

## ODŮSLEDKY JADERNÉ HAVÁRIE VE FUKUŠIMĚ NA OBYVATELSTVO ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLIKY

Jozef Sabol<sup>1,2</sup>, Bedřich Šesták<sup>1</sup>, Jana Hudzietzová<sup>2</sup>

### ABSTRAKT

Referát se zabývá realistickým hodnocením dopadu havárie na JE ve Fukušimě na obyvatelstvo České republiky (ČR) a Slovenské republiky (SR). Vycházelo se přitom z naměřené radioaktivní kontaminace u nás i v okolních evropských státech. Ačkoliv byl radioaktivní spad pocházející z havárie ve Fukušimě spolehlivě identifikován prakticky ve všech evropských zemích, lze považovat důsledky této havárie ve smyslu efektivní dávky obdržené obyvateli v našem regionu za triviální, neboť je toto ozáření hluboko pod přírodním radiačním pozadím. Efektivní dávka obyvatel ČR a SR v důsledku jaderné havárie ve Fukušimě je ve srovnání s Černobylem řádově o pět i více řádu nižší.

**Klíčová slova:** Fukušima, jaderná havárie, důsledky, Česká republika, Slovenská republika

### ABSTRACT

The paper deals with the realistic assessment of the impact of the accident at the NPP in Fukushima on the population of the Czech Republic (CR) and Slovak Republic (SR). The results of the measurements of radioactive contamination in our region, as well as in some other neighboring European countries, have been taken into account. Although the radioactive fallout originated from Fukushima was reliably identified all over Europe, the consequences of this accident in the region in terms of the effective dose were trivial since this exposure was far below radiation background. The effective dose of the population of the CR and SR due to the Fukushima accident in comparison with the Chernobyl accident lower by more than five order of magnitude.

**Key words:** Fukushima, nuclear accident, consequences, Czech Rep., Slovak Rep.

## 1 ÚVOD

<sup>1</sup> Policejní akademie ČR v Praze, Lhotecká 555, 140 00 Praha 4, [j.sabol44@gmail.com](mailto:j.sabol44@gmail.com), [sestakb@polac.cz](mailto:sestakb@polac.cz)

<sup>2</sup> Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze, Nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, [hudzietzova@gmail.com](mailto:hudzietzova@gmail.com), [j.sabol44@gmail.com](mailto:j.sabol44@gmail.com)

Jaderná havárie, která významně postihla čtyři ze šesti reaktorů v komplexu Fukušima-1 v Japonsku, byla vyvolána přírodní katastrofou, k níž došlo 11. března 2011 (obr. 1). Obrovské vlny tsunami způsobené silným zemětřesením o síle devíti stupňů Richterovy stupnice vyřadily z funkce záložní generátory elektrické energie, které měly zajistit chlazení reaktorů po jejich odstavení.



Obr. 1. Jaderný komplex po zemětřesení a následné havárii, která byla vyvolána nadměrně vysokými vlnami tsunami (podle [1]).

Na zemětřesení reagovaly bezpečnostní systémy elektrárny okamžitým zastavením štěpné reakce na reaktorech 1, 2 a 3 (reaktory 4, 5 a 6 nebyly v okamžiku zemětřesení v provozu, neboť na nich probíhala pravidelná údržba). I po odstavení se však jádro reaktoru musí chladit, aby se odvedlo teplo generované rozpadem štěpných produktů přítomných v jaderném palivu. V důsledku přerušení chlazení došlo k nárůstu teploty a tlaku v reaktorech, což se v konečném důsledku projevilo v produkci vodíku a jeho následném výbuchu. Výsledkem byla destrukce jak samotných reaktorů, tak i narušení reaktorových budov, čímž uniklo do okolního prostředí značné množství radioaktivních látek. To mělo za následek významné radioaktivní zamoření nejenom jaderné elektrárny, ale i území v okruhu několika desítek km od místa havárie.

Havárie ve Fukušimě, je co do rozsahu způsobených škod a dalších dopadů, řazena hned za jadernou katastrofu, která postihla 4. blok jaderné elektrárny v Černobylu 26. dubna 1986. Po určitém váhání byl havárii ve Fukušimě přiřazen nejvyšší stupeň 7 podle Mezinárodní stupnice jaderných událostí (INES – International Nuclear Event Scale). Klasifikační stupnice jaderných a radiologických událostí je ilustrována na obr. 2 [2].

