

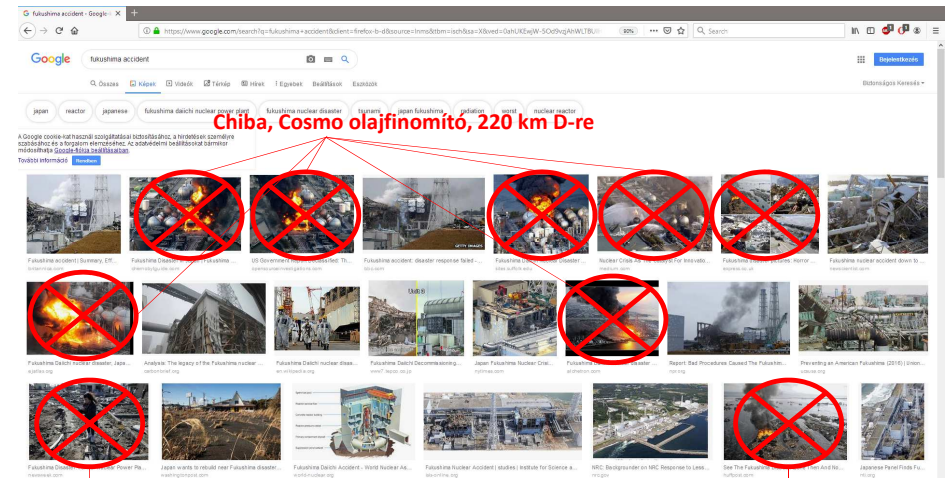
# Atomenergia valóság vs. képzelet

Yamaji Bogdán  
BME Nukleáris Technikai Intézet

HungaroCon 2019



# Fukushima accident 9/23 - 2019.08.12.



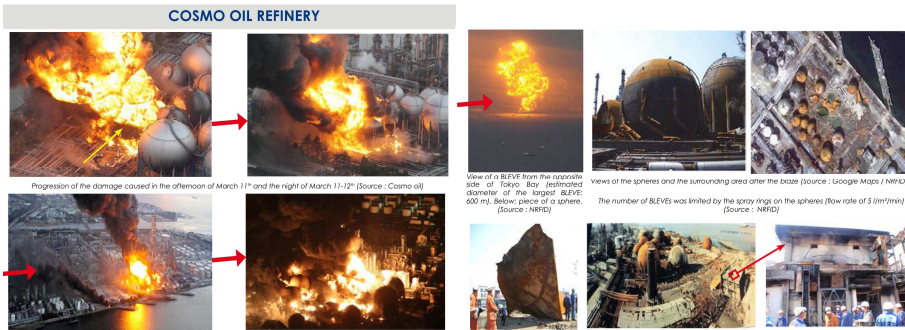
110 km É-ra  
HungaroCon, 2019.09.14.

Dr. Yamaji Bogdán, BME NNTI

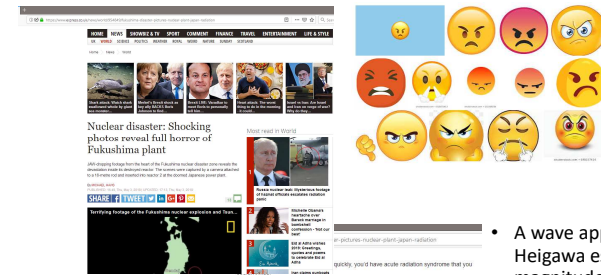
100 km É-ra

# Fukushima accident 9/23 - 2019.08.12.

- Cosmo olajfinomító, Chiba kikötő, 220 km D-re

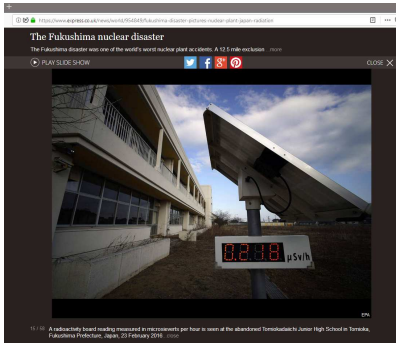


Overview of industrial accidents during the Tohoku earthquake and tsunami  
BARPI - Bureau for analysis of industrial risks and pollution, Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy  
<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/synthese/analyses-and-feedback/overview-of-industrial-accidents-caused-by-the-great-tohoku-earthquake-and-tsunami/?lang=en>



