



**Bezpečnost hlubinného úložiště
a
transportů
radioaktivního odpadu**

Dalibor Stráský

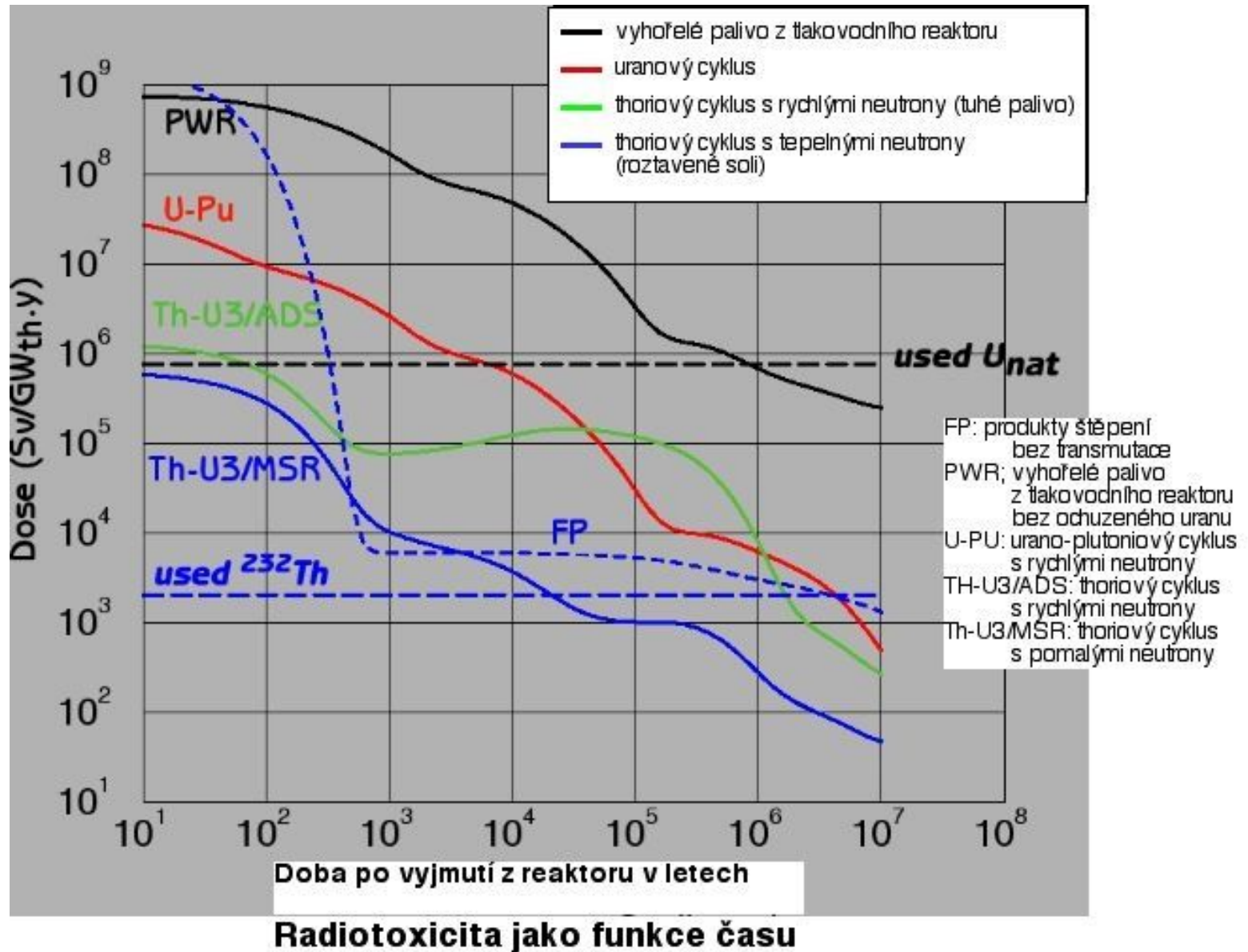
Pačejov, 31.1.2011

Bezpečnostní cíle konečného ukládání

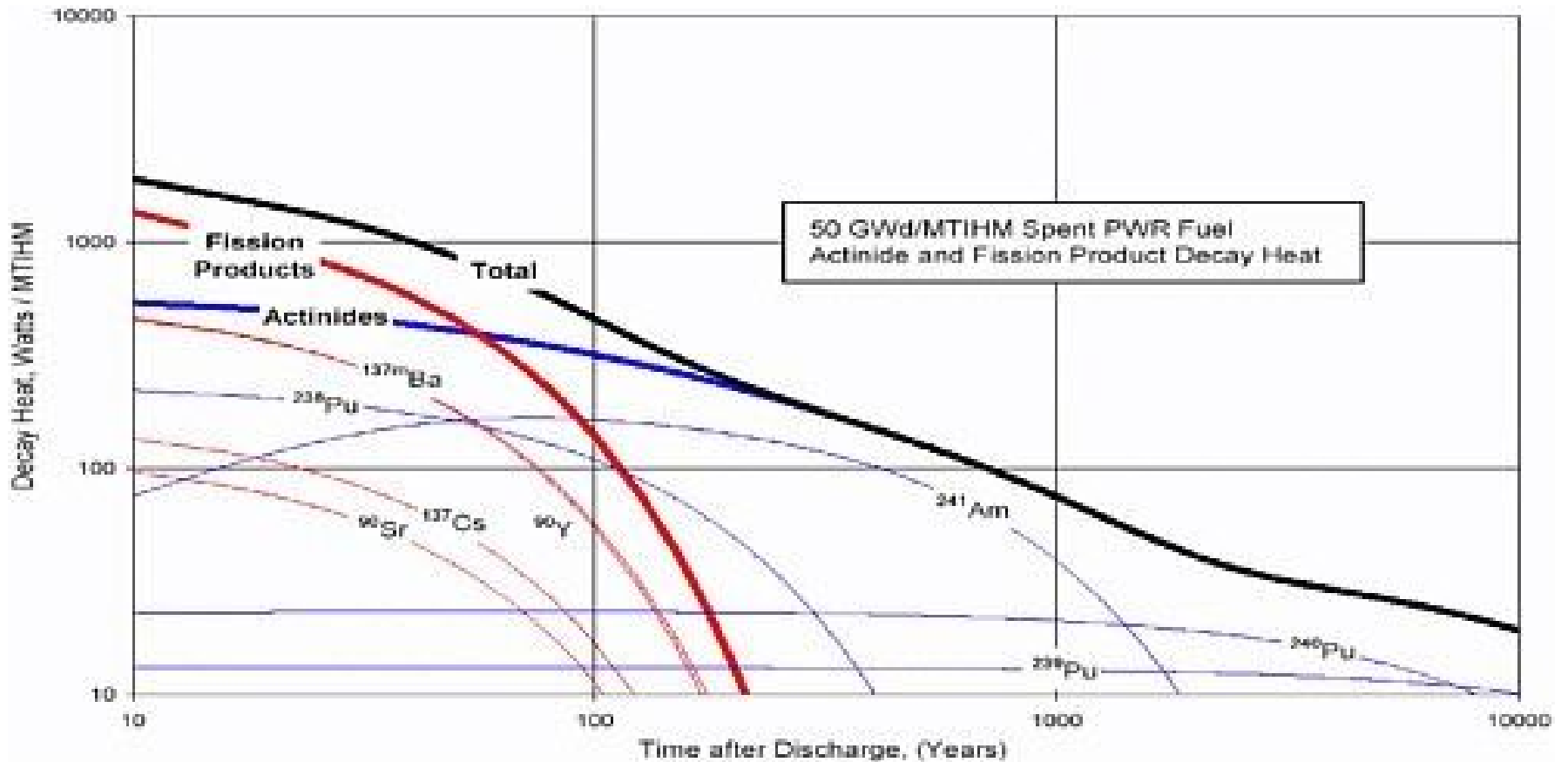
Bezpečnostní cíle pro konečné úložiště vysoce radioaktivních odpadů jsou dány

- nutností dlouhodobého bezpečného zvládnutí vysoké koncentrace radioaktivních látek
- relativně vysokým výkonem rozpadového tepla z odpadu
- dlouhým poločasem rozpadu různých radionuklidů

