

# Ochrana osob před nebezpečnými radionuklidy obsaženými v radioaktivních odpadech

*Jaroslav Kočvara, Josef Rajdl, Jozef Sabol, Policejní akademie ČR v Praze, Praha, Česká republika*

## **Souhrn**

Referát je zaměřen na přehled současného stavu charakterizujícího ochranu osob, včetně pracovníků, pacientů a širší veřejnosti před nežádoucím ozářením v důsledku radioaktivních odpadů produkovaných v procesu využívání jaderných zařízení a aplikace radionuklidů v různých oblastech jejich využití, zejména v průmyslu, medicíně, a ve vědě a výzkumu. Vychází se přitom z požadavků příslušné legislativy, která v ČR důsledně vychází z platných směrnic EU týkajících se zajištění adekvátní bezpečnosti obyvatelstva a životního prostředí před nežádoucím ozářením a radioaktivní kontaminací. Jsou diskutovány charakteristické vlastnosti radioaktivních odpadů s ohledem na jejich potenciální zdravotní účinky na zasažené osoby. Důraz je přitom kladen na kvantifikaci rizika pomocí zavedených veličin a jednotek používaných v radiační ochraně, kde se však dosud vyskytují i určité nekonzistence v jejich adekvátních aplikacích, což někdy v praxi působí určité problémy.

**Klíčová slova:** *ochrana osob, radionuklid, ionizující záření, radioaktivní odpady, zdravotní účinky, kvantifikace ozáření.*

## **Protection of persons from hazardous radionuclides contained in radioactive waste**

*Jaroslav Kočvara, Josef Rajdl, Jozef Sabol, Police Academy of the CR, Prague, Czech Republic*

## **Abstract**

The paper is focused on an overview of the current state characterising the protection of persons, including workers, patients and the general public from undesirable radiation exposure caused by radioactive waste produced in the process of using nuclear facilities and the application of radionuclides in various areas of their use, especially in industry, medicine, science and research. This is based on the requirements of the relevant legislation, which in the Czech Republic is consistently aligned with the applicable EU directives on ensuring the adequate safety of the population and the environment against unwanted radiation and radioactive contamination. The characteristics of radioactive waste are discussed in relation to their potential health effects on affected persons. Emphasis is also placed on risk quantification using established units and quantities in radiation protection, where certain inconsistencies in their application persist and may cause problems in practice.

**Klíčová slova:** *nepovinná protection of persons, radionuclide, ionising radiation, radioactive waste, health effects, quantification of radiation.*

## **1. Úvod**

Všechny radionuklidy se vyznačují emisí ionizujícího záření (IZ), které zahrnuje zejména nabitě částice alfa a beta, záření gama a také neutrony. Toto záření interaguje s okolním prostředím, kde je jeho energie absorbována. V případě ozáření lidských orgánů nebo živé tkáně může dojít k jejich poškození, což se projeví prostřednictvím stochastických (pravděpodobnostních) nebo deterministických

účinků (tkáňových reakcí). K ozáření osoby může dojít jak zevně, tak i interně. V prvním případě IZ dopadá na povrch těla z radionuklidů, které se nacházejí v jeho okolí, zatímco ve druhém případě je záření emitováno radionuklidy, které se dostaly dovnitř organismu prostřednictvím inhalace kontaminovaného vzduchu nebo v důsledku ingesce kontaminovaných potravin a vody. K situaci, kdy jsou osoby ozářeny, může dojít vždy tam, kde se vyskytnou radionuklidy v jejich blízkosti nebo se tyto radionuklidy dostanou z vnějšku do těla.