- A wave approaches Miyako City from the Heigawa estuary in Iwate Prefecture after the magnitude 8.9 earthquake struck the area March 11, 2011 **260 km É-ra**
- Survivors react after collecting their belongings at their destroyed house in a village hit by an earthquake and tsunami in Otsuchi, northeast Japan March 17, 2011 **230 km É-ra**
- Houses are swept by water following a tsunami and earthquake in Natori City in northeastern Japan March 11, 2011 **100 km É-ra**
- A woman cries while sitting on a road amid the destroyed city of Natori, Miyagi Prefecture in northern Japan March 13, 2011

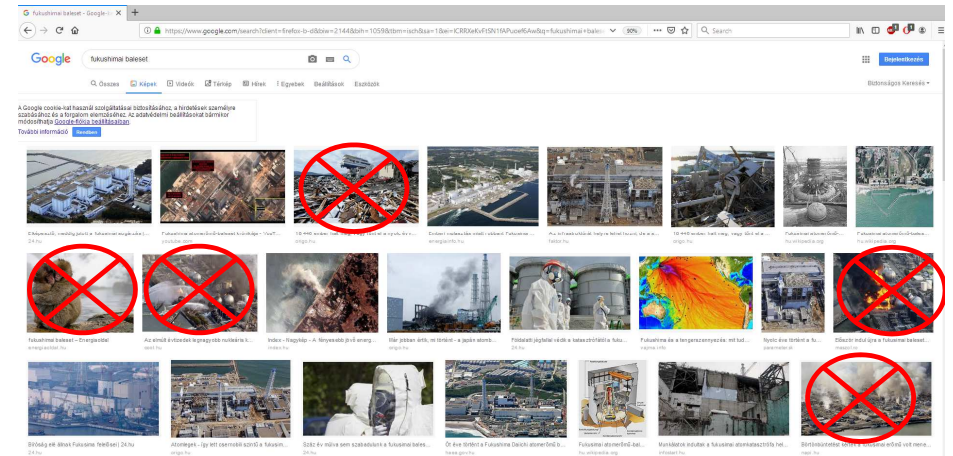
<https://www.express.co.uk/news/world/954849/fukushima-disaster-pictures-nuclear-plant-japan-radiation>



OKF: „A figyelmeztetési szint 250 nSv/óra, a riasztási szint 500 nSv/óra. (Ezek a jelzési szintek valós veszélyt nem jelentenek, csak azt jelzik a szakemberek számára, hogy célszerű utánajárni és megvizsgálni mi okozhatta, illetve okozta a szint növekedést, mielőtt az a lakosság biztonsági kockázattal járhatna. Ezért is nevezik ezt a rendszert országos sugárzás a figyelmeztető (előrejelző) és riasztó rendszernek.)”  
[http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=monitor\\_nbiek\\_ismerteto](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=monitor_nbiek_ismerteto)  
 HungaroCon, 2019.09.14. Dr. Yamaji Bogdán, BME NTI

