

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci se zdroji ionizujícího záření

Přírodovědecká fakulta JČU – 19. listopadu 2015



Ionizující záření a jeho účinky na člověka

Přirozené ozáření – člověk je vystaven radiaci pocházející z radionuklidů obsažených v zemské kůře (zejména ^{40}K , thoriová řada, uranová řada, ...) a kosmickému záření.

Druhy ionizujícího záření – β , γ , α , neutrony, protony, těžké ionty, ...

Ionizující záření a jeho účinky na člověka

Biologické účinky ionizujícího záření:

- *Akutní* (deterministické) – při ozáření 1000-krát převyšujícím roční přirozené ozáření: otrava organismu toxickými produkty rozpadu zasažených buněk (radikály), nenádorová poškození tkáně, poškození plodu,
- *Stochastické* – náhodné mutace jednotlivých buněk. Se stoupající dávkou ozáření neroste závažnost poškození, ale pravděpodobnost výskytu. Prahovost/bezprahovost (?) stochastických účinků ozáření je předmětem diskuzí.

Při používání zdrojů ionizujícího záření je třeba zvažovat zdravotní rizika, a proto jsou vymezeny zákonné normy.

Základní zákonné normy

<http://www.mvcr.cz/> , <http://www.sujb.cz/>

- Zákon č. 18/1997 Sb., **Atomový zákon** (Zákon),
- Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) č. 307/2002 Sb. **o radiační ochraně** (Vyhláška) ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.
- Vyhláška SÚJB č. 132/2008 Sb. **o systému jakosti**.

Další předpisy:

- **Povolení pro nakládání se zdroji ionizujícího záření** (Povolení), které vydává SÚJB.
- Dokumentace k Povolení schvalovaná SÚJB: Program zabezpečení jakosti, Vyhlášení kontrolovaného pásma, Program monitorování, Vnitřní havarijný plán, Zásahové instrukce.
- Vnitřní předpisy pracoviště – Vyhlášení sledovaného pásma, Provozní pokyny.

Zdroje ionizujícího záření (ZIZ)

Radionuklidové zářiče (RZ), zařízení obsahující nebo produkující RZ, rentgeny, ... , ale i zařízení, při jejichž provozu vzniká ionizující záření o energii nad 5 keV (výjimka: monitory PC, pokud splňují předepsané podmínky na stínění).

Klasifikace RZ – součást obecné klasifikace ZIZ

- podle druhu a množství radionuklidů:
 - *nevýznamné* (nevzniká radiační nehoda, nejsou produkovány radioaktivní odpady),
 - *drobné* (nevzniká radiační nehoda, mohou být produkovány radioaktivní odpady),
 - *jednoduché* (existuje riziko radiační nehody, avšak bez akutních účinků na zdraví),
 - *významné*,
 -
- podle stupně zapouzdření: *uzavřené* (URZ), *otevřené* (ORZ).

Zdroje ionizujícího záření (ZIZ)

Kvantitativní kritéria pro klasifikaci RZ – podle druhu a množství radionuklidů:

Zprošťovací úrovně aktivit (A_z) a hmotnostních aktivit (α_z) – pro většinu radionuklidů jsou tabelovány v příloze 1 Vyhlášky.

$$\text{Drobné ORZ : } 1 < \sum_i A(i)/A_z(i) < 10 \text{ nebo } 1 < \sum_i \alpha(i)/\alpha_z(i) < 10$$

$$\text{Drobné URZ, které nejsou zářiči } \alpha : 10 < \sum_i A(i)/A_z(i) < 1000 \\ \text{ nebo } 10 < \sum_i \alpha(i)/\alpha_z(i) < 1000$$

Zprošťovací úrovně	^{22}Na	^{54}Mn	^{57}Co	^{60}Co
A_z [Bq]	10^6	10^6	10^6	10^5
α_z [Bq/kg]	10	10	10^2	10

Současný stav na PřF JČU: jsou používány pouze nevýznamné, drobné a jednoduché RZ.

Terminologie Zákona/Vyhlášky

Radiační ochrana – systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření osob a životního prostředí, je prioritní při výkonu činností vedoucích k ozáření. Jeho konkrétní implementací je **Program zabezpečení jakosti**.

