

# Energia, kockázat, kommunikáció

## 5. előadás: A nukleáris energiatermelés kockázatai

Prof. Dr. Aszódi Attila

Boros Ildikó

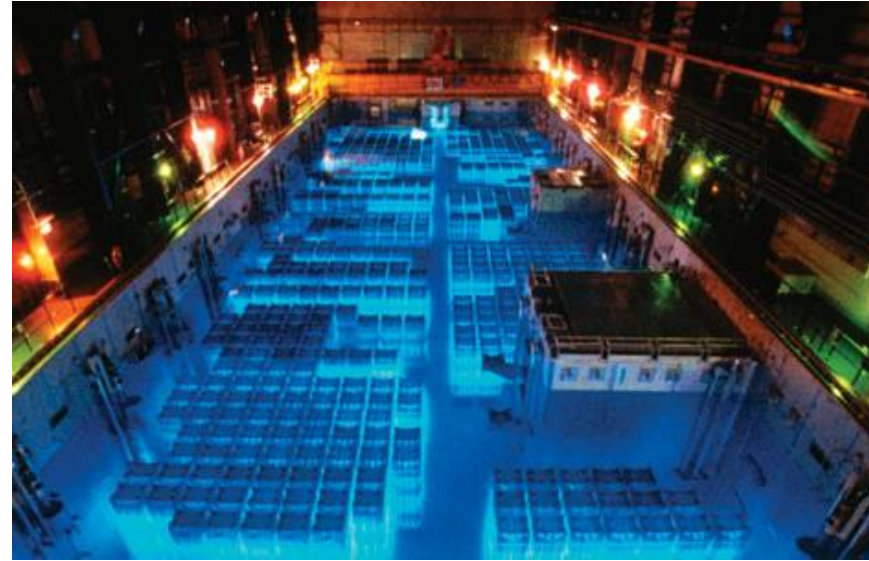
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Nukleáris Technikai Intézet

# AZ ATOMENERGIA KOCKÁZATAI

# Mire tervezünk atomerőművet (nukleáris létesítményt)?

- Az áramtermelés mellett arra, hogy a biztonsági funkciókat ellássa.
  - Normál üzemben nagyon kis radioaktív kibocsátás
  - De: igen jelentős radioaktivitás van felhalmozva
    - ⇒ Nagyon kis valószínűséggel (súlyos baleset esetén) jelentős környezeti kibocsátás is lehet
  - **Cél a lakosság elfogadhatatlan többlet sugárterhelésének megakadályozása**



# Specifikus veszélyek – miért olyan fontos a nukleáris biztonság?

- Atomreaktorok speciális veszélyei (más erőműtípusokhoz képest):
  - Nagy mennyiségű hasadóképes anyag a zónában
    - A hosszú távú üzemeltetéshez jelentős reaktivitástartalék szükséges
    - Bizonyos üzemállapotokban a láncreakció megszaladhat, ami a hőfejlődés extrém gyors növekedését eredményezheti
  - Nagy mennyiségű radioaktív anyag a zónában

TABLE 3.2. MAXIMUM ACTIVITY OF THE MAIN FISSION PRODUCTS.

	Core, 2 h after shutdown	Spent fuel	Primary system	Gaseous effluents
Rare gases	$10^7$ TBq	$10^6$ TBq	$3 \cdot 10^2$ TBq	$2 \cdot 10^2$ TBq
Iodine	$2 \cdot 10^7$ TBq	$10^6$ TBq	20 TBq	
Caesium	$10^7$ TBq	$2 \cdot 10^4$ TBq		

- Jelentős hőtermelés a reaktor leállítása után is

A biztonság alapfeltétele a radioaktív anyagok visszatartása, a zóna folyamatos hűtése és a láncreakció ellenőrzése

# Remanens hő

TABLE 3.3. RADIOACTIVE DECAY POWER

<b>Time after shutdown</b>	<b>Percentage of the initial thermal power</b>	<b>Thermal power produced in MW</b>
1 second	17%	500
1 minute	5%	150
1 hour	1.5%	45
1 day	0.5%	15
1 week	0.3%	9
1 month	0.15%	4.5
1 year	0.03%	1
10 years	0.003%	0.1
100 years	0.001%	0.03
1000 years	0.0002%	0.006

# Új atomerőművek biztonsága

- A tervezésben figyelembe vett állapotok

Tervezési alapba tartozó események (DBC)				Tervezési alap kiterjesztése (DEC)	
Normal operation	Anticipated operational occurrences	Design basis accidents with low probability	Design basis accidents with very low probability	Beyond design basis accidents	Severe accidents
TA1 (DBC1)	TA2 (DBC2)	TA3 (DBC3)	TA4 (DBC4)	TAK1 (DEC1)	TAK2 (DEC2)
Gyakoriság:					
$f=1 / y$	$f \geq 10^{-2} / y$	$10^{-2} / y \geq f \geq 10^{-4} / y$	$10^{-4} / y \geq f \geq 10^{-6} / y$		

# Biztonsági követelmények – új blokkokra

- Elv: mélységi védelem (defence-in-depth)
- Szabályozás: Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ)

A	B	C	D	E
Mélységi védelem szintje	Célkitűzés	Alkalmazandó eszközök	Radiológiai következmények	Vonatkozó üzemiállapot
1.	Normál üzemi állapottól való eltérések és hibák megelőzése	Konzervatív tervezés, magas színvonalú létesítés és üzemeltetés; fő üzemi paraméterek előírt határok között tartása	Nincs a hatósági korlátokat * meghaladó telephelyen kívüli radiológiai hatás	Normál üzem (TA1)
2.	Normál üzemi állapottól való eltérések és hibák kezelése	Szabályozó és biztonságvédelmi rendszerek; egyéb felügyeleti módszerek		Várható üzemi események (TA2)

- \* Normál éves lakossági dóziskorlát: 1 mSv/év
- \* Ebből származtatott dózismegszorítás egyes létesítményekre (pl. PA: 90 µSv/év)



# Biztonsági követelmények – új blokkokra

- Elv: mélységi védelem (defence-in-depth)

\* TA3 lakosság dózisa max. 1 mSv/esemény

\* TA4 / TAK1 lakosság dózisa max. 5 mSv / esemény

\*\* TAK2

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.

Mélységi védelem szintje	Célkitűzés	Alkalmazandó eszközök	Radiológiai következmények	Vonatkozó üzemállapot	
3.	3.a.	Üzemzavarok kezelése a radioaktív kibocsátás korlátozása és az üzemanyag olvadás megelőzése érdekében	Biztonsági rendszerek, üzemzavar-elhárítási utasítások	Nincs vagy csak minimális * telephelyen kívüli radiológiai hatás	Tervezési üzemzavar (TA3-4)
	3.b.		Hozzáadott biztonsági eszközök komplex üzemzavarok elhárítására, üzemzavar-elhárítási utasítások, telephelyi baleset-elhárítási intézkedések		Komplex üzemzavar (Feltételezett többszörös meghibásodás) (TAK1)
			4.		A nagy vagy korai kibocsátás gyakorlati kizárása, az üzemanyag olvadással járó balesetek
5.	Jelentős radioaktív anyag kibocsátás radiológiai következményeinek csökkentése	kezelése a telephelyen kívüli kibocsátások korlátozása érdekében	útmutatók, telephelyi baleset-elhárítási intézkedések	indokolhatja	Nagyon súlyos baleset
		Telephelyi és telephelyen kívüli baleset-elhárítási intézkedések; beavatkozási szintek	A telephelyen kívüli radiológiai hatás lakossági óvintézkedéseket indokol		



# Mire tervezzünk atomerőművet?

**Üzemelő  
reaktorokra**

Zónasérülési  
gyakoriság  
(CDF)

Nagy korai  
kibocsátás  
gyakorisága  
(LERF)

Gyakoriság  
(1/év)

$10^{-0}=1$

$10^{-1}$

$10^{-2}$

$10^{-3}$

$10^{-4}$

$10^{-5}$

$10^{-6}$

$10^{-7}$

$10^{-8}$

**Új  
reaktorokra**

Zónasérülési  
gyakoriság  
(CDF)

Nagy korai  
kibocsátás  
gyakorisága  
(LERF)

Valószínűségi biztonsági  
elemzések  
(Probabilistic Risk Assessment – PSA)

# Nukleáris kockázatok



- Kockázat definíció
  - Kockázat = valószínűség \* az eseményből származó kár
- Tipikus kockázat mérőszámok: haláleset / év, gazdasági veszteség / év, stb.
- Standard mérőszámok nukleáris energetika terén:
  - CDF – core damage frequency
    - Jelentős zónasérülés számított gyakorisága (1/year)
  - LRF – large release frequency
    - Jelentős környezeti kibocsátás számított gyakorisága
- vagy
- LERF – large early release frequency

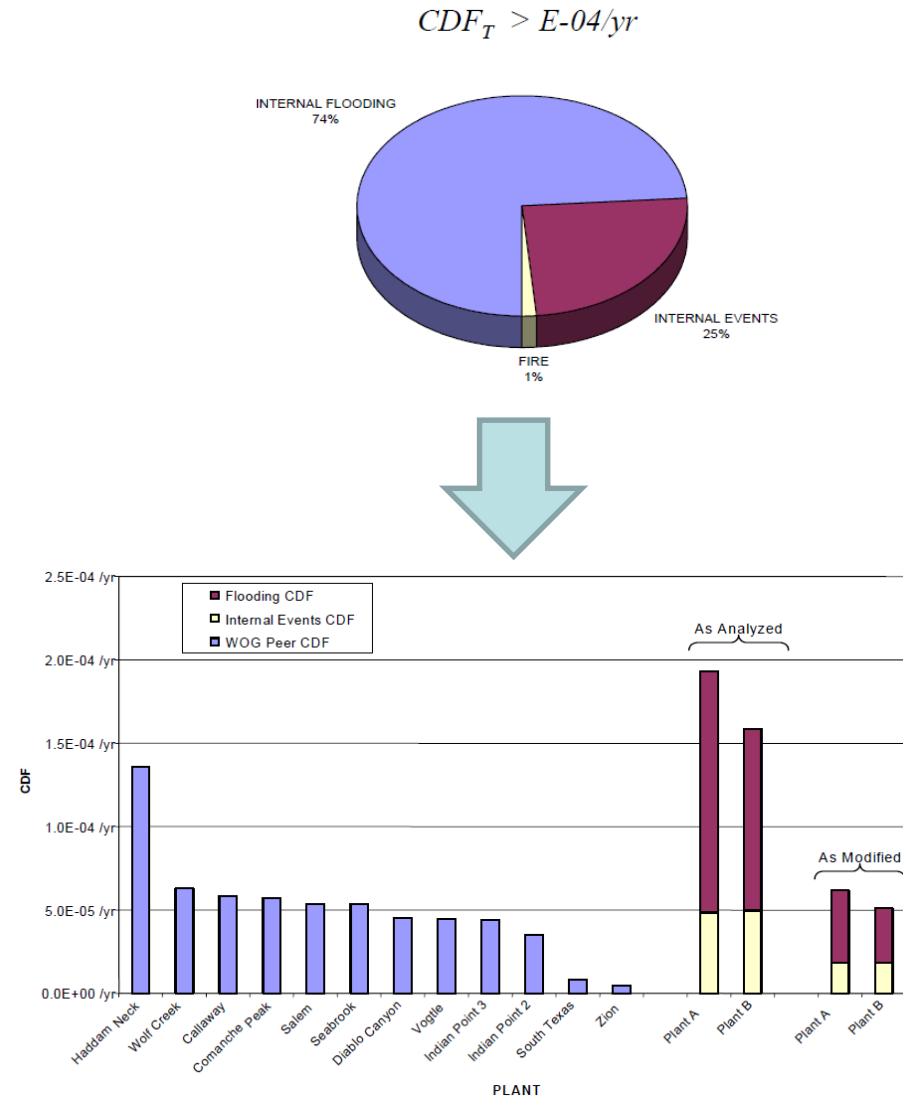
# Valószínűségi biztonsági elemzés (PSA)