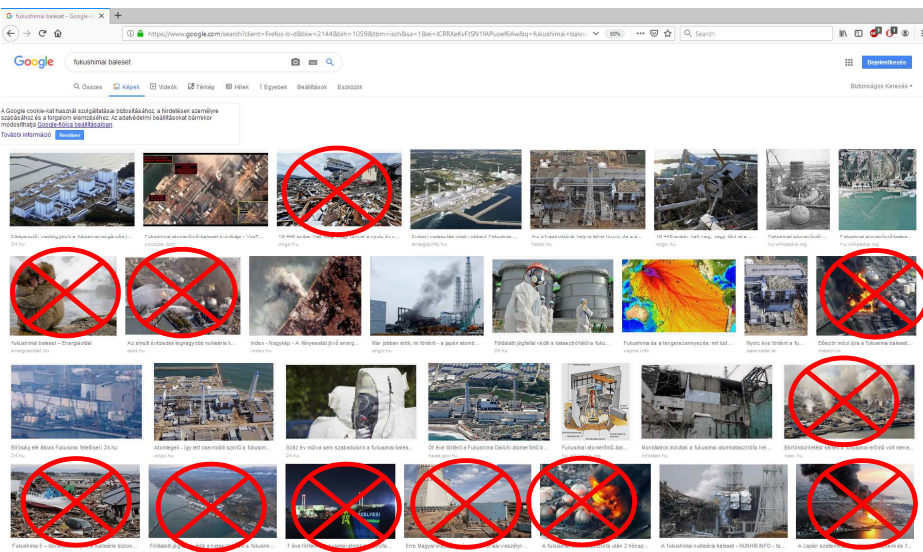
# Fukushimai baleset

5/23 - 2019.08.12.



# Fukushimai baleset

11/30 - 2019.08.12.



[https://simpsons.fandom.com/wiki/Springfield\\_Nuclear\\_Power\\_Plant](https://simpsons.fandom.com/wiki/Springfield_Nuclear_Power_Plant)  
[https://vignette.wikia.nocookie.net/simpsons/images/0/09/800px-Springfield\\_Nuclear\\_Power\\_Plant.png/revision/latest?cb=20170101231010](https://vignette.wikia.nocookie.net/simpsons/images/0/09/800px-Springfield_Nuclear_Power_Plant.png/revision/latest?cb=20170101231010)



# Simpsons



[Nuclear Regulatory Commission](https://www.nrc.gov/reactors/power.html)  
**Vogtle Electric Generating Plant, Units 1 and 2.** The nuclear power plants are located near Waynesboro, GA (26 MI SE of Augusta, GA) in NRC Region II. For information, go to [www.nrc.gov/reactors/power.html](https://www.nrc.gov/reactors/power.html). Photo courtesy of @Southern Nuclear.  
<https://www.flickr.com/photos/nrcgov/6517595825>

# Konténment (Containment)

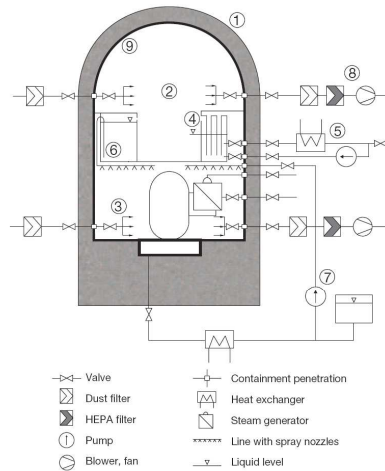


FIG. 1-4. Schematic diagram of a bubbling condenser containment system for a pressurized water reactor: 1, containment; 2, upper containment volume (wet well); 3, lower containment volume (dry well); 4, bubbling condenser system (suppression pool); 5, suppression pool cooling system (not required if the heat capacity of the condenser system (4) is sufficiently large); 6, passive spray system; 7, active spray system; 8, filtered air discharge system; 9, liner.

[Nuclear Regulatory Commission](https://www.nrc.gov/reactors/power.html)  
**Vogtle Electric Generating Plant, Units 1 and 2.** The nuclear power plants are located near Waynesboro, GA (26 MI SE of Augusta, GA) in NRC Region II. For information, go to [www.nrc.gov/reactors/power.html](https://www.nrc.gov/reactors/power.html). Photo courtesy of @Southern Nuclear.  
<https://www.flickr.com/photos/nrcgov/6517595825>