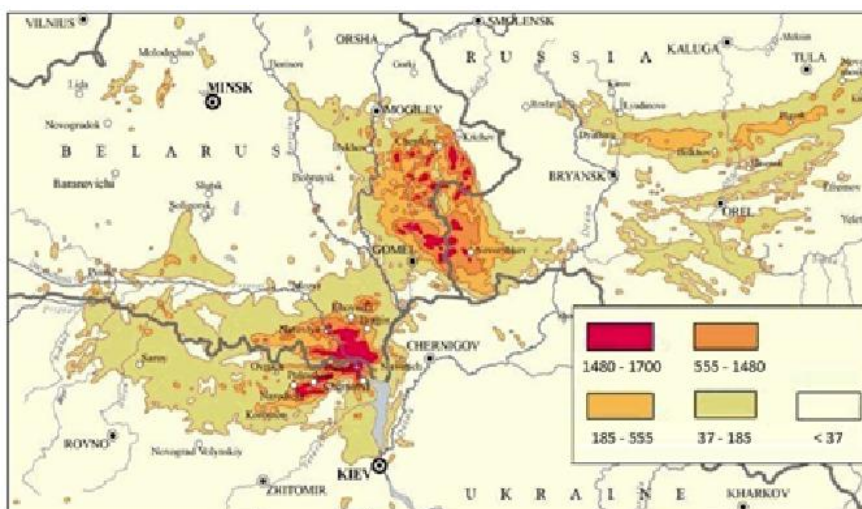
Je zřejmé, že nebezpečí vnějšího ozáření souvisí s jeho pronikavou schopností, což je vlastnost zejména záření gama a neutronů a do určité míry také energetických částic beta. Přitom těžké nabitě částice, zejména částice alfa, jsou plně absorbovány mimo tělo nebo v povrchové necitlivé vrstvě kůže, takže nezpůsobují prakticky žádnou zdravotní újmu. Jinak je tomu v případě, že takové záření je emitováno radionuklidem, který se dostane dovnitř organismu, kde se jeho veškerá energie potom podílí na poškození ozářených tkání a orgánů.

Obecně zdrojem IZ mohou být radionuklidy pocházející z různých zdrojů, které kromě přírodního pozadí souvisí rovněž s aplikacemi radiálních a jaderných technologií v nejrůznějších oblastech včetně průmyslu, medicíny, výzkumu a také z radioaktivních odpadů.

## 2. Hodnocení radiční bezpečnosti a zajištění adekvátní ochrany obyvatel

Jaderné elektrárny jsou navrženy s přísnými bezpečnostními opatřeními, aby se zabránilo nehodám a radioaktivním únikům. Nicméně i zde došlo k několika velkým nehodám, jako Černobyl, v r. 1986 [1-3] a Fukušima Daiiči, v roce 2011 [4,5], které vyvolaly uvnitř těchto elektráren zvýšenou úroveň uvolněných radioaktivních látek. Tím došlo k nadměrnému ozáření řady pracovníků uvnitř těchto zařízení. Rovněž to vedlo k významně zvýšené radioaktivní kontaminaci vzduchu a okolního prostředí. Prostřednictvím pohybu radioaktivních látek ve vzduchu se radioaktivita dostala i do značných vzdáleností a bylo ji možné detekovat v podstatě kdekoli na zemské kouli. To bylo především tím, že existují vysoce citlivé detektory a monitory, které jsou schopny detekovat radiční úroveň na úrovni přírodního pozadí. To platí také o měření přítomnosti radionuklidů, které pocházejí z havarovaných jaderných zdrojů. Dopad těchto nehod na obyvatele ve vzdálenějších místech byl na úrovni stochastických účinků, které mohou vyvolat určitý nepatrný nárůst výskytu onemocnění, zejména rakoviny. Pro zmírnění rizik nehod a dopadů běžného provozu na životní prostředí je nezbytné nadále se zaměřovat na jadernou bezpečnost, přísný regulační dohled a dále zdokonalovat opatření pro nouzové situace.

Ilustrace šíření uvolněných radionuklidů v důsledku jaderné havárie v Černobylu je na Obr. 1, kde je znázorněna úroveň povrchové radioaktivní kontaminace Cs-137 v širším okolí Černobylu (uvedené úrovně jsou v jednotkách  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ ).



Obr. 1 Depozice Cs-137 uvolněného z Černobylu (na základě [6]).