Radiační nehoda – událost, která má za následek z hlediska zákona nepřípustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření anebo nepřípustné ozáření osob. Postupy při likvidaci radiační nehody upravují **Vnitřní havarijný plán** a **Zásahové instrukce**.

Terminologie Zákona/Vyhlášky

Radioaktivní odpad – látky, předměty nevyužitelné jejich vlastníkem, jejichž obsah radionuklidů nebo povrchová kontaminace překračuje limity stanovené Vyhláškou pro uvádění radionuklidů do životního prostředí, tzv. *uvolňovací úrovně*.

Skladování × ukládání radioaktivního odpadu: dočasné × trvalé (může být prováděno pouze oprávněnou osobou).

Současný stav na PřF JČU – při činnostech v rámci Povolení nevznikají radioaktivní odpady.

Terminologie Zákona/Vyhlášky

Uzavřený radionuklidový zářič (URZ) – zapouzdření/ochranný překryv zabezpečující zkouškami ověřenou těsnost a vylučují únik radionuklidů za předvídatelných okolností použití a opotřebování (URZ musí mít Osvědčení vydané oprávněnou osobou a obsahující doporučenou dobu užívání a periodicitu zkoušek těsnosti).

Otevřený radionuklidový zářič (ORZ) – RZ, který není URZ.

Zevní / vnitřní ozáření – ozáření osoby z vnějších ZIZ /radionuklidů vyskytujících se v jejím těle.

Osobní dávky – veličiny charakterizující míru vnitřního i vnějšího ozáření jednotlivých osob.

Monitorování – cílené měření veličin charakterizujících ozáření, pole záření, radionuklidy a hodnocení těchto veličin z hlediska radi-ační ochrany.

Pracovní místo – stůl, box, digestoř, ...

Terminologie Zákona/Vyhlášky

Veličiny radiační ochrany:

Absorbovaná dávka D_{TR} záření R v tkáni T – energie absorbovaná v jednotce hmotnosti, jednotka $1 \text{ Gy} \equiv 1 \text{ J} / 1 \text{ kg}$.

Ekvivalentní dávka H_{TR} – absorbovaná dávka v určitém místě tkáně $\times$ jakostní činitel Q (biologický účinek záření R , $Q=1$ pro fotony a elektrony), jednotka $1 \text{ Sv} \equiv Q \times 1 \text{ Gy}$.

Osobní dávkový ekvivalent $H_p(d)$ – dávkový ekvivalent v měkké tkáni v hloubce d pod povrchem těla.

Úvazek ekvivalentní dávky – časový integrál dávkového ekvivalentu od požití (vdechnutí) po dobu 50 let nebo do 70 let věku.

Ekvivalentní dávka $H_T = \sum w_R D_{TR}$

Efektivní dávka $E = \sum w_T H_T$

Terminologie Zákona/Vyhlášky

Limity ozáření:

Obecné – součet efektivních dávek zevního a úvazků ekvivalentních dávek vnitřního ozáření $< 1 \text{ mSv / rok}$.

Radiační pracovníci – součet efektivních dávek zevního a úvazků efektivních dávek vnitřního ozáření $< 50 \text{ mSv / rok}$ a současně $< 100 \text{ mSv}$ za pět po sobě následujících let.

Studenti nad 18 let věku – stejné limity jako radiační pracovníci.

Odvozené limity – pomocné kvantitativní ukazatele:

Zevní ozáření – $H_p(0,07\text{mm}) < 500 \text{ mSv / rok}$,
 $H_p(10\text{mm}) < 20 \text{ mSv / rok}$.

Vnitřní ozáření – konverzní faktory h (zvláště pro vdechnutí a požití) pro jednotlivé radionuklidy (tabelováno ve Vyhlášce), $h \times \text{přijatá aktivita} < 20 \text{ mSv/rok}$.

Typické hodnoty ozáření

- Letadlo ve výšce 10 km – 1 až 10 $\mu\text{Sv/hod.}$
- Byt – 1.5 mSv/rok.
- Personál u rentgen. přístroje 2 mSv/rok.

- Smrtelná dávka – 7000 mSv.
- Závažné akutní zdravotní poškození – 4000 mSv.
- Civilizační zdroje na obyvatelstvo – 1 mSv/rok.
- Přírodní ozáření – 0.4 až 4 mSv/rok.
- 'Přijatelné' ozáření obyvatel – 5 mSv/rok.