# Konténment (Containment)

## • Modellvizsgálat



Figure 51 PCCY Model Construction



(a) 0° Azimuth (b) 90° Azimuth



(a) 180° Azimuth (b) 270° Azimuth

Figure 62 SFMT: Rupture of the PCCY Model

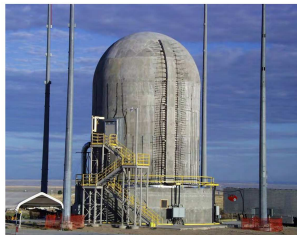


Figure 52 Completed PCCY Model



Figure 63 PCCY Model after the Structural Failure Mode Test

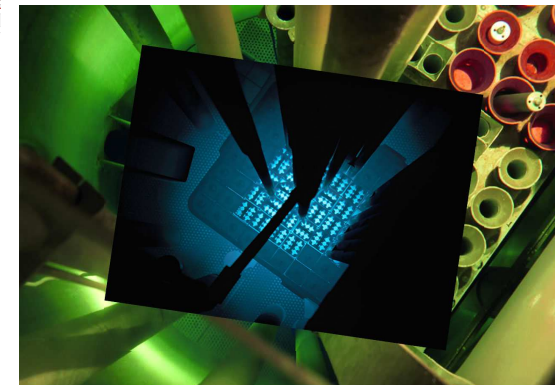
Containment Integrity Research at Sandia National Laboratories, An Overview  
 NUREG/CR-6906, SAND2006-2274P, Sandia National Laboratories, U.S. Nuclear Regulatory Commission  
<https://www.hsdil.org/?view&did=6959>

# Simpsons vs Oktatóreaktor

[www.quora.com/What-is-the-green-rod-that-pops-into-Homers-shirt-when-he-leaves-the-power-plant-during-the-opening-sequence-of-The-Simpsons?](https://www.quora.com/What-is-the-green-rod-that-pops-into-Homers-shirt-when-he-leaves-the-power-plant-during-the-opening-sequence-of-The-Simpsons?)  
**Quora** Search for questions, people, and topics  
 Homer Simpson (TV character) The Simpsons (TV series) Nuclear Energy: Television  
**What is the green rod that pops into Homer's shirt when he leaves the power plant during the opening sequence of The Simpsons?**  
[http://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Simpsons\\_opening\\_sequence](http://en.wikipedia.org/wiki/The_Simpsons_opening_sequence)



<https://www.quora.com/What-is-the-green-rod-that-pops-into-Homers-shirt-when-he-leaves-the-power-plant-during-the-opening-sequence-of-The-Simpsons>  
<https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-0f7369e84c038230ac00a60d38f8eb03>



<http://www.reak.bme.hu/images/article/oktatoreaktor/kiserleti-berendezesek/neutroncsapdak.jpg>

## Sugárterhelés

• Radiation sickness/Radiation poisoning = sugárbetegség

• Determinisztikus hatások: a **sugárterhelést követően rövid időn belül**, kimutathatóan annak hatására következik be

- **adott küszöbdózis felett** mindenképp jelentkezik, az alatt egyáltalán nem
- a hatás súlyossága nő a dózissal
- Fontosabb küszöbdózisok:
  - 0,1 Gy: lymphocita-szám
  - 1,0 Gy: általános tünetek; hányás, hasmenés
  - 3-10 Gy: többi szerv sérülése

• Sztochasztikus hatások: jóval hosszabb időskálán, csak statisztikailag kimutatható hatások

- egyes rákos megbetegedések kockázatának növekedése
- utódoknál genetikai rendellenesség valószínűségének növekedése
- kis dózisok hatására

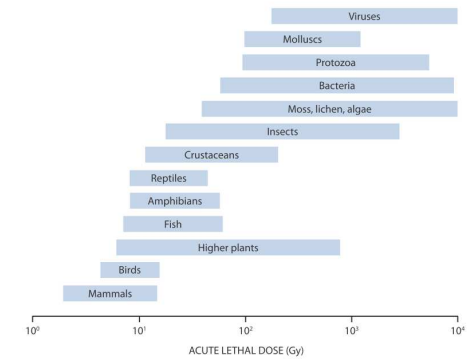
## Sugárterhelés

• Radiation sickness/Radiation poisoning = sugárbetegség

• Determinisztikus hatások: a **sugárterhelést követően rövid időn belül**, kimutathatóan annak hatására következik be