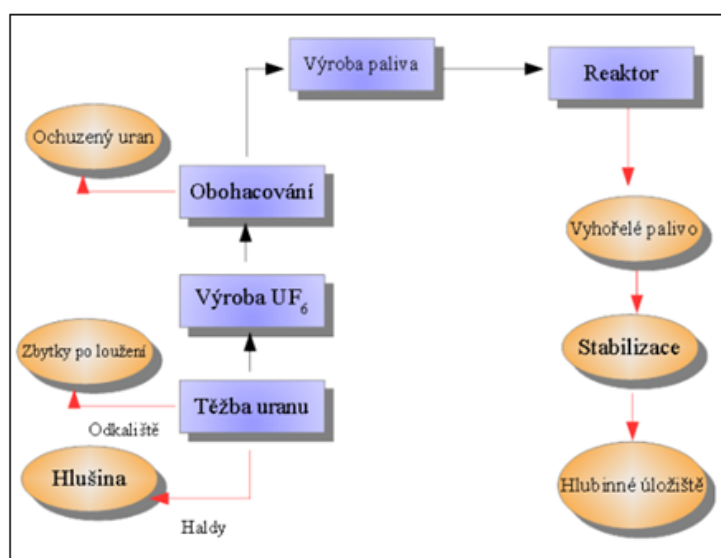
Podobným způsobem je možné popsat i šíření i radioaktivní látky do okolí i po nehodě nebo teroristickém útoku na uložistiště vysoce aktivních radionuklidů. To je důležité pro zacházení s radioaktivními odpady, a to nejenom v jaderné energetice, ale všude tam, kde se skladují nebo likvidují radioaktivní látky, které již nemohou sloužit svému původnímu účelu. Práce s radioaktivními odpady, jakož i jejich možné šíření do okolního prostředí, může vést k nežádoucímu ozáření jak samotných pracovníků, tak i dalších osob.

Pokud jde o celkové hodnocení dopadů na zdraví obyvatel vyvolaných některou z komponent kategorie CBRN (chemické, biologické, radiologické a nukleární), tak lze jednoznačně říct, že kvantifikace a závažnost agens R a N jsou nejvíce prozkoumány, a to včetně hodnocení jak stochastických, tak i deterministických zdravotních účinků. Toto lze vztáhnout i na různé odpady obsahující jiné toxické látky, než jsou přítomny v radioaktivních odpadech, ovšem v případě látek C a B je situace o hodně složitější.

Toxicita radioaktivních látek se liší od běžné chemické toxicity tím, že škodlivý účinek není způsoben pouze chemickou povahou látky, ale především ionizujícím zářením, které se uvolňuje při samovolné přeměně nestabilních jader. Toto záření poškozuje živé tkáně na buněčné úrovni, což může vést k akutním zdravotním následkům nebo dlouhodobým mutacím.

Hodnocení toxicity radioaktivních látek a jejich vlivu na zdraví obyvatel se někdy značně zveličuje a nadhodnocuje. Je to patrné zejména v souvislosti s poškozením zdraví zasažených osob vyvolaným uvolněnými radioaktivními látkami během havárie v Černobylu a některými mnohem závažnějšími nehodami v jiných oblastech. Při této příležitosti lze uvést např. katastrofální důsledky havárie v Bhópálu (Indie) [7], při které zahynulo nejméně 20 tis. lidí [8]. Navíc, odhaduje se, že více než 570 tis. lidí bylo zasaženo nebezpečnými plyny, které mají dlouhodobé chronické zdravotní důsledky. Havárie postihla nejenom statisíce obyvatel, ale také způsobila dlouhodobé ekologické škody [8]. Na rozdíl od Černobylu se této havárii nevěnovala ani zdaleka taková publicita a pozornost, včetně obrovských nákladů na další zkvalitnění jaderných zařízení a zlepšení ochrany obyvatel, jak tomu bylo v případě Černobylu. Bezprostředně po této nehodě v důsledku vysokých dávek zemřelo na 30 pracovníků, dalších 20-25 zemřelo během několika měsíců po havárii. Předpokládá se, že mezi záchranáři a okolním obyvatelstvem se celkem vyskytne v důsledku onemocnění rakovinou asi 4 000 úmrtí. To však je jenom malý zlomek toho, k čemuž běžně dochází v širší populaci. Tam je výskyt rakoviny běžně na úrovni kolem 20–25%. V médiích se však stále ještě vyskytují přehnané zprávy o tom, že obětí je přes 100 tis.