- USA: PRA (Probabilistic Risk Assessment)
- Első átfogó elemzés: WASH-1400, 1975 (Rasmussen-report)

- Jellemzők:

- **Jelentős kockázati tényezők azonosítása, különböző kockázatcsökkentési lehetőségek értékelése**
- Numerikus becslés a kockázatok és a bizonytalanságok becslésére
- Minden kiválasztott kezdeti esemény (initiating event – IE) eseményfa vizsgálata, a rendszerek megbízhatósága és az emberi tényező hibafával figyelembe véve
- Cél: adott végállapot valószínűségének (pl. zónaolvadás) meghatározása adott kezdeti eseményből
- Bizonytalanság forrása: nem teljes IE set, modellezési pontatlanság, bementi paraméterek pontatlansága, hibaterjedés

Source: IAEA



# Valószínűségi biztonsági elemzés (PSA)

- Három alapkérdés, amire a PSA-nak kellene válaszolnia:

- Mi romolhat el?
- Mennyire valószínű ez?
- Mik lesznek a következményei?



IE (beleértve a worst case scenariókat)

PSA elemzés feladata

# Valószínűségi biztonsági elemzés (PSA)

- Kockázat: még nem megvalósult károkozási potenciál – annak a gyakorisága, amivel egy adott következmény bekövetkezhet
- Atomerőműben:
  - Zónasérülési gyakoriság (CDF): annak a valószínűsége, hogy egy reaktorév üzemidő alatt zónasérüléssel járó baleset történik
  - Különböző hasadási termékek környezeti kibocsátásának kumulatív gyakorisága
  - Egyéni vagy társadalmi kockázat (adott esemény hatása a lakosságra)



Level 1 PSA



Level 2 PSA



Level 3 PSA

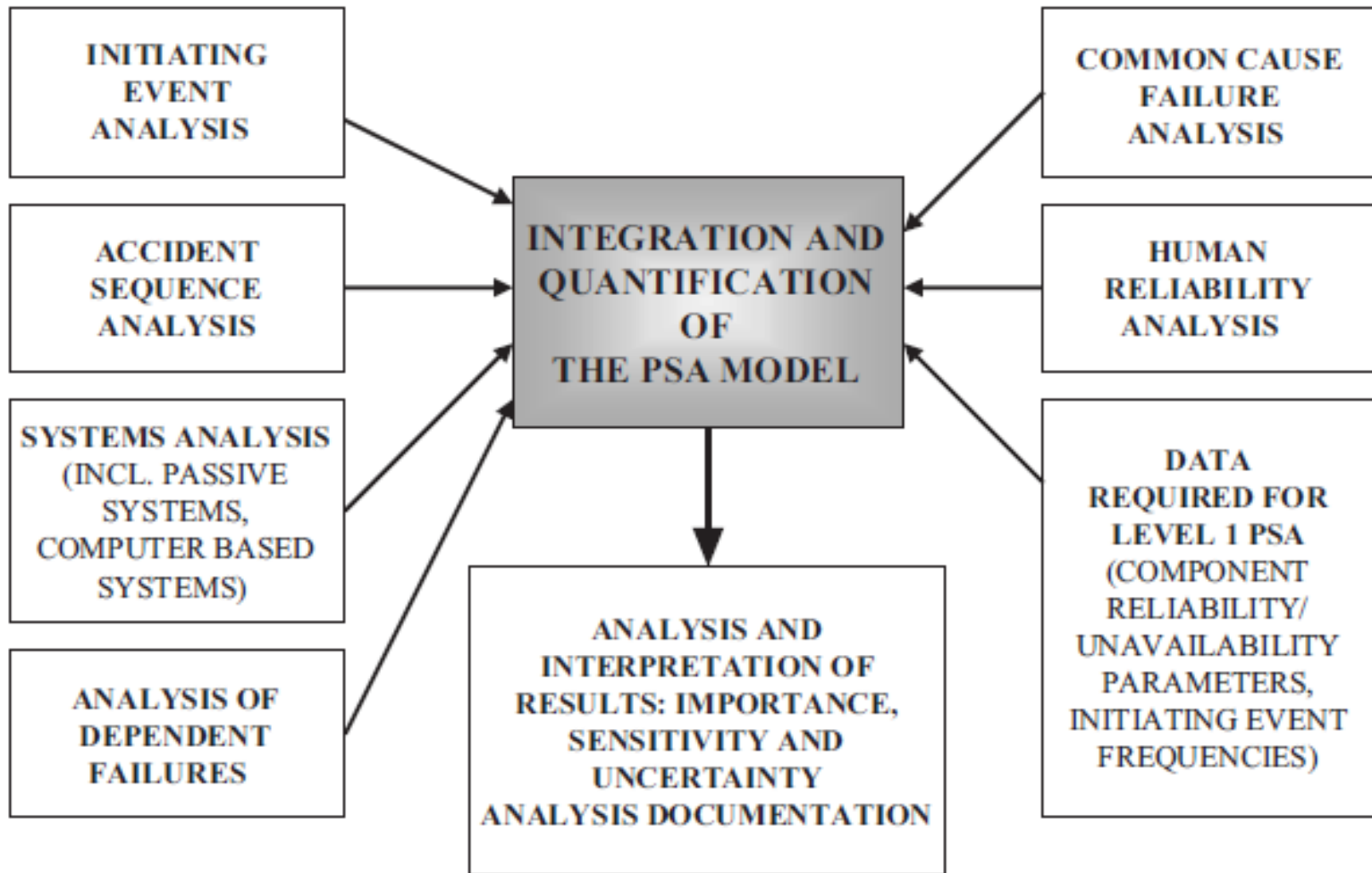
# Valószínűségi biztonsági elemzés (PSA)

- Általános célok
- Tervezési folyamat során
  - Bonyolult scenáriók vizsgálata
  - Biztonsági célszámok (pl. hatóság által meghatározott CDF -  $10^{-5}$ /year) igazolása
- Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat során
  - Igazolni, hogy a korábbi előírások alapján épült atomerőművek továbbra is biztonságosnak tekinthetők
- Üzemeltetési biztonság
  - Biztonsági korlátok értékelése
  - Módosítások, átalakítások értékelése
  - Gyenge pontok, területek beazonosítása (pl. karbantartás ütemezéséhez)
  - Üzemeltetési tapasztalatok értékelése
  - Balesetkezelés
- Kockázat-alapú döntéshozatal





# PSA



Source: IAEA

# PSA Level 1

- PSA Level 1 eredménye:
  - Domináns eseményláncok azonosítása (zónaolvadáshoz vezető események, azok részesevé)
  - Biztonság szempontjából fontos rendszerek, emberi beavatkozások azonosítása
    - gyenge pontok meghatározása, illetve módosítások hatásainak értékelése
  - Fontos függőségek azonosítása (rendszerek között, ill. humán-rendszer viszonyban)
- Első lépés: lehetséges kezdeti események azonosítása
  - Belső események: üzemeltetési adatok alapján
  - Külső események: eredetileg csak tűz ill. földrengés
- Elemzés különböző teljesítményszinteken, ill. leállított állapotban is