Terminologie Zákona/Vyhlášky

Držitel povolení – PřF JČU, statutární zástupce (>21 let, bezúhonnost, odborná způsobilost statut. orgánu).

Povinnosti držitele Povolení z hlediska zajištění radiační ochrany a prevence a likvidace radiačních nehod:

- zajistit materiální a organizační zabezpečení podmínek stanovených v Povolení,
- zajistit dodržovat tyto podmínky,
- vést a udržovat dokumentaci související s činnostmi obsaženými v Povolení.

Terminologie Zákona/Vyhlášky

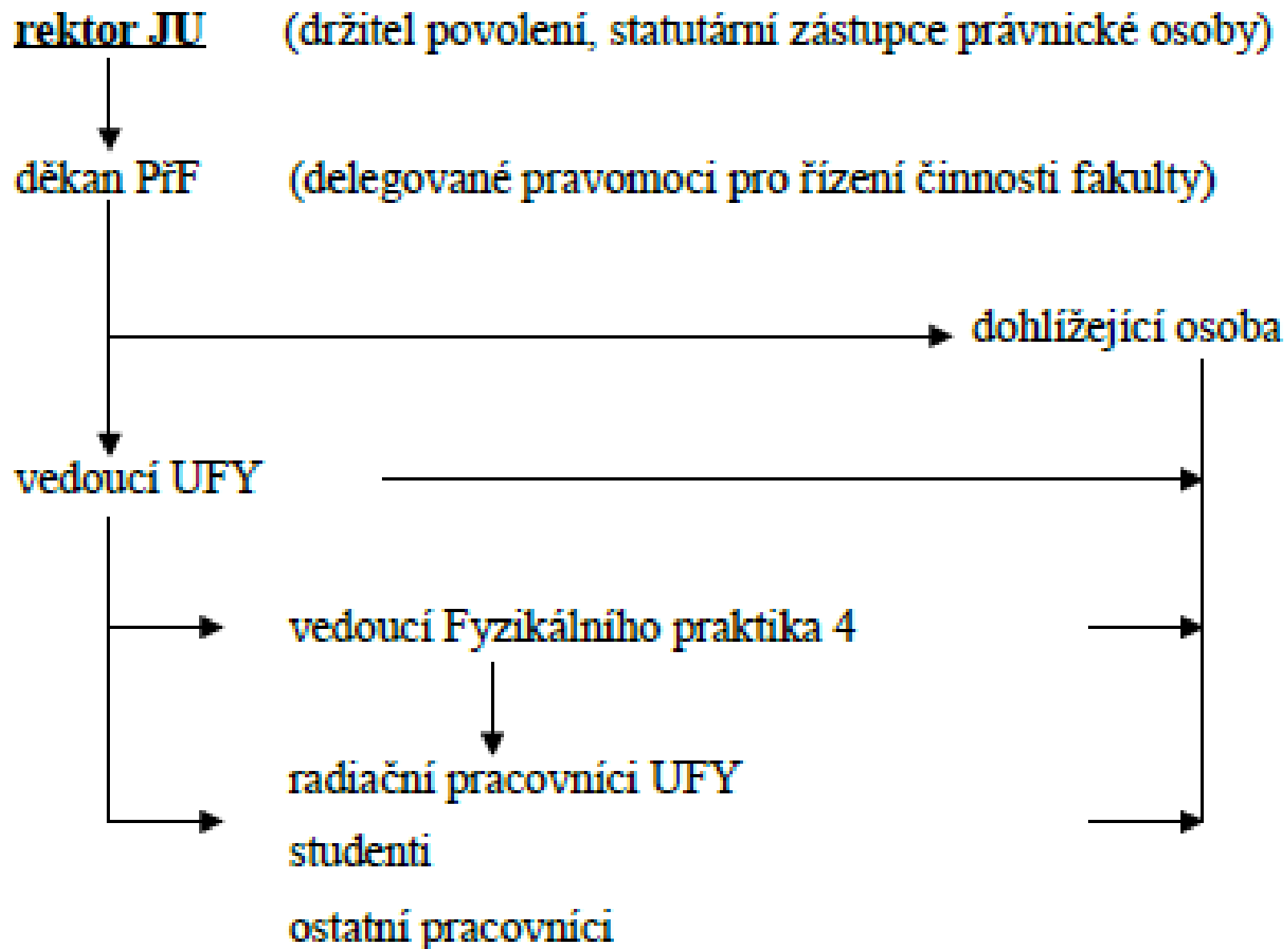
Držitel povolení – PřF JČU, statutární zástupce – děkan PřF (>21 let, bezúhonnost, odborná způsobilost statut. orgánu).