## 2 POROVNÁNÍ HAVÁRIE VE FUKUŠIMĚ A ČERNOBYLU

I když se havárie ve Fukušimě formálně řadí do stejného stupně klasifikace jaderných nehod jako Černobyl, existují přece jenom některé podstatné rozdíly, které svědčí o větším rozsahu i důsledcích havárie na Ukrajině ve srovnání se situací v Japonsku. Především, množství uniklých radioaktivních látek z reaktoru v Černobylu

byl kolem  $5,2 \times 10^{12}$  Bq, zatímco v případě Fukušimy se aktivita radionuklidů, které se dostaly do ovzduší, byla nejméně 10 krát nižší. Obdobně i aktivita I-131 byla u Fukušimy podstatně menší.



Obr. 2. Mezinárodní stupnice jaderných nehod podle klasifikace Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA – International Atomic Energy Agency).

Další rozdíly mezi situací v Černobylu a Fukušimě lze dokumentovat následujícími údaji:

#### Černobyl

- Havárie jednoho reaktoru,
- Hlavní příčinou bylo nedodržení bezpečnostních předpisů, lidská chyba a principiální nedostatky v konstrukci reaktoru RBMK,
- Reaktor nebyl vybaven ochranným kontejnmentem,
- Došlo k 57 potvrzeným úmrtím a očekává se na 4 000 přídavných úmrtí na rakovinu mezi obyvatelstvem zasaženým ozářením radioaktivními látkami,
- Ze začátku bylo o havárii jen velmi málo informací, neboť se v té době bývalý Sovětský svaz snažil havárii utajit.

#### Fukušima

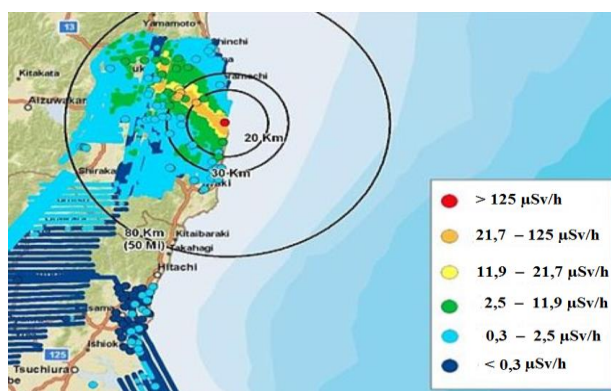
- Havárie postihla tři reaktory a bazény skladovaného vyhořelého paliva,
- Havárie byla vyvolána přírodní katastrofou, jejíž dopady by bylo možné eliminovat důslednějšími bezpečnostními opatřeními i samotným projektováním elektrárny,
- Prozatím bylo doloženo jedno úmrtí, které souviselo se zaplavením elektrárny vlnou tsunami,
- Výsledky monitorování radiačních úrovní a radioaktivity jsou podrobně zpracovávány a průběžně zveřejňovány on-line.

Existuje ještě celá řada dalších rozdílů mezi těmito dvěma jadernými haváriemi. Tak například, zatímco v Černobylu byla vyvržena i část vyhořelého paliva a ven se dostalo i plutonium spolu s dalšími transurany, ve Fukušimě udržel kontejnment a reaktorová nádoba v podstatě všechno palivo uvnitř a z elektrárny unikly do okolí jen těkavější produkty štěpení. Než došlo ve Fukušimě k rozsáhlejšímu úniku radioaktivních látek, uplynulo dost času na to, aby se mohla realizovat potřebná opatření, a to zejména pokud jde o evakuaci obyvatelstva a pracovníků elektrárny, kteří se tak mohli na práci v radiačním prostředí odpovídajícím způsobem připravit. V Černobylu zpočátku nevěděli ani pracovníci jaderné elektrárny (z tohoto důvodu nemohli být informováni ani obyvatelé v blízkosti elektrárny, že je prostředí okolo

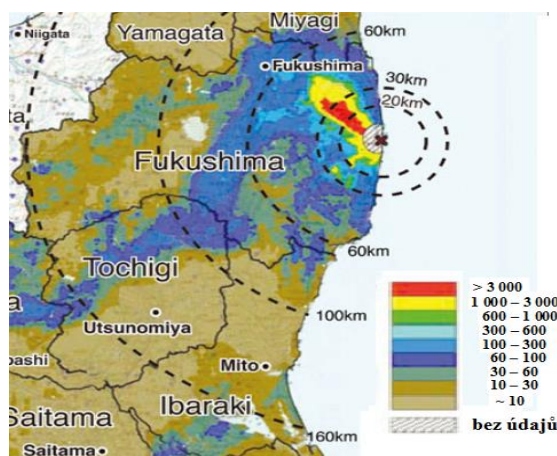
nich radioaktivní. Proto v tomto případě proběhla dozimetrická opatření v oblasti elektrárny i evakuace civilního obyvatelstva se značným zpožděním [3].