Source: NPP Paks

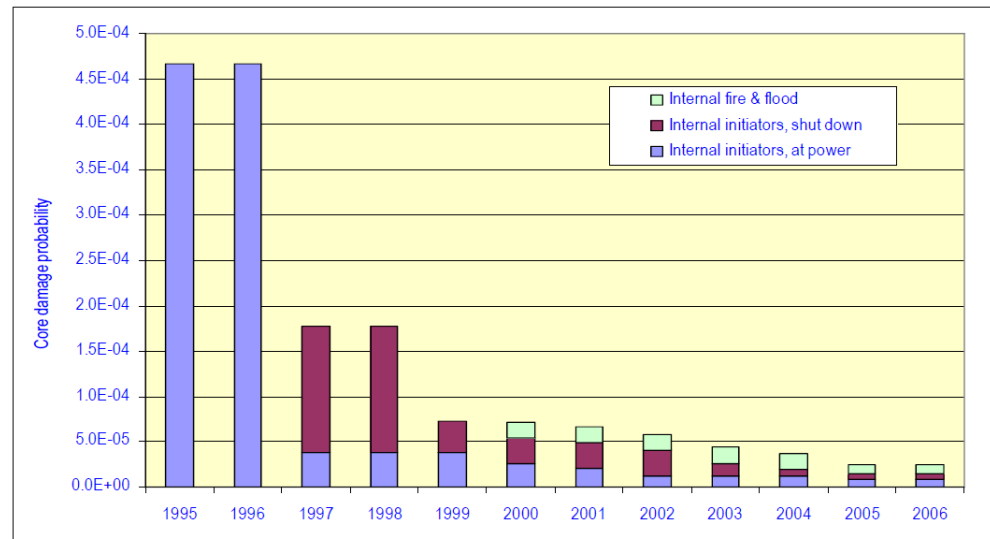
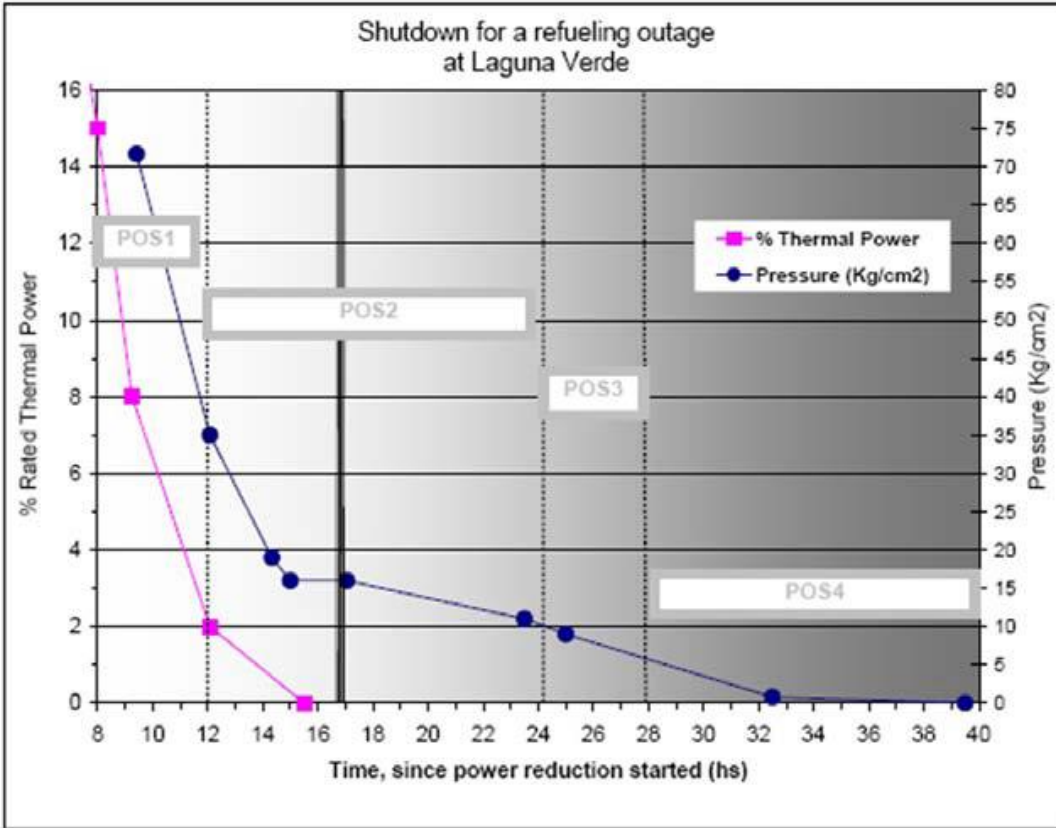
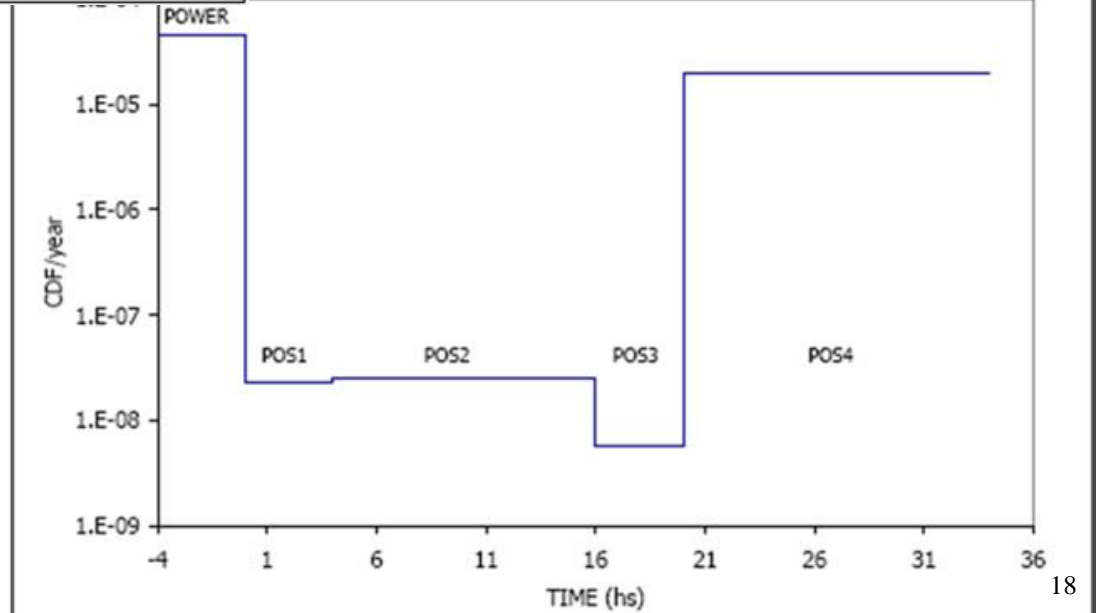


Figure 6.1.3: Overview of core damage frequency due to internal events

# PSA Level 1



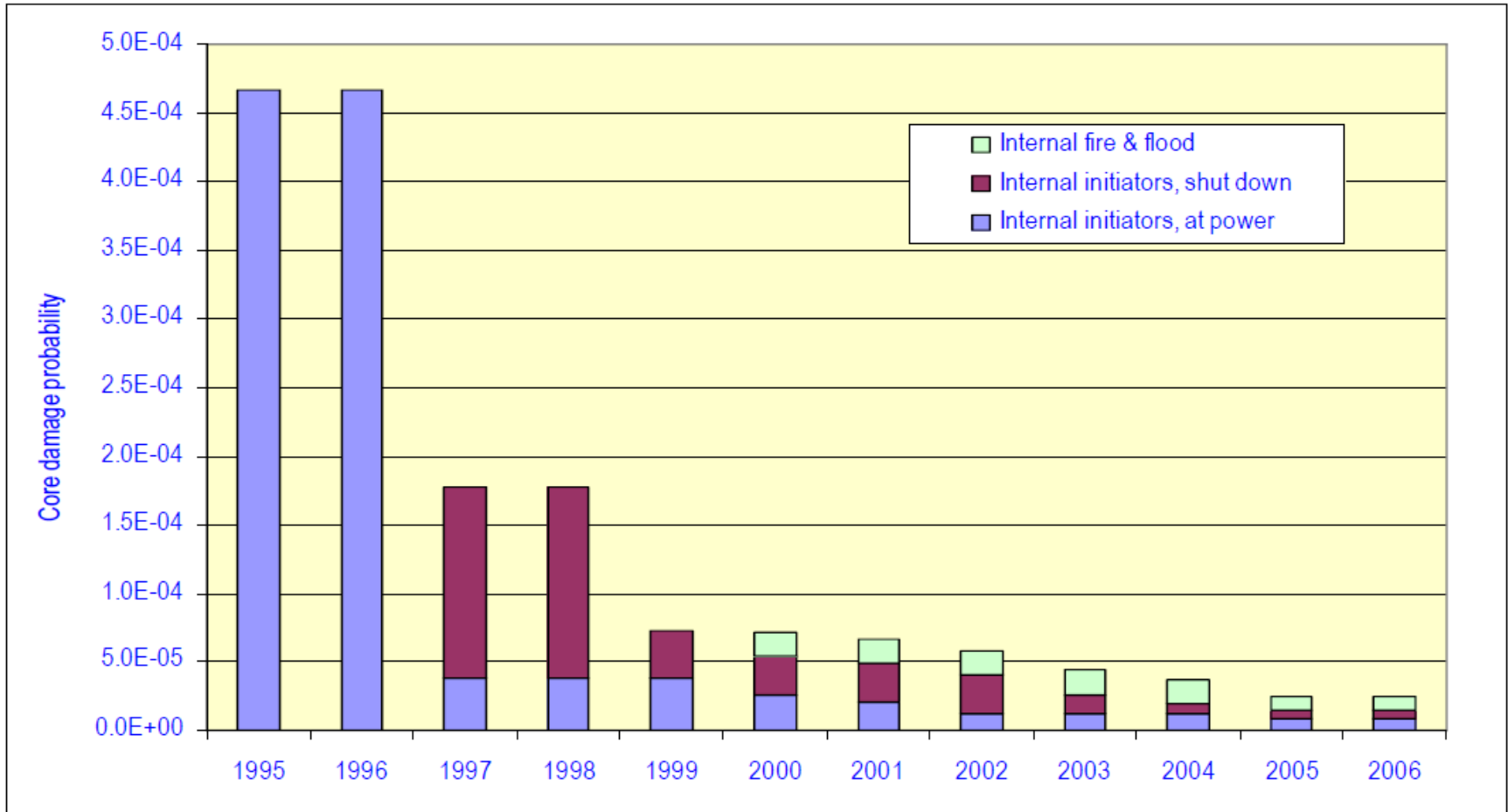
LP&SD CORE DAMAGE FREQUENCY



Source: IAEA

# PSA Level 1

Source: NPP Paks



**Figure 6.1.3:** Overview of core damage frequency due to internal events

# PSA Level 1

- **Eseményfa elemzés**: üzemzavari eseményláncok értékelése adott biztonsági rendszer / funkció működésének sikere / hibája alapján
- **Hibafa elemzés**: adott rendszer meghibásodásának meghatározása a komponensek meghibásodásnak elemzése alapján
  - Minden okot figyelembe kell venni, amely a rendszer működésképtelenségéhez vezethet
- Közös okú meghibásodások figyelembe vétele
- Emberi tényező elemzése (komponensek elérhetetlensége karbantartási vagy operátor hiba miatt)
- 1. szintű PSA eredménye: zónasérülési gyakoriság az adott eseményláncból

# PSA Level 1

**INITIATING EVENT**

**Safety Functions/Systems**

**A SEQUENCE IS A PATH THROUGH THE EVENT TREE**

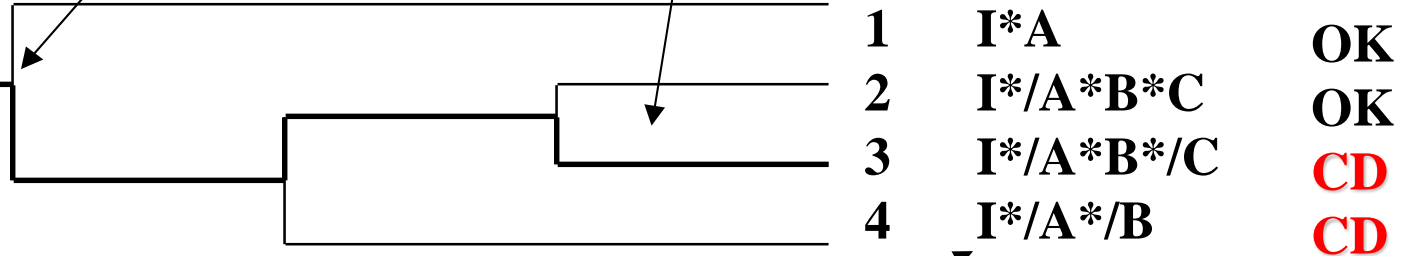
I	A	B	C	No.	Sequence	End State
---	---	---	---	-----	----------	-----------