Nakládání se ZIZ na :

- nákup RZ,
- provozování aparatur obsahujících radionuklidy,
- skladování RZ.

Jde o vědomé využívání ZIZ – nakládání se ZIZ.

Organizační schéma zajištění radiační ochrany na PřF JČU



Kategorie radiačních pracovníků:

Pracovníci kategorie A – lze u nich očekávat překročení efektivní dávky 6 mSv/rok, povinné lékařské prohlídky, osobní monitorování (právo na informování o obdržených dávkách nejméně jednou ročně), pravidelné poučování a ověřování způsobilosti, pracují v prostředí ZIZ dobrovolně.

Pracovníci kategorie B – ostatní radiační pracovníci, poučování a ověřování způsobilosti, dobrovolnost práce v prostředí ZIZ, nemanipulují bezprostředně s RZ.

Lékařský dohled:

Vstupní, periodické (alespoň 1×ročně), mimořádné, výstupní prohlídky.

Kategorizace pracoviště KFNT:

Sledované pásmo – lze očekávat překročení obecných limitů, provádí se pouze monitorování pracoviště.

Kontrolované pásmo – lze očekávat překročení 0,3 limitu pro radiační pracovníky (6 mSv/rok), právo vstupu mají pouze osoby poučené a vybavené ochrannými pomůckami, k výkonu práce pouze pracovníci kategorie A, provádí se osobní monitorování dávek, zákaz vstupu těhotných žen.

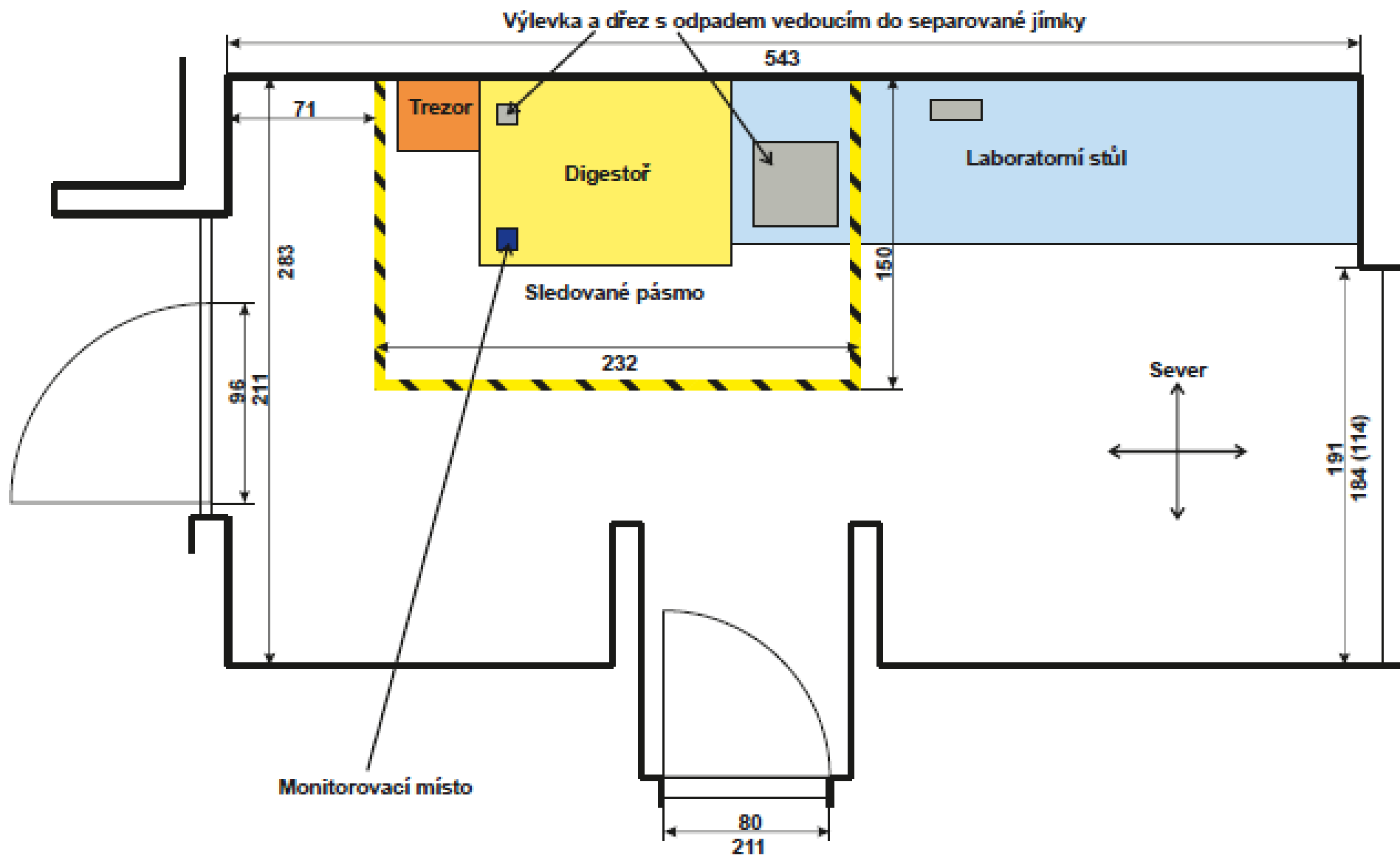
Kategorie sledovaného a kontrolovaného pásma: I – IV vzestupně podle stupně rizika (Vyhláška určuje max. aktivity s ohledem na vybavenost a charakter práce pro jednotlivé kategorie pracovišť).