### 3 RADIOAKTIVNÍHO ZAMOŘENÍ V JAPONSKU

Havárie ve Fukušimě byla spojena s úniky radionuklidů, které vyvolaly zvýšenou úroveň externího záření gama (obr. 3), ale také s radioaktivní kontaminací povrchu terénu (obr. 4), která s časem vykazuje určité změny v závislosti na meteorologických podmínkách i rozpadu příslušných radionuklidů.



Obr. 3. Výsledky příkonu prostorového dávkového ekvivalentu získané pomocí pozemního a leteckého monitorování (Březen-duben 2011)[4].

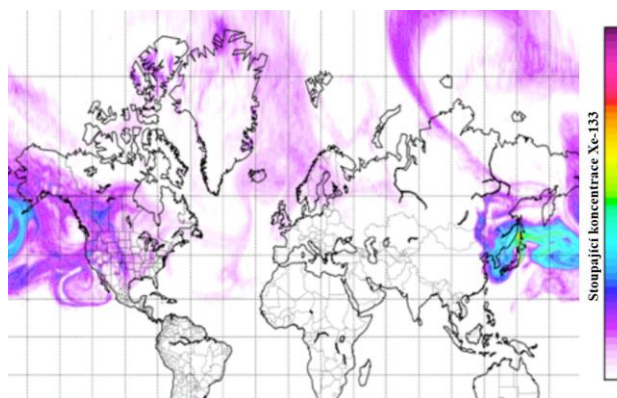


Obr. 4. Povrchová kontaminace radionuklidy Cs-134 a Cs-137 v Bq/m<sup>2</sup> (září 2011).

### 4 VLIV HAVÁRIE NA RADIOLOGICKOU SITUACI V EVROPĚ

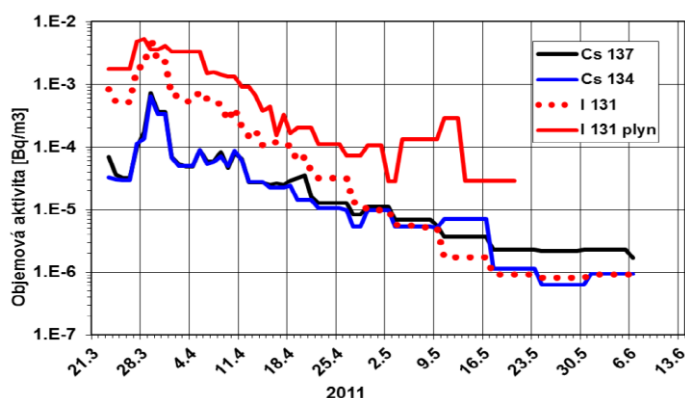
Část radioaktivních látek z reaktorů ve Fukušimě se dostaly do vzdušných mas, které je potom unášely ve stále zředěnější podobě směrem na východ. Později se tyto látky pohybovaly nad územím USA, Kanady a přes Atlantický oceán zasáhly i Evropu. Na příkladu pohybu Xe-133 (obr. 5) je ilustrován směr šíření radioaktivní

kontaminace, která byla v dubnu 2011 citlivými přístroji zaznamenána i v řadě evropských zemí.



Obr. 5. Ilustrace pohybu jednoho z radionuklidů pocházejícího z Fukušimy, který postihl také Evropu.