V ČR se věnuje velká pozornost radioaktivním odpadům zejména pokud jde o jejich produkci během jaderného palivového cyklu, který zahrnuje řadu stupňů spojených jak s výrobou paliva, tak i se zajištěním bezpečnosti a nakládáním s vyhořelým jaderným palivem (Obr. 2). U nás je v současné době zaveden otevřený palivový cyklus, kde se po vyjmutí paliva z reaktoru nepočítá s jeho dalším přepracováním, ale s následným přemístěním do hlubinného uložistiště.



**Obr. 2** Jednotlivé fáze otevřeného palivového cyklu (na základě [9,10]).

Provoz jaderných elektráren je pod přísným dohledem i pokud jde o nakládání s vyhořelým palivem, které se obvykle skladuje několik let přímo v reaktorové hale a potom se přemístí do dostatečně zajištěného skladu vyhořelého paliva. Kromě toho nízké- a středně- aktivní radioaktivní odpad, produkovaný mimo jaderný cyklus, se v ČR uskládá metodou sud v sudu ve speciálních úložištích. V provozu jsou celkem čtyři taková úložiště. Richard, Bratrství, Dukovany a Hostim. V současné době probíhá výběr lokalit pro výstavbu hlubinného úložiště.

### 3. Kategorizace radioaktivních odpadů

Radioaktivní odpady se obecně kategorizují především podle aktivity a poločasu přeměny radionuklidů. Třídění probíhá podle fyzikálních/chemických vlastností a způsobu dalšího nakládání (zpracování, ukládání do úložišť). Základní skupiny těchto odpadů zahrnují následující skupiny:

- **Přechodné radioaktivní odpady:** Obsahují radionuklidy s krátkým poločasem přeměny. Skladují se, dokud jejich aktivita neklesne na úroveň okolního prostředí (cca do 5 let), poté se s nimi nakládá jako s běžným odpadem.
- **Nízkoaktivní odpady (NAO):** Obsahují malé množství radionuklidů. Ukládají se do povrchových úložišť (v ČR např. SÚRAO).
- **Středněaktivní odpady (SAO):** Vyšší aktivita, než odpovídá aktivitě NAO nevyžaduje však chlazení. Ukládají se také do povrchových nebo přípovrchových úložišť.
- **Vysokoaktivní odpady (VAO):** Vysoce radioaktivní materiály, které uvolňují značné teplo. Vyžadují intenzivní chlazení a stínění, ukládají se do hlubinných úložišť.

Z hlediska původu se odpady dělí na:

- **Energetické:** Vznikají při výrobě elektřiny v jaderných elektrárnách (vyhořelé palivo, ochranné pomůcky).
- **Institucionální:** Vznikají v nemocnicích, průmyslu nebo laboratořích (uzavřené i otevřené záříče).

Nakládání s odpady podléhá přísným předpisům Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Odpady musí být tříděny, evidovány a označeny znakem radiačního nebezpečí. V návaznosti na novelu tzv. Atomového zákona (zákon č. 83/2025 Sb.) pokračují práce na aktualizacích a úpravách jeho prováděcích právních předpisů. Novela atomového zákona nabyla účinnosti dne 1. července 2025. Novela vyhlášky reaguje na poznatky a zkušenosti z minulých let v oblasti nakládání s radioaktivními odpady a vyřazování z provozu jaderných zařízení. Jejím cílem je zohlednění relevantních požadavků mezinárodních dokumentů, odstranění některých nepřesností a úprava několika málo oblastí, ve kterých byla praxí identifikována potřeba změny. Nově jsou stanoveny obsahové náležitosti programu charakterizace radioaktivního odpadu, tj. dokumentu, jehož vypracování současně platná vyhláška požadovala, nestanovovala však žádné další podrobnosti jeho obsahu [11].