**SUCCESS**

**TREE BRANCH POINT**



**FAILURE**



**BOOLEAN EXPRESSION OF THE SEQUENCE**

**CD = CORE DAMAGE**  
**OK = CORE SAFE STATE**

Source: IAEA

# PSA – eseményfa

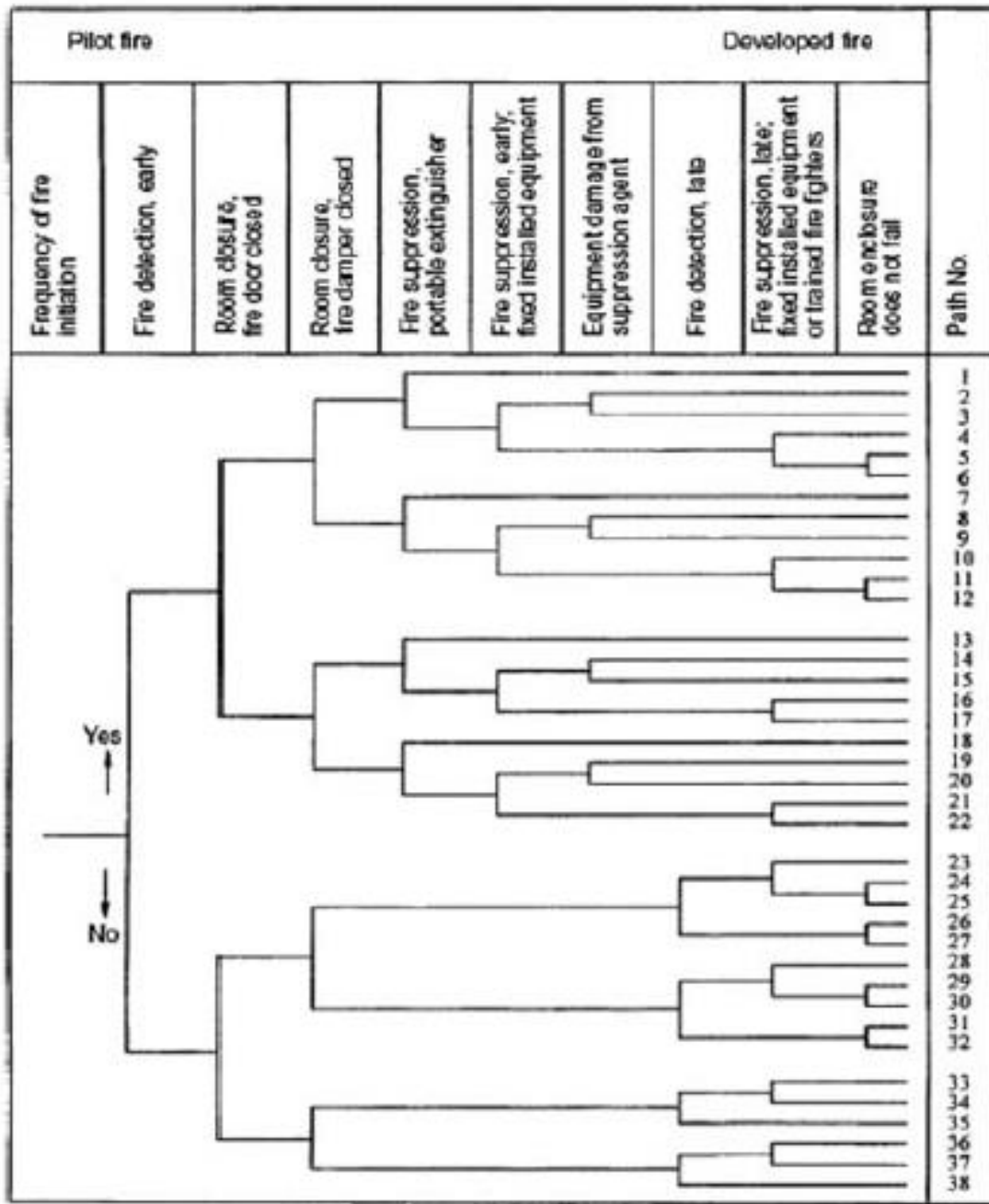


FIG. II-1. Example of a fire propagation event tree.

Source: IAEA



# Eseményfa

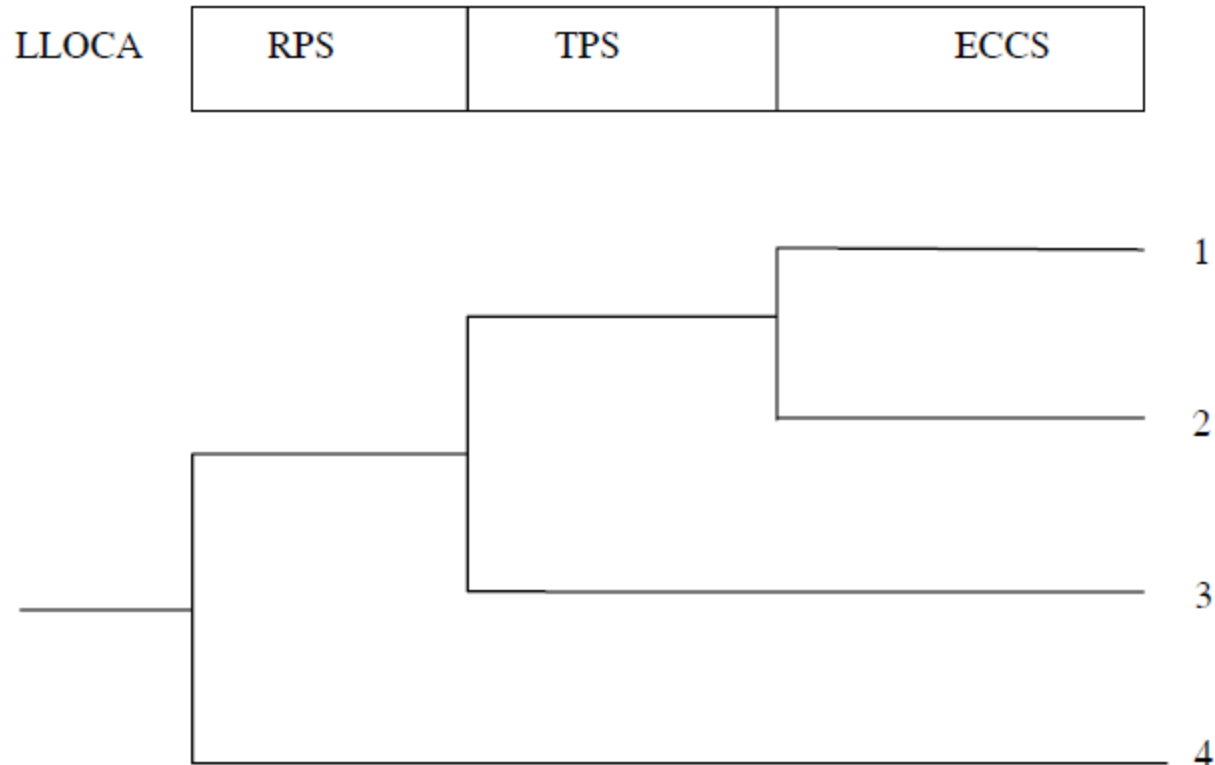


Figure 9.7 Event tree for LLOCA

Source: IAEA

RPS: Reactor Protection System

TPS: Total Power Supply

ECCS: Emergency Core Cooling System

# Hibafa

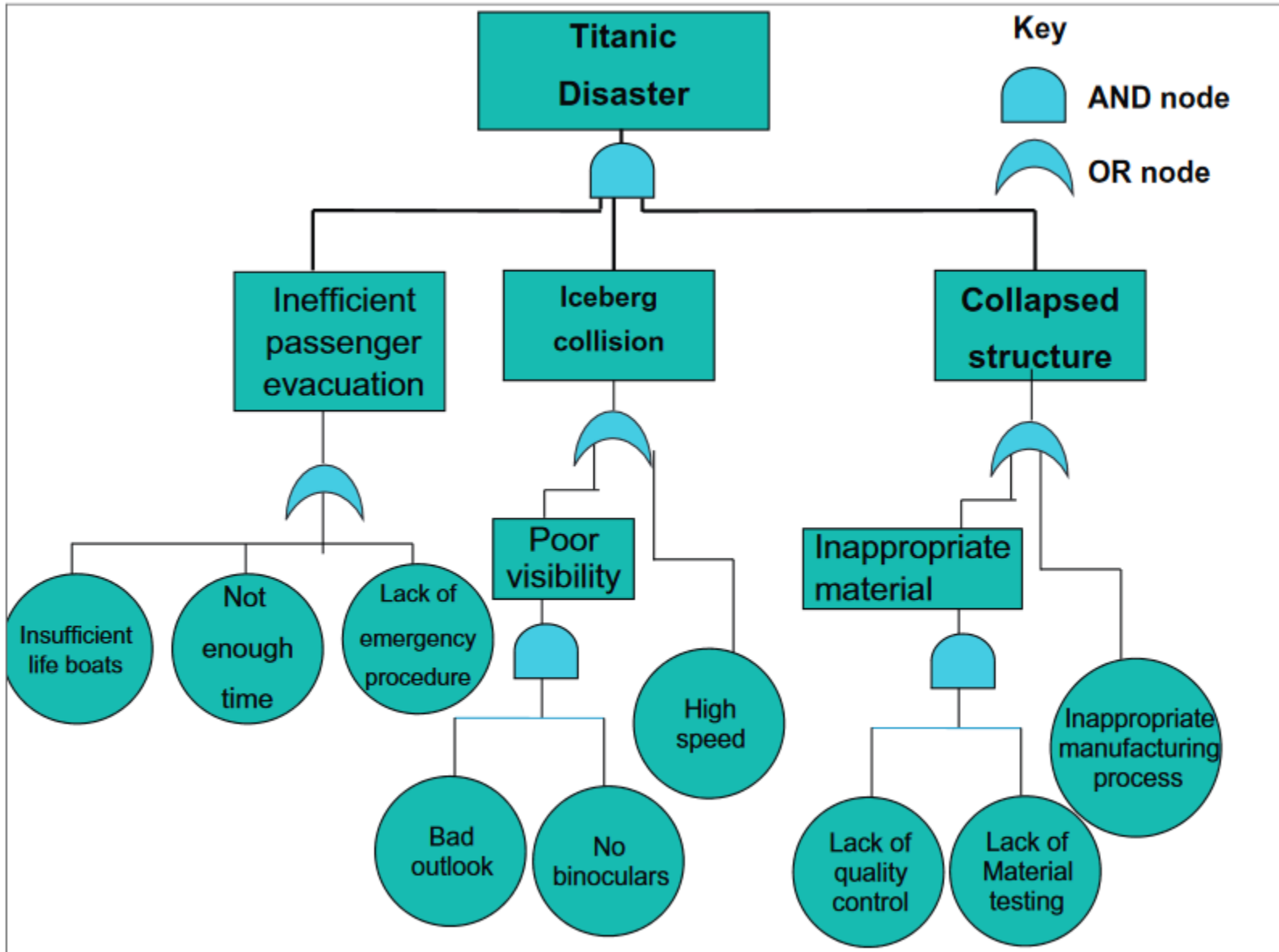
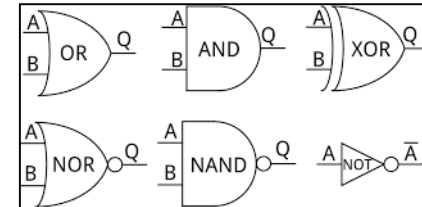