Vzhledem k tomu, že nepatrné (ale měřitelné) koncentrace radioaktivních látek pocházejících z havarovaného jaderného komplexu Fukušima se dostaly prakticky do všech míst na zeměkouli, byly tyto látky (včetně radionuklidů cesia a jódu) zaznamenány i našimi monitorovacími systémy. Odborníci předpokládali velmi omezené množství radioaktivních prvků v atmosféře i v ČR. Detekována byla stopová množství I-131 a Cs-137 odpovídající měrné aktivitě na úrovni kolem několika  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , což je až milion krát menší výskyt ve srovnání s Černobylem. Na základě podrobných analýz, které se opírají o spoustu experimentálních dat, se došlo k závěru, že průměrná celoživotní efektivní dávka související s kontaminací z Černobyli bude menší než 0,6 mSv. Porovnáme-li tuto hodnotu s přírodním pozadím v ČR, které je kolem 3-4 mSv za rok, potom ozáření v důsledku Černobyli představuje pouze zlomky procenta celkové efektivní dávky od přírodních zdrojů. V případě Fukušimy bude tento příspěvek ještě o nejméně pět řádů menší, což je opravdu triviální zátěž (řádově jednotky  $\mu\text{Sv}$  celoživotní radiační zátěže). Obdobná situace je i v sousedních zemích ČR, včetně Slovenska. Prováděná měření v ČR (obr. 6) i na Slovensku tuto předpověď plně potvrzují.



Obr. 6. Maximální objemové aktivity I-131, Cs-134 a Cs-137 naměřené SÚRO [5].

Rozsáhlá měření byla prováděna také na Slovensku, kde rovněž došli k závěrům, že dopad havárie ve Fukušimě je podstatně menší, než tomu bylo v případě

havárie v Černobyli. Koncentrace I-131 byly více než 10 000 krát nižší než jaké byly naměřeny na území Slovenska v r. 1986 [6].

## 5 ZÁVĚR

Havárie na jaderném komplexu ve Fukušimě v Japonsku byla druhá největší jaderná katastrofa v dějinách v oblasti získávání energie z jaderně energetických zařízení. Podobně jako Černobyl, i Fukušima vzbudila u odborníků, politiků i širší veřejnosti velkou pozornost. Informační média široce komentovala všechny podrobnosti této havárie, přičemž se někdy nekriticky stavěli do pozice těch, kteří již delší dobu cíleně vystupují a všemožně bojují proti mírovému využívání radiačních a jaderných technologií. Četná měření a analýzy však prokázaly, že tato havárie nemá ani zdaleka takový dopad na region střední Evropy, jaký měla černobylská katastrofa, jejíž důsledky v podobě průměrné celoživotní efektivní dávky, kterou obdrží obyvatelstvo, je pouze zlomek toho, co každý z nás dostane od přírodního radiačního pozadí.

## LITERATURA

- [1] *Z Fukušimy uniklo dvakrát víc radiace, než uvedly Japonci.* iDNES.CZ, [http://zpravy.idnes.cz/z-fukusimy-uniklo-dvakrat-vic-radiace-nez-japonci-uedli-pep-/zahranicni.aspx?c=A111027\\_224529\\_zahranicni\\_brm](http://zpravy.idnes.cz/z-fukusimy-uniklo-dvakrat-vic-radiace-nez-japonci-uedli-pep-/zahranicni.aspx?c=A111027_224529_zahranicni_brm) (26.4.2012).
- [2] *The International Nuclear and Radiological Event Scale (INES).* IAEA, Vienna, 2008. <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/ines.asp> (26.4.2013).
- [3] Wagner, V. *Co nám může říct Černobyl k Fukušimě?*. [http://ojs.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/fukusima/Cernobyl\\_2012.htm](http://ojs.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/fukusima/Cernobyl_2012.htm) (26.4.2013).
- [4] *NIT Combined Flight/Ground Measurements 30 March-3 April 2011*, Wikipedia. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:NIT\\_Combined\\_Flights\\_Ground\\_Measurements\\_30\\_Mar\\_03Apr2011\\_results.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:NIT_Combined_Flights_Ground_Measurements_30_Mar_03Apr2011_results.jpg) (26.4.2013).
- [5] *Zpráva o výsledcích činnosti SÚJB při výkonu státního dozoru nad jadernou bezpečností jaderných zařízení a radiační ochranou za rok 2011.* Státní ústav radiační ochrany, v.v.i., Praha, 2012.
- [6] *Expertí o radioaktivite na Slovensku.* Novinky.sk, <http://udalosti.noviny.sk/katastrofa-v-japonsku/24-03-2011/experti-o-radioaktivite-na-slovensku-mame-nosit-ruska-.html> (20.4.2013).

*Referát byl připraven za částečné podpory poskytnuté v rámci projektu OPVK CZ.1.07/2.3.00/35.0046 (Ochrana obyvatelstva) a CZ.1.07/2.2.00/28.0219 (Inovace).*

Článok recenzovali dvaja nezávislí recenzenti.