Vyhláška č. 377/2016 Sb. stanovuje podrobné požadavky na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem (RAO) a vyřazování jaderných zařízení či pracovišť III./IV. kategorie z provozu. Upřesňuje také třídění, evidenci, úpravu, skladování a uložení RAO, stejně jako etapy vyřazování a nutnost zajištění ochranných bariér proti úniku radioaktivních látek.

Klíčové oblasti této vyhlášky zahrnují:

- 1) **Nakládání s RAO:** Zahrnuje postupy pro vznik, třídění, zpevnování a uložení radioaktivního odpadu, přičemž ukládat lze pouze splněné podmínky přijatelnosti.
- 2) **Vyřazování z provozu:** Povinnost mít zpracovaný plán pro postupné vyřazování, udržovat kontrolu nad systémy a komponenty a provádět dekontaminační práce.
- 3) **Dokumentace a kontrola:** Vyžaduje se detailní evidence, 3D modely pracovišť a záznamy o radiační situaci.

#### 4. Kvantifikace ozáření v souvislosti s radioaktivními odpady

Ochrana osob před ozářením v důsledku radionuklidů přítomných v radioaktivních odpadech má několik rovin a řídí se standardy, které jsou obsaženy ve vyhláškách regulačního orgánu, kterým je v České republice SÚJB. Tyto vyhlášky jsou kompatibilní s doporučeními Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE) a důsledně se řídí příslušnými směrnicemi EU, které jsou pro členské země závazné. Zde je potřeba rozlišovat mezi požadavky na ochranu osob, které se řídí různými kritérii, pokud jde o ochranu pracovníků a osob zahrnující širší populaci. Součástí těchto standardů jsou i požadavky na ochranu životního prostředí a odpovídající zajištění zdrojů IZ.

Ochrana osob před IZ emitovaným radionuklidy, včetně těch obsažených v radioaktivních odpadech, musí zahrnovat dvě hlavní oblasti:

1) Ochrana za normálních podmínek, kdy vše probíhá v souladu s příslušnými předpisy a kde může dojít pouze k ozáření maximálně na úrovni stochastických biologických účinků. Tyto mezní hodnoty (limity) jsou pro obyvatelstvo na úrovni 1 mSv (jednotka mSv přísluší veličině efektivní dávka vztahující se k celkovému externímu a vnitřnímu ozáření osob). Přitom 1 Sv (sievert) odpovídá ozáření dávkou 1 Gy (gray), která je vážena váhovým faktorem převádějícím fyzikální veličinu Gy na veličinu odrážející biologické účinky.

2) Ochrana za mimořádných okolností souvisejících s haváriemi nebo teroristickými útoky, kde se očekává intenzivní ozáření, které vede k deterministickým účinkům, kde se míra ozáření kvantifikuje pomocí jednotek Gy-Eq (gray ekvivalent). Zde se rovněž vychází z dávky v jednotkách Gy, ale používá se jiný váhový faktor, který zohledňuje míru deterministických účinků.

V obou případech souvisí ozáření v důsledku radionuklidů s jejich aktivitou, která se udává v jednotkách Bq (becquerel), přičemž 1 Bq odpovídá jedné radioaktivní přeměně za sekundu. Přitom aktivita, resp. měrná aktivita se vztahuje jak ke vnějším radionuklidům, tak i k aktivitě, která se dostala do organismu v důsledku inhalace nebo ingesce.

Za normálních podmínek by hodnoty ozáření neměly překročit u pracovníků a obyvatelstva mezní hodnoty uvedené v Tab. 1 [12]. Je třeba přitom zdůraznit, že se jedná o maximálně „dovolené“ úrovně ozáření, které by se neměly překročit. Naopak, vše by se mělo dělat proto, aby ozáření bylo, pokud možno, vždy co nejnižší pod touto hranicí.