- **adott küszöbdózis felett** mindenképp jelentkezik, az alatt egyáltalán nem
- a hatás súlyossága nő a dózissal
- Fontosabb küszöbdózisok:
  - 0,1 Gy: lymphocita-szám
  - 1,0 Gy: általános tünetek; hányás, hasmenés
  - 3-10 Gy: többi szerv sérülése

Figure XII. Approximate acute lethal dose ranges for various taxonomic groups [S12, W6]  
Reproduction of figure VII of reference [U4]



Sources and effects ionizing radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Vol II, Scientific Annex C, D and E

## Sugárterhelés

• Radiation sickness/Radiation poisoning = sugárbetegség

• Lokális sugársérülés

- csak egyes szerveket, illetve testrészeket ér nagy besugárzás;
- a sugársérülés mindig determinisztikus hatás következménye;
- tünetek például: a fehérvérsejtek számának csökkenése, bőrpír, átmeneti, vagy maradó sterilítás, a szőrzet hullása;
- a különböző szövetek "sugárállósága" nagyon eltérő: sérülékenyebbek a gyorsan osztódó és a nagymértékben differenciált sejtekből álló szövetek (nyirokszövet, a csontvelő, a bélhám és az ivarsejtek), ellenállóbbak az érzékszervek, az ideg és izomszövet, a bőr és a csont.

• **Sugárbetegség**

- 1000 mGy < egésztest-dózis esetén
- kizárólag determinisztikus hatás következménye.
- Négy szakaszra osztható:
  - Kezdeti szakasz: néhány óra múlva hányinger, étvágytalanság, émelygés, fejfájás, rossz közérzet, esetleg hasmenés vagy láz.
  - Lappangási szakasz: a tünetek enyhülnek, a sérült jól érzi magát. Minél nagyobb a dózis, annál rövidebb ez a szakasz.
  - Kritikus szakasz: A kezdeti tünetek súlyosabb formája, pontszerű bőrbevérvések, véres széklet, az immunrendszer sérülése miatt fertőzések lépnek fel. A 3-6. hét a legkritikusabb.
  - Lábadozási szakasz: a felépülés hónapokig is elnyúlhat.

## Az atomerőművek biztonsága

• Normál üzemben: veszélytelen a környezetre.

De:

• Potenciálisan veszélyes: baleset esetén súlyos következményekhez vezethet.

• Cél: balesetek elkerülése

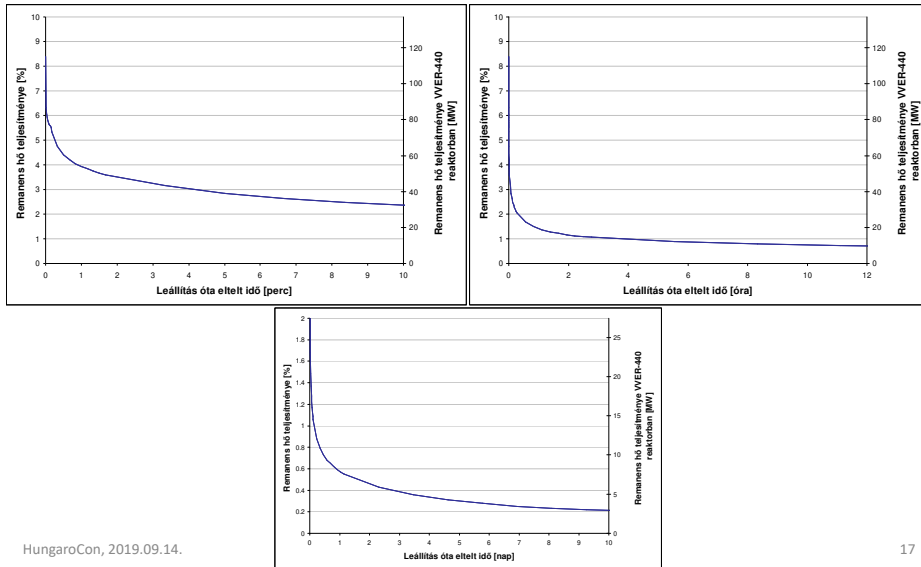
- Biztonságos atomerőmű tervezése és építése
- Biztonságos üzemeltetés