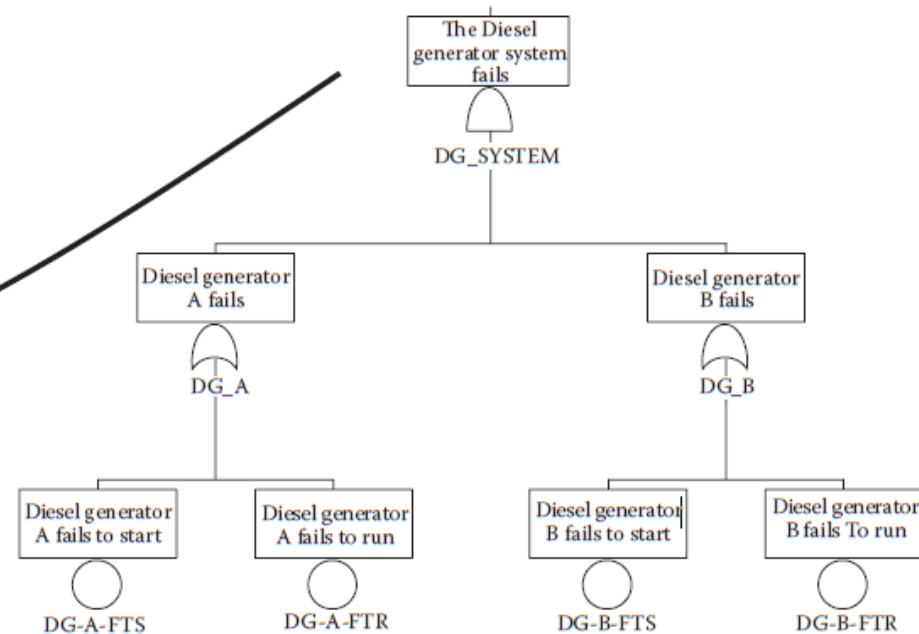
Fig. 2. Fault Tree Analysis (FTA) of the Titanic Disaster.

# Rendszer meghibásodások leírása

- Hibafa módszer

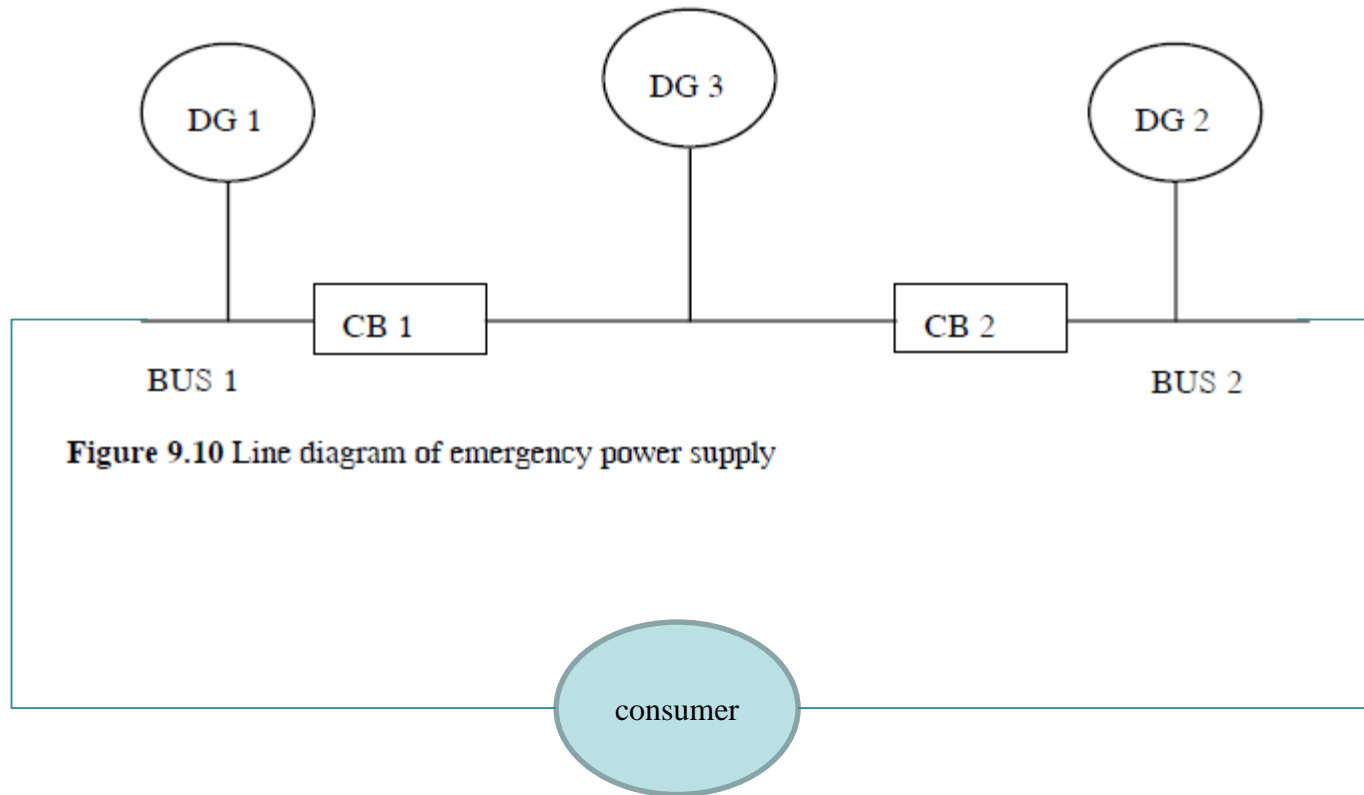


Loss of offsite power	Reactor protection system functions	Diesel generator system functions	#	End-state-names	
LOSP	RPS	DG_SYSTEM			
				1	Reactor_tripped
				2	Station_blackout
				3	Core_damage



# Rendszer meghibásodások leírása

- Hibafa módszer



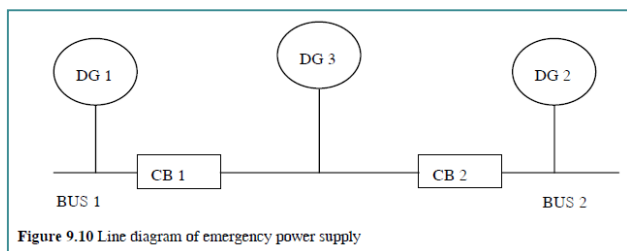


Figure 9.10 Line diagram of emergency power supply

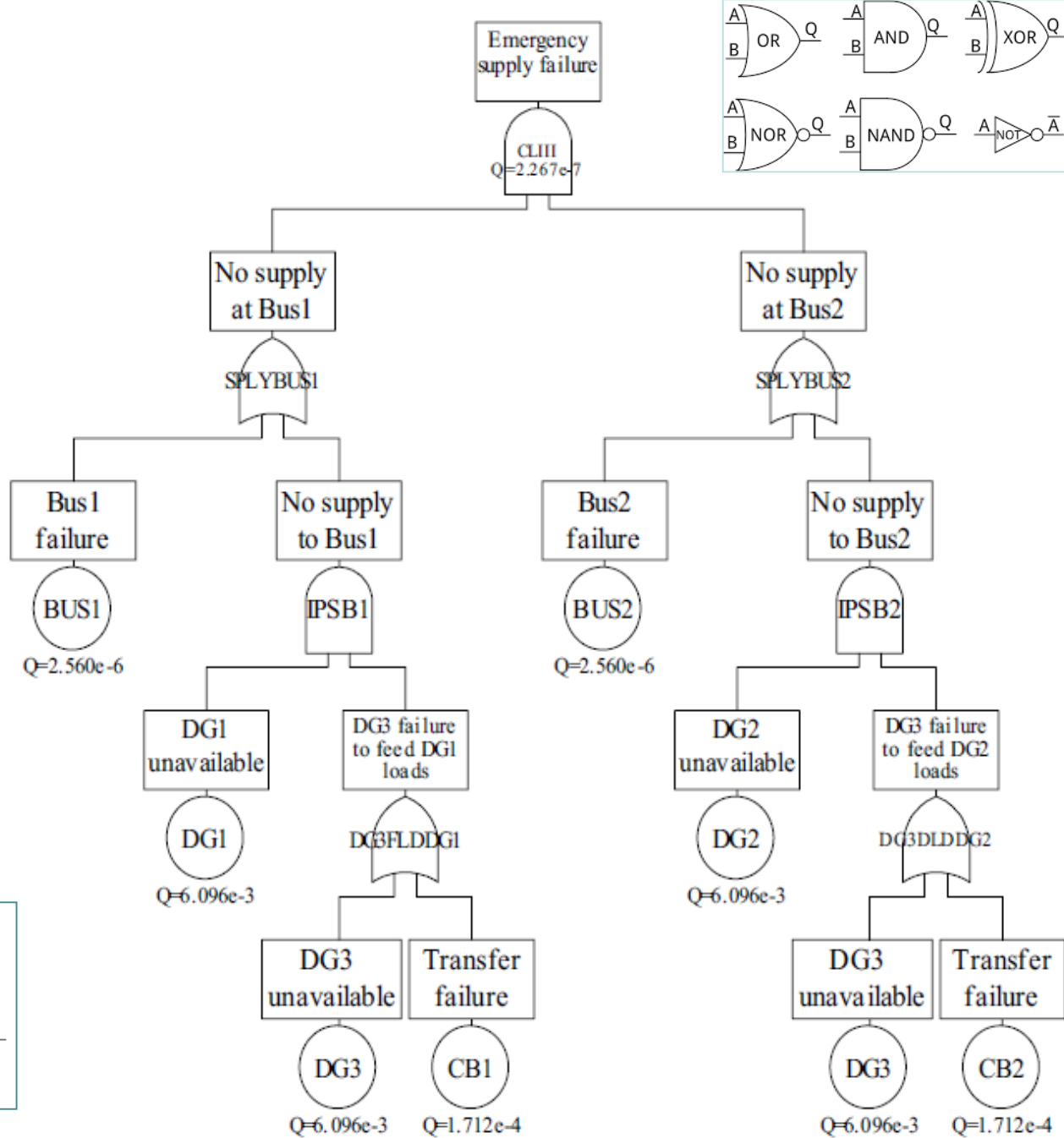


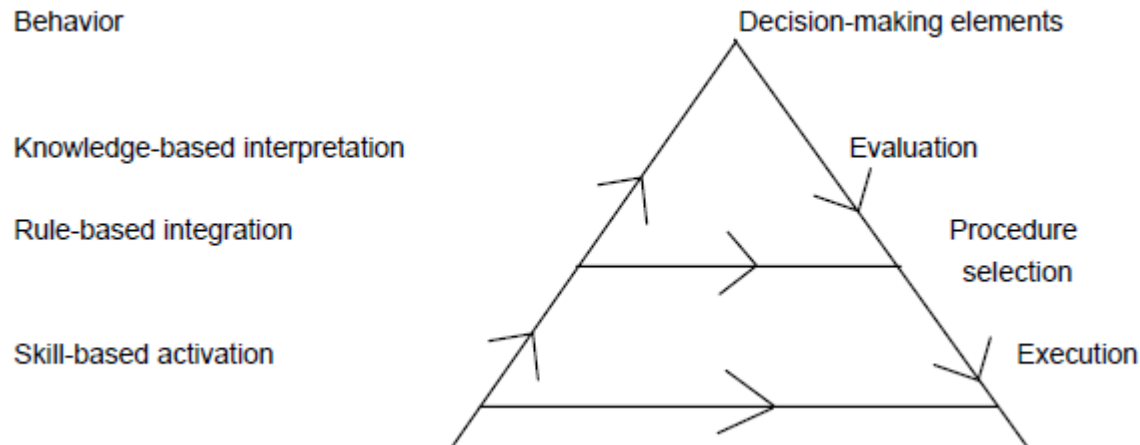
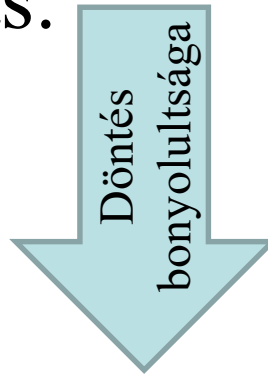
Figure 9.11 Fault tree for emergency supply failure