**Tab. 1 Limitní hodnoty ozáření pracovníků a populace.**

Veličina	Orgán	Dávkový limit pro ozáření	
		Pracovníci	Populace
Efektivní dávka, E	Celé tělo	20 mSv/r průměr za pět po sobě jdoucích let, maximálně 50 mSv/r ve kterémkoli roce	1 mSv/r
Ekvivalentní dávka, H <sub>T</sub>	Oční čočka	20 mSv/r, zprůměrovaná za pět let, přičemž v žádném jednotlivém roce H <sub>T</sub> nepřevyší hodnotu 50 mSv	15 mSv/r
Ekvivalentní dávka, H <sub>T</sub>	Kůže	500 mSv/r (průměrná hodnota na 1 cm <sup>2</sup> nejvíce ozářeného místa)	50 mSv/r
Ekvivalentní dávka, H <sub>T</sub>	Končetiny (ruce a nohy)	500 mSv/r	-

Na druhé straně, pokud dojde k mimořádné situaci, kdy uvedené limitní hodnoty mohou být několikanásobně překročeny, měla by se realizovat veškerá možná opatření, aby toto ozáření se co nejvíce minimalizovalo. Někdy nastává problém ve kvantifikaci takových vysokých hodnot ozáření, protože se často stává, že se tyto úrovně ozáření uvádějí v jednotkách Sv nebo Gy namísto Gy-Eq. Tato nesrovnalost se však navíc přenáší i do uvádění výsledků měření, kde se často používají dosimetry a monitory, které poskytují výsledky měření v jednotkách Sv nebo Gy. Přitom je zjevné, že jednotka Sv je určena pouze ke kvantifikaci stochastických účinků a neměla by se používat pro ozáření, kde již dochází k deterministickým účinkům. To platí i pro monitorování ozáření v případech radioaktivních odpadů, kde může rovněž dojít k ozáření na vyšší úrovni.

## 5. Závěr

Ochrana osob před radioaktivními odpady a jejich monitorování tvoří v ČR komplexní systém regulovaný státem, prostřednictvím zejména SÚJB, jehož cílem je zabránit nežádoucím účinkům ionizujícího záření na zdraví lidí a životní prostředí. Tento systém zahrnuje bezpečné nakládání s odpady, jejich ukládání a kontinuální měření úrovně radiace. Ochrana se zde opírá o implementaci bezpečnostních principů radiační ochrany zahrnující tři hlavní pilíře: zdůvodnění, optimalizaci a limitování.

K dosažení sledovaných cílů radiační ochrany v tomto specifickém případě je nutné, aby radioaktivní odpady byly před uložením upraveny tak, aby byla zajištěna jejich bezpečná manipulace, přeprava a uložení. Důležité je přitom i jejich označení a evidence. Radioaktivní odpady se musí ukládat do bezpečných povrchových, přípovrchových nebo hlubinných úložišť, která spravuje Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO).

Důležitou součástí ochrany před radioaktivními odpady je také nutnost, aby pracovníci s těmito odpady používali ochranné prostředky a dodržovali stanovené úrovně ozáření. Příslušná pracoviště by měla být rozdělena do kontrolovaných pásem. Ochrana se týká i veřejnosti, kde musí být zajištěny podmínky pro účinná opatření zejména v případě mimořádné události, kdy lze využívat ukrytí v uzavřených, zděných prostorách (ideálně sklepy) bez oken, které poskytují stínění.

Neméně významným opatřením je i zajištění odpovídajícího monitorování, které slouží k ověření, že hodnoty záření nepřekračují povolené limity (tzv. monitorovací úrovně – záznamová, vyšetřovací, zásahová). Z tohoto hlediska se pozornost musí soustředit na monitoring na pracovištích, kde se provádí stálé měření úrovně záření, monitorování kontaminace povrchů (velkoplošné monitory) a vzduchu.