• **Az atomerőmű különlegessége**

- Nagy mennyiségű radioaktív anyag.
- A sugárzástól a dolgozókat és a környezetet normál üzemben is védeni kell.
- Baleset esetén a radioaktív anyag környezetbe jutását meg kell akadályozni.
- Ha mégis kijutna radioaktivitás, kész tervekkel kell rendelkezni a problémák kezelésére.
- **Remanens hő** (maradék hő)

# Az atomerőművek biztonsága

## Remanens hő



HungaroCon, 2019.09.14.

17

# Az atomerőművek biztonsága

## Biztonsági funkciók

1. Láncreakció hatékony szabályozása és lezárása

2. Hűtés normál üzemben és üzemzavarok alatt

3. Radioaktív anyagok benttartása

The grid shows three safety functions across three rows of icons:

- Row 1:** Control rods and emergency stop button. Status: Disabled (X).
- Row 2:** Cooling system with pump and temperature gauge. Status: Enabled (checkmark).
- Row 3:** Containment system with shielding and containment dome. Status: Disabled (X).

HungaroCon, 2019.09.14.

Dr. Yamaji Bogdán, BME NTI

18

# Az atomerőművek biztonsága

## Reaktorbalesetek fajtái:

- **Reaktor megszaladás:** a nukleáris láncreakció ellenőrizhetetlenné válik
- **Hűtőközeg elvesztése:** a reaktor hűtés nélkül marad, aminek következtében a reaktor üzemanyaga megolvadhat

HungaroCon, 2019.09.14.

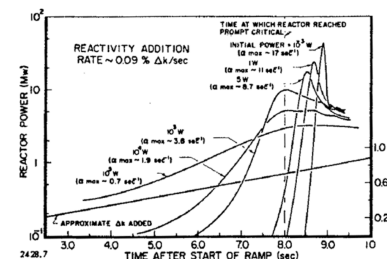
Dr. Yamaji Bogdán, BME NTI

19

# Az atomerőművek biztonsága

## • Megszaladás

SPERT - Special Power Excursion Reactor Tests kísérletek, USA, 1950-es évek



HungaroCon, 2019.09.14.

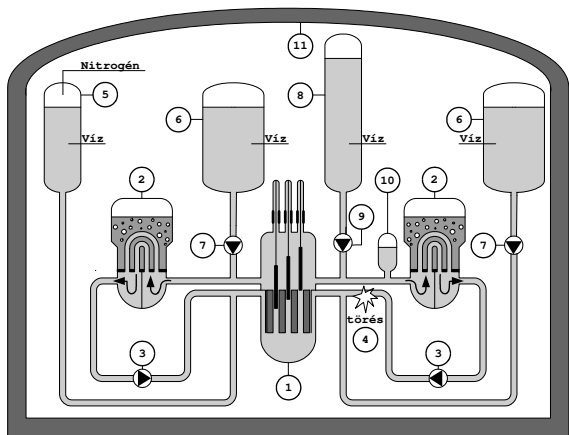
Dr. Yamaji Bogdán, BME NTI

20



# Az atomerőművek biztonsága

## • Hűtőközegvesztés



1. Reaktor
2. Gőzfejlesztő
3. Fő keringető szivattyú
4. Feltételezett csőtörés
5. Hidroakkumulátor
6. Kisnyomású ZÜHR
7. Kisnyomású ZÜHR szivattyú
8. Nagynyomású ZÜHR
9. Nagynyomású ZÜHR szivattyú
10. Térfogatkompenzátor
11. Hermetikus védőépület

Zóna üzemzavari hűtővíz rendszer (ZÜHR)

HungaroCon, 2019.09.14.