# Függőségek leírása

- Közös okú meghibásodások
  - Független eseményekre:  $P(A \cap B) = P(A) * P(B)$
  - Összefüggő eseményekre:  $P(A \cap B) = P(A) * P(B/A)$
  - $P(A \cap B) > P(A) * P(B)$  (pozitív függőség esetén)
  - -> a független események feltételezése alulbecsüli a kockázatot!
- Rendszerek közötti függőségek
  - Funkcionális függőségek
  - Fizikai függőségek
  - Emberi beavatkozás miatti függőségek

# Emberi hibák leírása

- Nagy részesedés a hibákban
- human reliability analysis (HRA)
- Emberi beavatkozás:
  - Skill based
  - Rule based
  - Knowledge based





# Emberi beavatkozás leírása

- Nem feltétlenül rontja a helyzetet!

- Emberi hiba típusai

- Mulasztás / Kihagyás (Omission)
  - Egy lépés elmulasztása
  - Egy egész folyamat elmulasztása
- Végrehajtás (Commission)
  - Rossz lépés választása
  - Sorrendi hiba
  - Időzítési hiba
  - Kvalitatív hiba



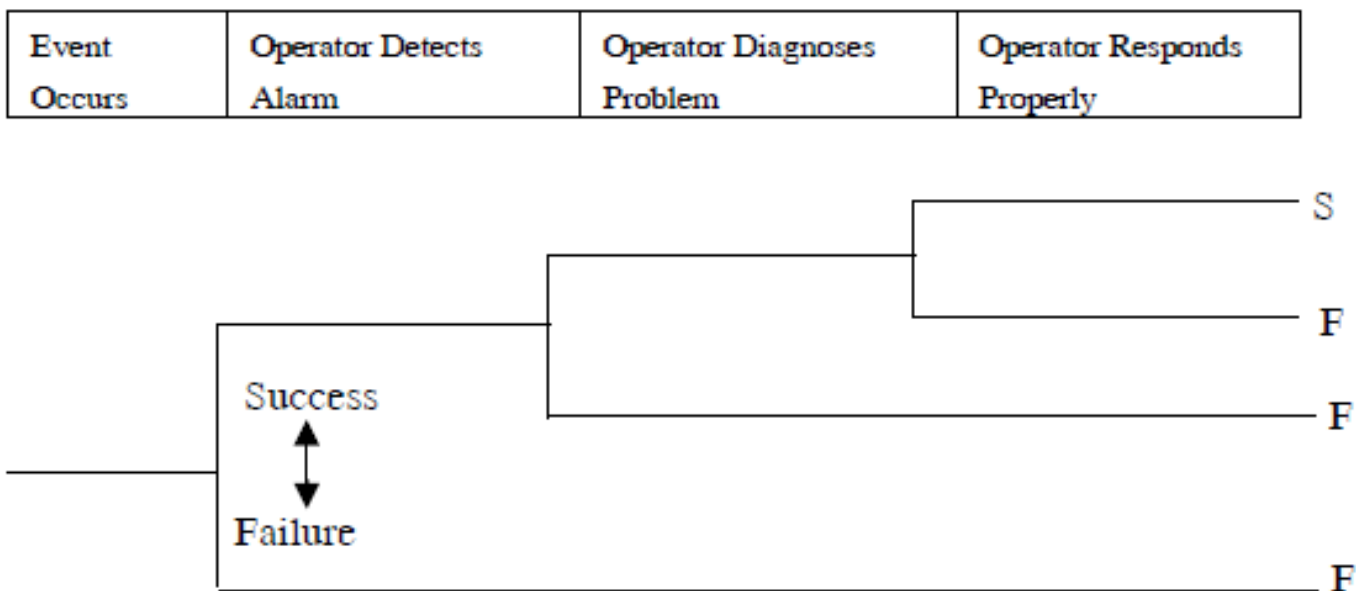
- Emberi beavatkozás (Human interaction - HI) PSA elemzésben

- Pre-initiator – karbantartási, tesztelési stb. beavatkozás okozza bizonyos rendszer (komponens) elérhetetlenségét (ld. TMI tápvíz és üzemzavari tápvíz rendszer)
- Initiator – emberi beavatkozás amelyik (egyedül vagy más eseménnyel kombinálva) okoz kezdeti eseményt (ld. Csernobil)
- Post-initiator – a kezdeti esemény után végrehajtva ront (vagy javít) a helyzeten
  - Eljárásrendnek megfelelő biztonsági lépések
  - Helyzetet súlyosbító beavatkozások (ld. TMI – LOCA késői felismerése)
  - Improvizáció, helyreállítási lépések



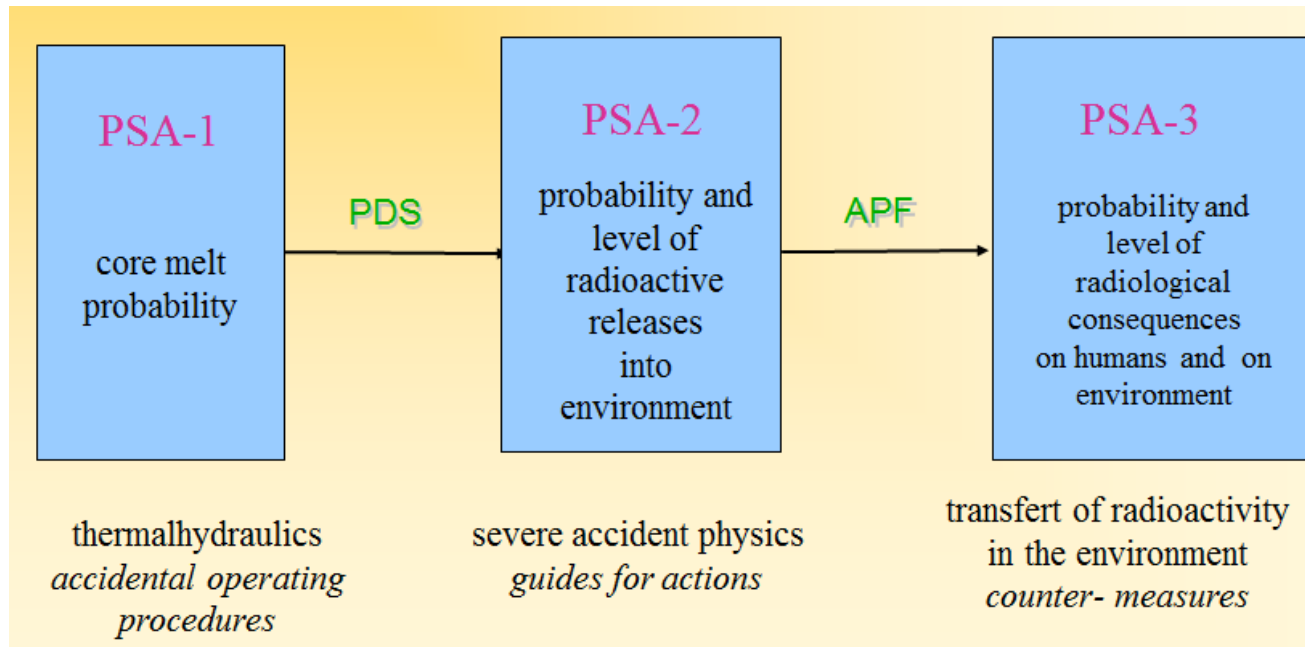
# Emberi beavatkozás leírása

- Operátor eseményfa



# PSA Level 2

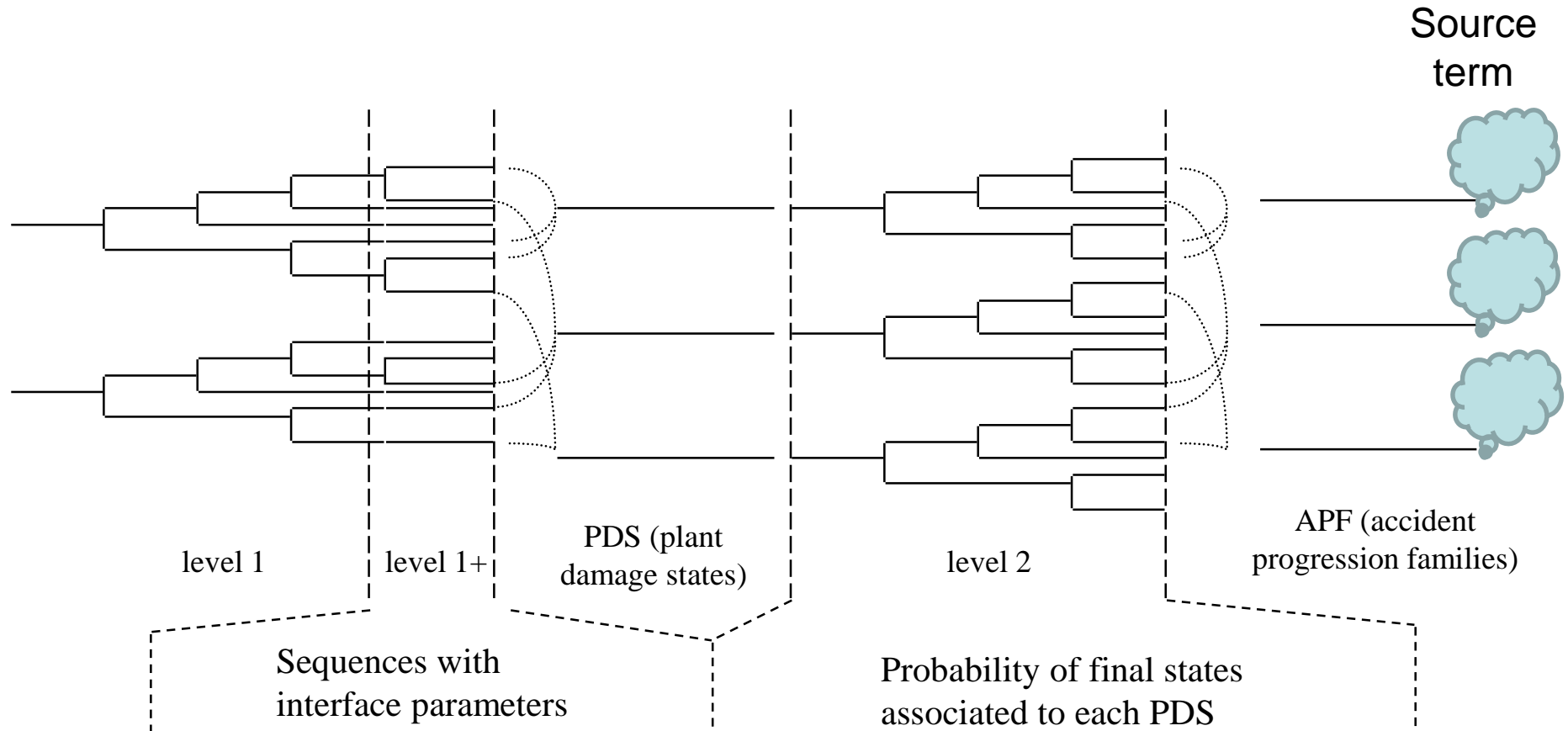
- 2. szintű PSA céljai
  - Konténment meghibásodás és környezeti radioaktív kibocsátás lehetőségének meghatározása
  - Súlyosbaleset-kezelési rendszerek és eljárások értékelése