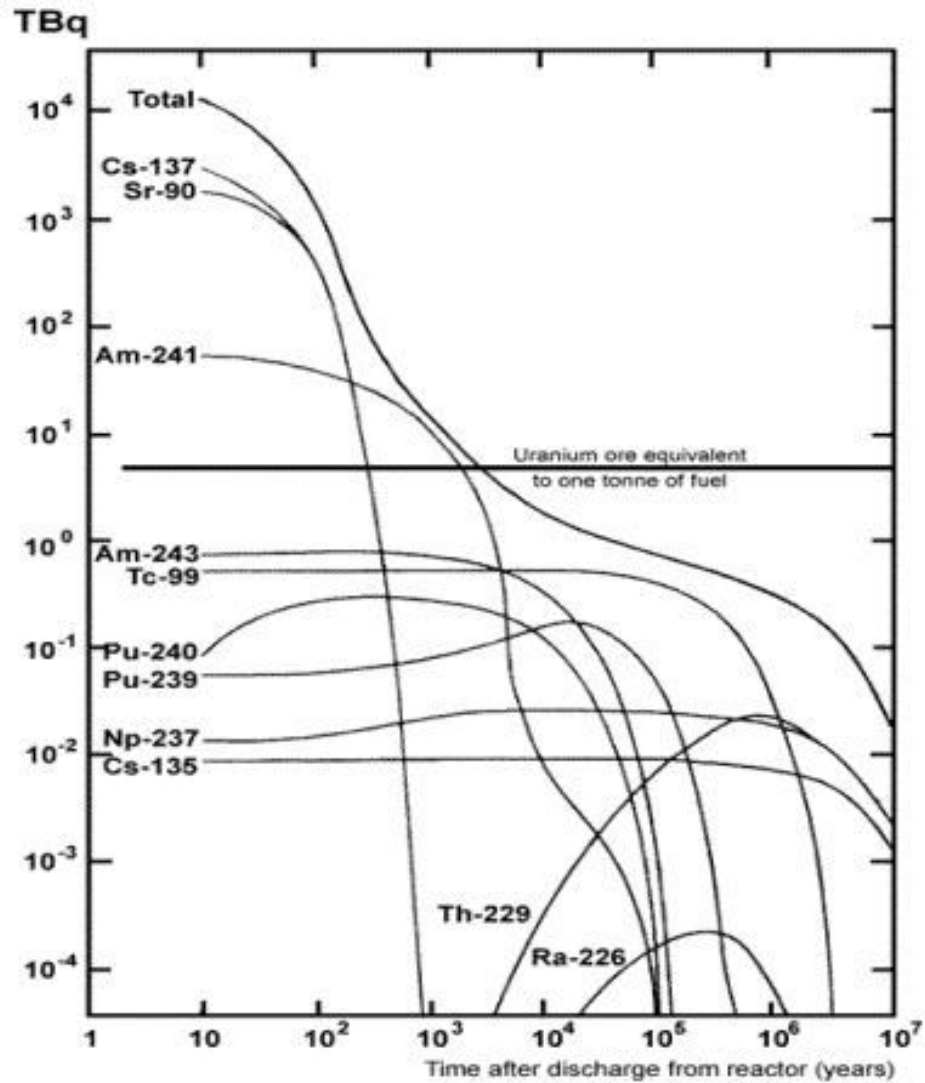
Radiotoxicita



Výkon zbytkového tepla



Dlouhé poločasy rozpadu



Activity of high-level waste from one tonne of spent fuel

Konečné úložiště lze považovat za bezpečné,

- jestliže během jeho výstavby, provozu a uzavírání jsou vlivy na člověka a životní prostředí co nejmenší a nevzniká žádná nepřijatelná zátěž a
- jestliže je zajištěno, že odpady zůstanou po uzavření úložiště odděleny od biosféry po dobu kolem 1 milionu let tak, že nedojde k žádnému nepřijatelnému úniku radioaktivního inventáře.

Bezpečné ukládání

vyžaduje zajištění kontinuity

- mezi různými kroky procesu nakládání s vysoce radioaktivním odpadem
- po řadu generací až k ukončení projektu ukládání
- za měnících se organizačních, národních a mezinárodních struktur.

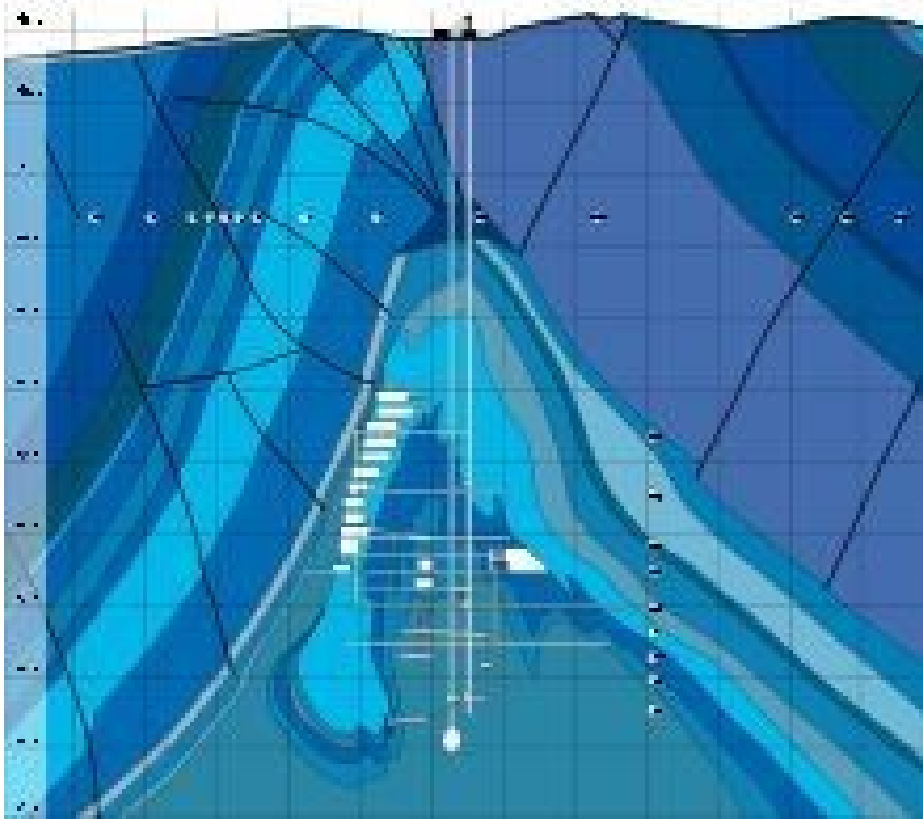
Závislost systému na pasivní bezpečnosti po uzavření úložiště vyžaduje obzvláštní pozornost managementu celého úkolu ukládání. V systému řízení je třeba dbát zejména na to, že úložiště je odkázáno na vhodné geologické prostředí a že možnosti člověka tento systém ovlivnit jsou omezené.