Dr. Yamaji Bogdán, BME NTI

21

# Kína szindróma

## Tizenkét nappal a TMI baleset előtt!

### Ventana atomerőmű (1 blokk)

- Fiktív atomerőmű
- Nyomottvízes VAGY forralóvízes, de inkább forralóvízes
- Majdnem a zóna (részleges) kiszáradásához vezető szituáció
- Hatósági jegyzőkönyvek, igazolások meghamisítása (hegesztési varratok)
- 1 fő meghal
- Végül valami tényleg eltörik - üzemzavar



### Three Mile Island. 2. blokk

• Valódi

One hundred people have been indicted for their part in falsifying safety documents affecting South Korean nuclear power plants, the country's government has announced.

A statement released through the South Korean prime minister's Office confirmed that a former chief executive at Korea Hydro and Nuclear Power (KHNP) and a vice president at Korea Electric Power Company (KEPCO) are amongst those indicted. The statement did not identify those concerned by name.

According to the government's policy coordination ministry, 277 out of 23,000 documents of tests on components at 28 reactors were found to be forged. Of 23,000 documents examined for a further eight units, including five under construction, a total of 2010 were found to be falsified.

The scandal of the forged quality control certificates hit the news in November 2012, when South Korea's Ministry of Knowledge Economy announced that state-owned KHNP had allegedly been supplied with faulty...

következmények (kivéve a közlekedési baleseteket).

HungaroCon, 2019.09.14.

Dr. Yamaji Bogdán, BME NTI

22

# Kína szindróma

## Ventana (fiktív, matte painting)



## Trojan (valódi)

[https://laughingsquid.com/wp-content/uploads/trojan\\_nuke.jpg](https://laughingsquid.com/wp-content/uploads/trojan_nuke.jpg)  
<https://laughingsquid.com/trojan-nuclear-power-plant-demolition/>

HungaroCon, 2019.09.14.

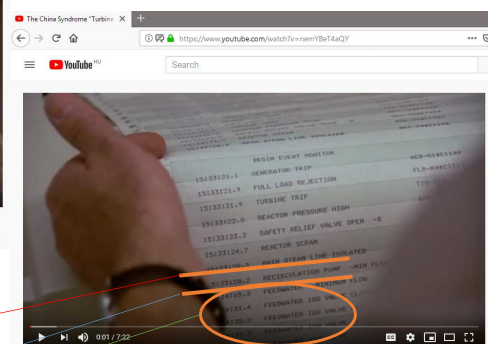
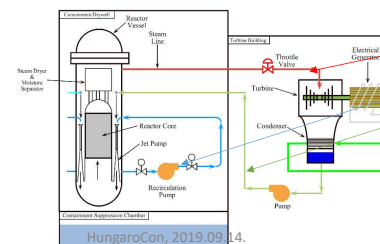
Dr. Yamaji Bogdán, BME NTI

23



# Kína szindróma

## PWR...vagy...



The China Syndrome 'Turbine Trip' scene with newly composed soundtrack

## ...BWR?

HungaroCon, 2019.09.14.

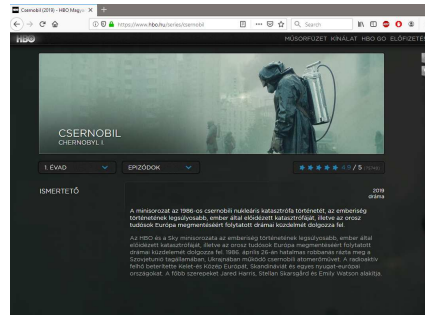
Dr. Yamaji Bogdán, BME NTI

24



# Csernobil – a sorozat

- Hiánypótló
- Meglehetősen magas színvonal
- (Sokkal) Jobb, mint számos korábbi ismeretterjesztő feldolgozás
- Időnként nagyon erős kor- és társadalomábrázolás
- Helyenként túlzott hatásvadászat
  - túlzó drámai „effektek” (lassítások, lassú kamera, szürkesség, zene, stb.)
  - szélsőséges, nem megalapozott részletek
- Fontos, kihagyott momentum: szarkofág
  - és sokkal kevésbé fontos részek hangsúlyozása (pl. kutyák kilövése)