# PSA Level 2

- Általános szerkezet
  - level 1 - level 2 interface : level 1 eseményláncok csoportosítása - Plant Damage States (PDS)
  - Eseményláncok: Accident Progression Event Tree (APET) vagy Containment Event Tree (CET)
  - Level 2 eseményláncok csoportosítása - Accident Progression Families (APF) vagy Release Categories (RC)
  - Radioaktív kibocsátás meghatározása minden APF-re
  - Alátámasztó számítások: rendszerek viselkedése és megbízhatósága, emberi megbízhatósági elemzések

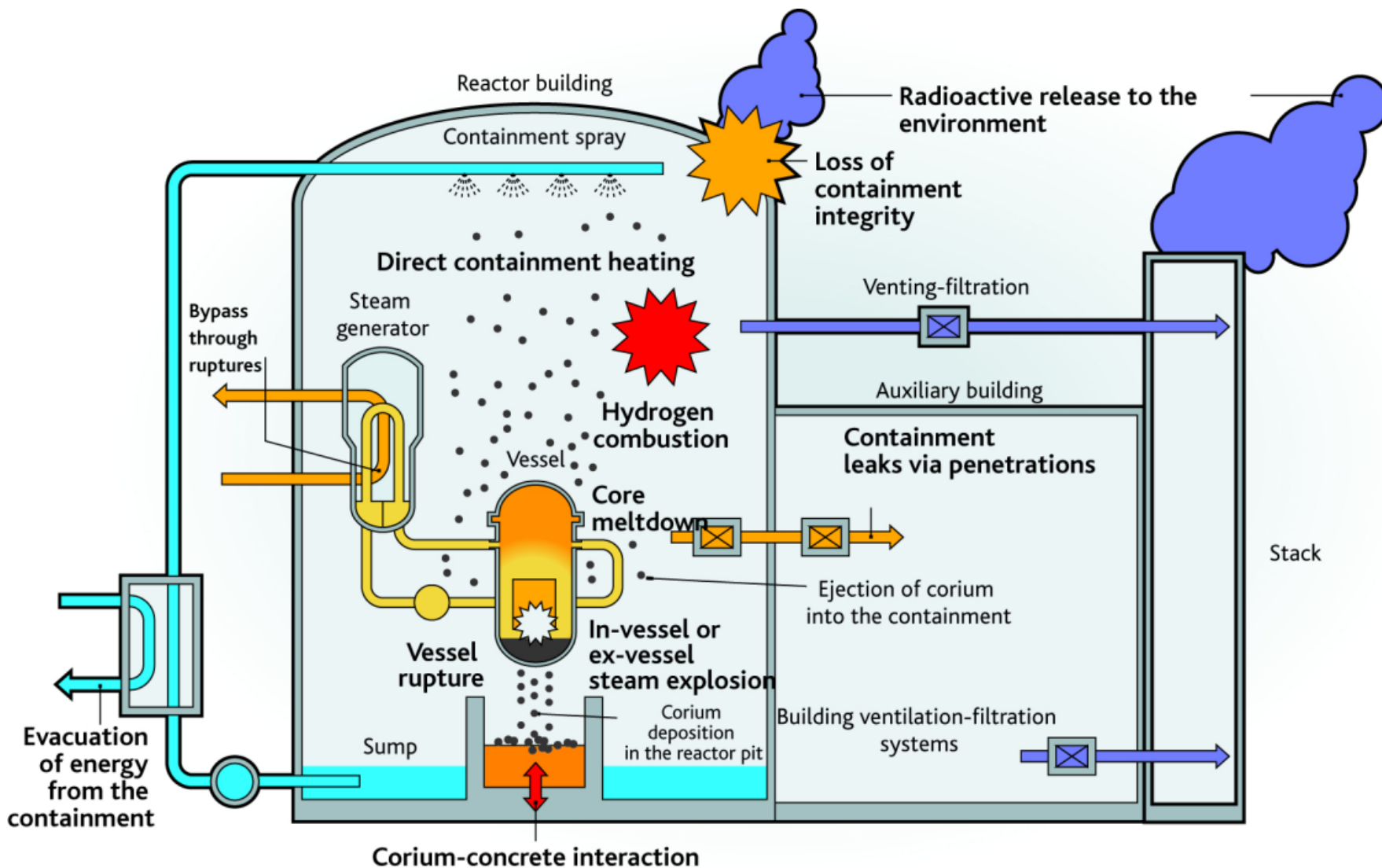
# PSA Level 2



Source: IAEA

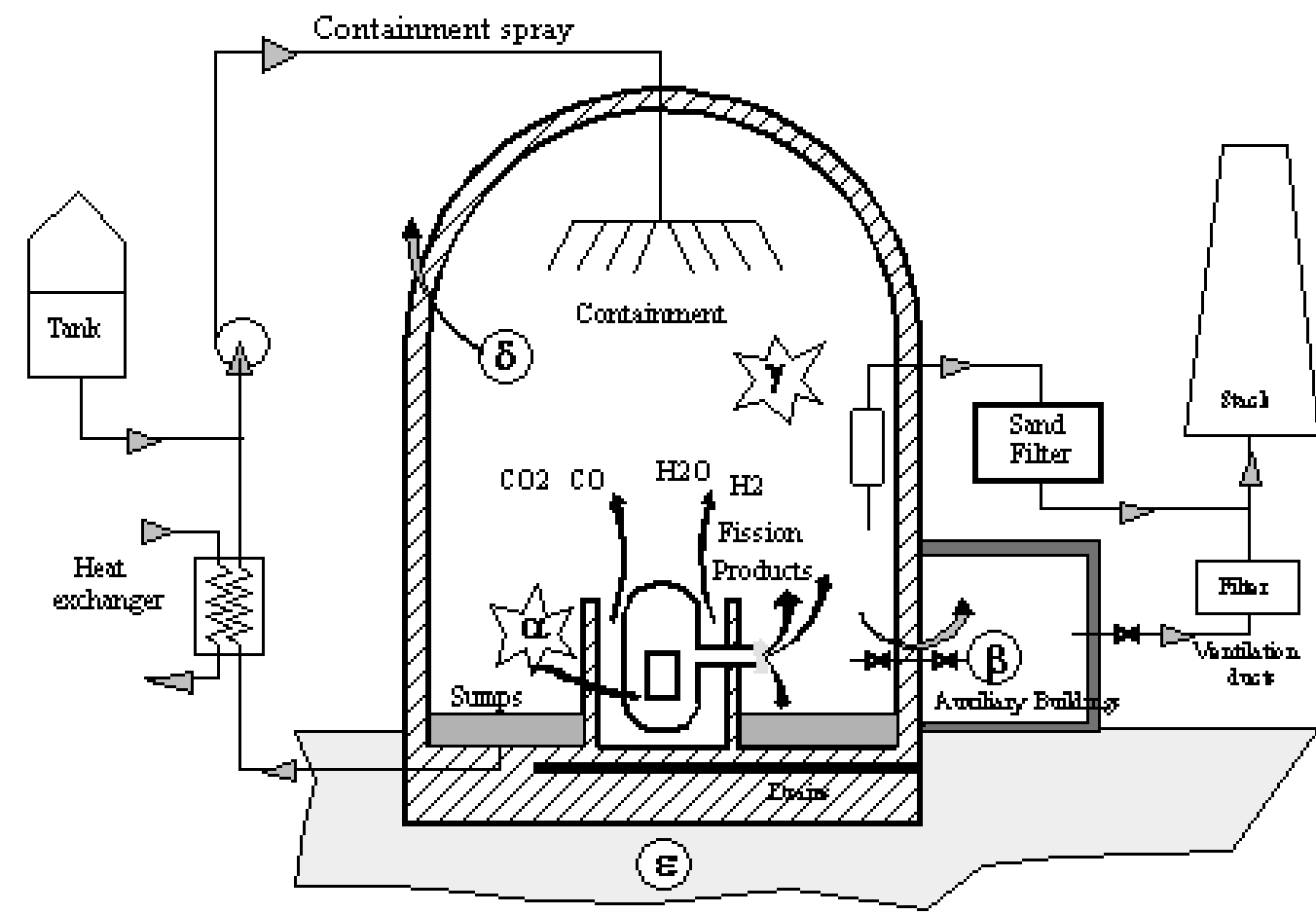
# Level 2 PSA

- Tipikus súlyosbaleseti jelenségek



# Level 2 PSA

- Lehetséges konténment funkcióvesztési módok



Source: IAEA



# Level 2 PSA

- 2. szintű elemzés eredménye:
  - Accident progression families (APF)
  - Forrástag (source term, ST): a konténment funkcióvesztés módja és a hasadási termékek konténmenten belüli transzportja határozza meg
    - Kibocsátott radionuklidok mennyisége (kezdeti zónaleltár függvényében), a hasonló fizikai és kémiai viselkedésű csoportokra külön-külön
    - A kibocsátás időbeli eloszlása
    - Kibocsátás helye
    - Kibocsátás energiatartalma
    - Kibocsátott részecskék méret szerinti eloszlása
  - Bizonytalanságok: scenáriók nem teljes ismerete, modellezési bizonytalanságok, input paraméterek hibája, eseményláncok csoportosítási hibája

