés nukleáris veszélyhelyzet-kezelési követelményeinek kutatása és fejlesztése 313 p. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Vass Gyula Kátai-Urbán Lajos Disszertáció benyújtásának éve: 2022, Védés éve: 2023 Megjelenés/Fokozatszerzés éve: 2023
- [6] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. - Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat, Paks, MSSZ\_V20, érvényes: 2020.04.01.
- [7] Érces, Gergő ; Restás, Ágoston: Infocommunication Based Development Opportunities in the System of Complex Fire Protection. In: Milanko, Verica; Laban, Mirjana; Mračkova, Eva (szerk.) 5th International Scientific Conference on Safety Engineering and 15th International Conference on Fire and Explosion Protection. Novi Sad, Szerbia : University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences (2016) 530 p. pp. 133-140. , 8 p.
- [8] Tóth, Nikolett Ágnes (2015) A sportszerződés hazai jogszabályi háttere, különös tekintettel a labdarúgókra. *Magyar Jog*, 62 (6). pp. 359-363. ISSN 0025-0147
- [9] Éva, Eszter Lublói ; Ferenc, Varga: Non-Destructive Material Testing Possibilities of Reinforced Concrete Structures after a Fire. *Védelem Tudomány* 6 : 3 pp. 53-79. , 27 p. (2021)
- [10] Varga, Ferenc: Internationale Erfahrungen der freiwilligen Feuerwehren. *Hadmérnök* 13 : I. különszám KÖFOP pp. 160-176., (2018)



# KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

mta.hu



A MAGYAR  
TUDOMÁNY  
ÜNNEPE

**MTA** MAGYAR  
TUDOMÁNYOS  
AKADÉMIA