V ochraně osob důležitou roli hraje jejich monitorování pomocí osobních dozimetrů a monitorů. V případě podezření na vnitřní kontaminaci se provádí měření vzorků (např. moči). Kromě osobního monitorování je potřeba zajistit i monitorování okolí, což slouží ke sledování vlivu úložišť a jaderných zařízení na životní prostředí (vzorky vody, půdy, vzduchu, potravních řetězců). Toto monitorování musí zahrnovat i měření radioaktivního zamoření a kontaminace v důsledku případného úniku radioaktivních látek do okolního prostředí.

**Poděkování:** *Referát vznikl v průběhu práce na projektu CHIMERA řešeném na PA ČR v Praze v rámci programu EU Horizon. Autoři za tuto podporu vyjadřují své poděkování.*

## Literatura

[1] Chernobyl disaster. Wikipedia, 2026. Online (20.3.2026): [https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl\\_disaster](https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_disaster).

[2] Moreira, E.M., Rodrigues, C.G., The Chernobyl accident: causes, consequences, and lessons learned – an analytical Review. Studies in Multidisciplinary Review, vol. 7, no. 1, 2026. Online (20.3.2026): <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/smr/article/view/23041>.

[3] Rosina, J., Sabol, J. et al., The Czech Republic and the Chernobyl accident – 25 years later. J. Medical and Biological Problems, 2011, no. 1(5), pp. 55-62. Radiological Institute, Minsk (Belarus). ISSN 2074-2088.

[4] Fukushima Daichi nuclear power station accident, UN Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, 2022. Online (20.3.2026): <https://www.unscear.org/unscear/en/areas-of-work/fukushima.html>.

[5] Sabol, J., Ten years of the Fukushima nuclear accident: Global impact of a lesson learnt. RAD 9 Conference, Herceg Novi, June 14-18, 2021. RAD Conf. Proc., 2021, vol. 5, pp. 1-4.

[6] Rusko sníží velikost zamořené zóny, která vznikla v důsledku Černobylu. Chernobyl Zone, 2012. Online (21.3.2026): <https://chernobylzone.cz/rusko-snizi-velikost-zamorene-zony-ktera-vznikla-v-dusledku-cernobylu/>. Online (20.3.2026):

[7] Bhópalská katastrofa. Wikipedie, 2025. Online (20.3.2026): [https://cs.wikipedia.org/wiki/Bh%C3%B3p%C3%A1lsk%C3%A1\\_katastrofa](https://cs.wikipedia.org/wiki/Bh%C3%B3p%C3%A1lsk%C3%A1_katastrofa).

[8] Bhopal: A lingering legacy of contamination and injustice. UNs Human Right Office, 2024. Online (20.3.2026): <https://www.ohchr.org/en/press-releases/2024/12/bhopal-lingering-legacy-contamination-and-injustice>.

[9] Hore-Lacy, I., Nuclear energy in the 21st century. World Nuclear University Press, London, 2006. ISBN 978-008-0497-532.

[10] Poláčková, T., Radioaktivita, radioaktivní odpad a jeho rizika. Bc práce, ČZU v Praze, 2018. Online (20.3.2026): <https://theses.cz/id/rcv5xz/25099019>.

[11] Novelizace vyhlášky č. 377/2016 Sb. o požadavcích na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a o vyřazování z provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie uveřejněna ve Sbírce zákonů. SÚJB, Praha, 2025. Online (20.3.2026): <https://sujb.gov.cz/aktualne/detail/novelizace-vyhlasky-o-pozadavcich-na-bezpecne-nakladani-s-radioaktivnim-odpadem-a-o-vyrazovani-z-provozu-jaderneho-zarizeni-nebo-pracoviste-iii-nebo-iv-kategorie-uverejnjena-ve-sbirce-zakonu>.

[12] Sabol, J., Basic radiation protection for the safe use of radiation and nuclear technologies. Chapter in: Radiation therapy, T. J. FitzGerald (editor). IntechOpen, London, 2022. ISBN 978-1-80355-933-9.