# Level 2 PSA

- Paks 2 forrástag, TAK1 üzemállapotra

Isotope	Lower discharge point (35 m)			Smokestack (100 m)		
	1 day	10 days	30 days	1 day	10 days	30 days
	activity (Bq)					
<b>Elemental iodine</b>						
I-131	2.3E+11	2.4E+11	2.4E+11	1.1E+08	5.9E+08	8.7E+08
I-132	2.5E+11	2.5E+11	2.5E+11	3.4E+07	3.4E+07	3.4E+07
I-133	3.4E+11	3.4E+11	3.4E+11	1.2E+08	2.0E+08	2.0E+08
I-134	2.7E+11	2.7E+11	2.7E+11	2.3E+07	2.3E+07	2.3E+07
I-135	2.3E+11	2.3E+11	2.3E+11	5.3E+07	5.6E+07	5.6E+07
<b>Organic iodine</b>						
I-131	1.8E+09	1.2E+10	2.0E+10	2.5E+09	1.7E+10	2.8E+10
I-132	2.8E+08	2.8E+08	2.8E+08	4.0E+08	4.0E+08	4.0E+08
I-133	1.8E+09	3.3E+09	3.3E+09	2.6E+09	4.7E+09	4.7E+09
I-134	1.0E+08	1.0E+08	1.0E+08	1.4E+08	1.4E+08	1.4E+08
I-135	6.7E+08	7.3E+08	7.3E+08	9.5E+08	1.0E+09	1.0E+09
<b>Inert gases</b>						
Kr-85m	3.6E+10	3.6E+10	3.6E+10	4.9E+11	5.0E+11	5.0E+11
Kr-87	8.5E+10	8.5E+10	8.5E+10	3.5E+11	3.5E+11	3.5E+11
Kr-88	1.2E+11	1.2E+11	1.2E+11	1.1E+12	1.1E+12	1.1E+12
Xe-133	8.2E+11	2.0E+12	2.4E+12	3.2E+13	1.9E+14	2.6E+14
Xe-135	3.6E+10	3.7E+10	3.7E+10	8.1E+11	9.8E+11	9.8E+11
Xe-138	1.9E+11	1.9E+11	1.9E+11	1.1E+11	1.1E+11	1.1E+11
<b>Aerosols</b>						
Cs-134	1.4E+08	1.4E+08	1.4E+08	6.2E+05	6.2E+05	6.2E+05
Cs-137	7.2E+07	7.2E+07	7.2E+07	3.2E+05	3.2E+05	3.2E+05

Table 2: Emission particulars of an accident in the category of TAK1 (DEC1)

# PSA Level 3

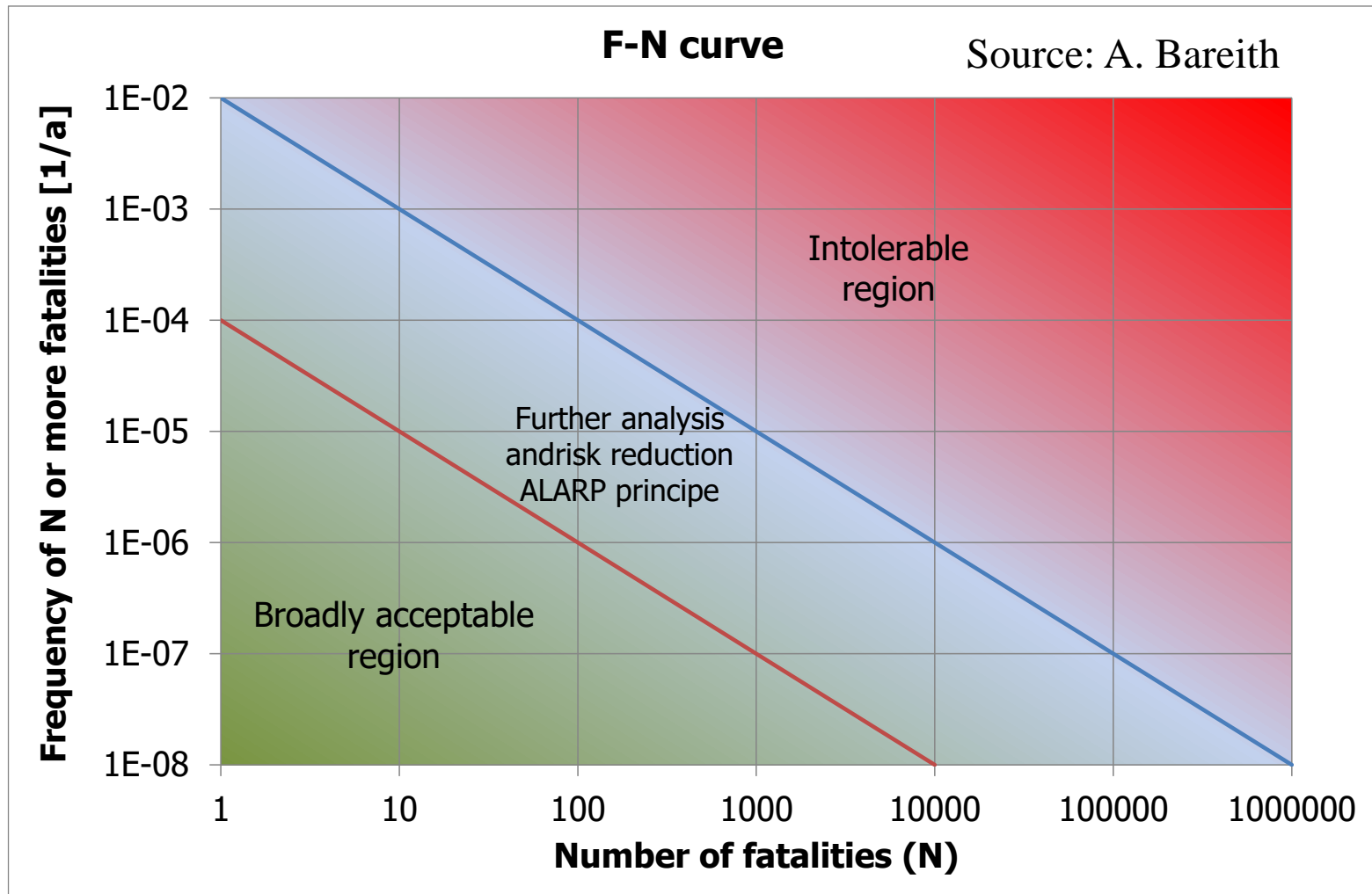
- Esetleges baleset következményeinek becslése
  - Korai és késői eü. hatások, illetve jelentős környezeti kár (PSA level 2 eredménye alapján), gazdasági következmények
  - Veszélyhelyzeti intézkedések hatékonyságának értékelése
- Bemenő adatok: forrástag, meteorológia, gazdaságra és lakosságra vonatkozó adatok, mezőgazdaság

## Steps of Level 3 PSA:

Radionuclides release (from PSA level 2;)  
Atmospheric dispersion and disposition;  
Meteorological data;  
Exposure pathways;  
Population, agricultural and economic data;  
Countermeasures;  
Health effects.

# Valószínűségi biztonsági elemzés (PSA)

Level 3 PSA – társadalmi kockázatok elfogadhatósága (UK)



Country	PSA level 1	PSA level 2	PSA level 3	Comment
<b>Finland</b> [STUK_YVL-2.8]	<u>Core damage</u> $f < 10^{-5}$ per year	<u>Large release</u> > 100 TBq Cs-137 $f < 5 \cdot 10^{-7}$ per year		Applicable to new plants.
<b>Netherlands</b> [VROM-1988]			<u>Individual risk</u> (all sources) $f < 10^{-5}$ per year <u>Individual risk</u> (single sources) $f < 10^{-6}$ per year <u>Group risk</u> $F(n) = 10^{-3}/n^2$	General goals based on F-N approach for major accidents in all hazardous industries. Long-term effects are not included in the group risk.
<b>Russia</b> [OPB-88/97]	<u>Severe beyond DBA</u> $10^{-5}$ per year	<u>Limited release</u> $10^{-7}$ per year		
<b>Slovakia</b> [Slovakia-2005]	<u>Core damage</u> $f < 10^{-4}$ per year	<u>LERF</u> $f < 10^{-5}$ per year		Additional criteria: Safety systems > $10^{-3}$ per demand. RPS < $10^{-5}$ per demand.
<b>Sweden</b> [SKI_SSL_1985]		<u>Unacceptable release</u> > 0,1 % of the inventory of Cs-134 and Cs-137 in a 1800 MWt core $f < \text{extremely unlikely}$		“Extremely unlikely” interpreted as $10^{-7}$ per year
<b>Switzerland</b> [HSK-R-100/d]	<u>Core damage</u> $f < 10^{-5}$ per year			New plants Applicable to existing plants to the extent reasonably achievable.
<b>UK</b> [HMI_SAP_1992]	<u>Core damage</u> BSL $10^{-4}$ per year BSO $10^{-5}$ per year	<u>Large release</u> > $10^4$ TBq $I_{131}$ , > 200 TBq Cs-137 BSL $10^{-5}$ per year BSO $10^{-7}$ per year	<u>NPP worker</u> BSL $10^{-4}$ per year BSO $10^{-6}$ per year <u>Group risk</u> For dose > 1 Sv BSL $10^{-4}$ per year BSO $10^{-6}$ per year	BSL = basic safety limit BSO = basic safety objective Group risk limits defined also for other doses. Note: Major changes will be introduced in on-going SAP update.
<b>USA</b> [USNRC SECY-01-0009]	<u>Core damage</u> $f < 10^{-4}$ per year	<u>LERF</u> $f < 10^{-5}$ per year	<u>Group risk</u> Prompt fatalities < 0.1% of prompt fatality risk from other accidents. Cancer fatalities < 0.1% of cancer fatality risks from all other causes.	Goals on Levels 1 and 2 are subsidiary objectives intended to achieve the same intent as the quantitative health objective (level 3)
<b>IAEA</b> [IAEA_INSAG-12]	<u>Core damage</u> $f < 10^{-4}$ per year	<u>LERF</u> $f < 10^{-5}$ per year		Existing plants LERF = “Large off-site releases requiring short term off-site response”
	<u>Core damage</u> $f < 10^{-5}$ per year	<u>LERF</u> “Practical elimination”		Future plants
<b>EUR</b> [EUR_2002]	<u>Core damage</u> $f < 10^{-5}$ per year	<u>Criteria for limiting impact</u> $f < 10^{-6}$ per year <u>LERF</u> Significantly lower frequency.		New plants

# PSA bizonytalanságai

- Aleatórikus bizonytalanság
  - Nem csökkenthető hiba
  - Oka az események sztochasztikus természete

“Risk is measurable uncertainty”

“Uncertainty is unmeasurable risk”



- Episztemikus bizonytalanság

- Csökkenthető hiba
- Oka: egy rendszer (komponens, stb.) viselkedésének nem megfelelően pontos ismerete, vagy fizikai jelenség nem megfelelő ismerete (modellezési hiba)



- PSA eredmény: valószínűségi eloszlások (pontbecslés helyett)

# Atomenergia - kockázatok

- Elfogadható-e a társadalom számára az atomenergia kockázata?
- Láttuk, hogy objektíve igen -> a szubjektív félelemérzet miatt azonban jelentős elutasítás
- Kommunikáció kulcsfontossága
- Nagy balesetek kommunikációja
  - TMI
  - Csernobil
  - Fukushima



Csak okulni lehet a hibákból....