Dlouhodobost ukládání

vyžaduje obzvláštní pozornost ohledně

- zachování důvěry veřejnosti v kontinuitu systému řízení,
- vybudování důvěry, že dlouhodobé chování úložiště bude odpovídat požadavkům,
- odhadů nákladů a způsobu financování zajištění kontroly a monitoringu úložiště až do fáze ukončení institucionální kontroly,
- zachování kontinuity ohledně porozumění, pozornosti a zdrojů, a to po mnoho generací

Příklad ze života: Asse II



- Bývalý solný důl v Dolním Sasku
- 1967 - 1978 sloužil pro ukládání radioaktivních odpadů (**nízko a středně**)
- 1995 - 2004 zaplňovány zbývající dutiny po těžbě soli
- Od roku 2007 určen k uzavření

- 2008 - vytýkáno provozovateli, že nedostatečně informoval dozorný orgán o radioaktivní kontaminaci důlních vod
- 2009 - ministerstvo životního prostředí odmítá koncept uzavření
- 2010 - ministerstvo předkládá plán k vyvezení uložených odpadů

Asse II - současnost

- Od roku 1991 pozorován výtok solných výluhů - před komorou 8 na podlaží 750 m
- Během půl roku se průtok zvýšil ze 4 na 8 litrů za den
- Měrná radioaktivita ^{137}Cs se zvýšila z 2,4 na 4,3 kBq/l (povoleno nakládání při hodnotě 180x větší)
- Na rok 2014 prognózována narůstající ztráta únosnosti a tím vyvolané posuny nadloží - možný nezvladatelný přítok vody do prostoru úložiště (varování již v roce 1964, studie z roku 1979 odmítnuta jako nevědecká)

Asse II - následky ?

Druh rakoviny	Pohlaví	Očekávaný výskyt	Skutečný výskyt	signifikanční?
Leukemie a lymphomy (C 81-96)	M	12,7	22	ano
Leukemie a lymphomy (C 81-96)	F	10,8	13	ne
Rakovina štítné žlázy	M	0,6	2	ne
Rakovina štítné žlázy	F	3,3	10	ano

Havarijní mechanismy vedoucí k poškození kontejnerů a uvolnění radioaktivních látek během transportu vyhořelého paliva

- požár, který způsobí selhání těsnícího systému kontejneru,
- mechanické selhání v důsledku působení velké energie po nárazu,
- mechanické selhání v důsledku nárazu zašpičatělého předmětu.

(v pořadí podle pravděpodobnosti vzniku)

Požadavky na transportní kontejner

- Volný pád z výše 9 m na nepružnou podložku
- Volný pád z výše 1 m na ocelový trn s průměrem 15 cm
- Požární odolnost v plamenech působících ze všech stran s teplotou nejméně 800°C a trváním 30 minut
- Ponoření do vody do hloubky 15 metrů na nejméně 8 hodin
- Ponoření do hloubky 200 metrů na nejméně 1 hodinu (pro kontejnery na vyhořelé palivo).

- pokryto 95% možných dopravních nehod

Předpisy však nevyžadují testy na zkušebních polygonech. Jsou možné

- testy na zmenšených modelech
- důkazy pomocí výpočtů, matematických modelů
- důkazy pomocí úvah o podobnosti s jinými kontejnery

Dopravní nehody



Elsterwerda 1997 - požár s vyššími teplotami a s delším průběhem
- 22 cisteren s benzínem



Apache 1997 - vykolejení transportu s vyhořelým palivem

Ze statistik nehod při transportu kontejnerů pro vyhořelé palivo plyne:

- v USA došlo v letech 1971 - 1980 celkem k 10 haváriím

- ve Velké Británii v letech 1964 - 1983 došlo ke 40 nehodám (především srážky nebo vykolejení vlaku při nízkých rychlostech)