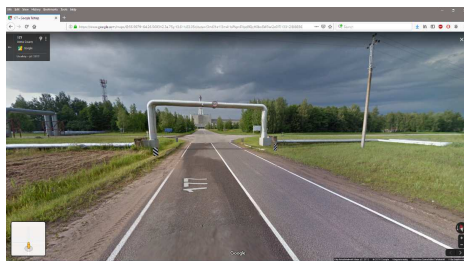


# Csernobil – a sorozat

... ami tetszett:

- Infoáramlás: Brjuhanov beszélt Marjinnal (dep. sec.), Marjin Froljisevvel (dep. chief), Froljisev Dolgihhal (KB tag), Dolgih Gorbacsov pártfőttkárral.
- Csarkov (KGB): „First, the trial. Once it's over, we will have our villains, we will have our hero, we will have our truth.”
- Tetőn lapátoló likvidátorok jelenete
- A csernobili „búvárok” nem haltak meg
- A fizikai-műszaki magyarázatok a tárgyaláson (bár Legaszov ott se volt...)
- *Filming locations!*

# Csernobil – a sorozat



<https://www.google.com/maps/@55.597164,26.560312,3a,75v,13.61h,83.05t/data=!3m6!1e1!3m4!1sPkpmFllpel10cH0boSW3w!2e0!7!1!3312!8!6656>



# Csernobil – a sorozat





# Csernobil – a sorozat

... ami nem tetszett:

- halál hídja („tűzijáték”)
- az anyát ért többledózis a magzatban akkumulálódott
- **kitelepítés: április 27 délután**, „mert már az egész világ tudja”, és „Németországban nem engedik a gyerekeket kint játszani”
  - **Forsmark (Svédország) április 28-án mérte a felhőt**  
<http://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20140514ST047018/forsmark-how-sweden-alerted-the-world-about-the-danger-of-chernobyl-disaster>
- Az 1-3. epizód műszaki-fizikai blódségei
- „Most estimates range from **4000** to 93 000 deaths, the official **Soviet death toll**, unchanged since 1987 is 31.”

... ami túl lett volna:

- kutyák kilövése (a parasztasszony „történelemleckéje”)
  - lassított vagy lassú jelenetek, átmenetek, szürkeség
- ...ami nagyon komoly és drámai, de alig láttunk belőle:
- kitelepítések

# Szarkofág, új védőépület



Fotó: Dombó Szabolcs

2005. Május 31.,  
MNT FINE  
tudományos út



2016. november 14.:  
megkezdődött az épület szarkofág fölé mozgatása



[https://chnpp.gov.ua/panorama/180/all\\_units.html](https://chnpp.gov.ua/panorama/180/all_units.html)

2005. május 28.-június 4.: MNT FINE tudományos út Csernobilba



Fotók: Yamaji B.

# Csernobil – olvasnivalók

- Szatmáry, Aszódi: Csernobil - Tények, okok, hiedelmek
- US NRC: Soviet Report on the Chernobyl Accident  
<https://www.nrc.gov/docs/ML1536/ML15365A567.pdf>
- IAEA: INSAG Series No. 7: The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1  
<https://www.iaea.org/publications/3786/the-chernobyl-accident-updating-of-insag-1>  
[https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub913e\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub913e_web.pdf)
- Fizikai Szemle, Magyar Tudomány, stb
- NAÜ, WHO, US NRC
- Nuclear Engineering International, 19 April 2006: How it was: an operator's perspective  
<https://www.neimagazine.com/features/featurehow-it-was-an-operator-s-perspective/>