Současný stav na PřF JČU:

Sledované pásmo I. kategorie – místnost 02 019, budova C.

Vymezení sledovaného pásma na PřF JČU

Vymezení sledovaného pásma v místnosti 02 019, Budova C,
Branišovská 1760, 370 05 České Budějovice



Nákup RZ:

- pouze prostřednictvím prodejce s licencí pro ČR,
- pouze radionuklidy na něž je jmenovitě vydáno Povolení.

Potřebné doklady ukládané u dohlízejícího pracovníka nebo vedoucího laboratoře (oddělení):

- osvědčení URZ platné v ČR,
- průvodní list ORZ.

Jednoznačné označování jednotlivých záříčů.

Monitorování pracoviště a osob – provádí se podle **Programu monitorování**, (PM) který je součástí dokumentace k Povolení.

- periodičita monitorování,
- referenční úrovně,
- vedení záznamů.

Za monitorování pracovišť zodpovídá vedoucí laboratoře, který pověřuje plněním PM některého pracovníka.

Monitorování se provádí stanovenými měřidly povrchové kontaminace a dávkového příkonu.

Na pracovišti musí být alespoň jedno měřidlo pravidelně ověřované autorizovanou institucí (ČMI) s periodicitou 2 roky, ostatní měřidla se kalibrují podle tohoto měřidla na pracovišti.

Radiační nehoda a likvidace jejích následků – vodítkem jsou Provozní pokyny, **Vnitřní havarijný plán** (VHP) a Zásahové instrukce (ZI) – kopie VHP a ZI uloženy v laboratoři.

V případě vzniku radiační nehody:

- Neprodleně informovat vedoucího oddělení/laboratoře, který s dohlízejícím pracovníkem stanoví a řídí další postup.
- Došlo-li ke kontaminaci osob, provést jejich dekontaminaci.
- Označit kontaminované místo a kontaminované předměty uložit do odpadu.
- Učinit zápis o likvidaci nehody a zaslat ve stanovené lhůtě SUJB.

Uložení dekontaminačních prostředků na označeném místě.

Významný faktor předcházení vzniku radiační nehody:

Předem připravit v písemné podobě plán experimentů, včetně konkretizace postupu likvidace eventuální radiační nehody (zodpovídá vedoucí oddělení, schvaluje dohlízející pracovník).

Dokumentace vedená a uchovávaná na pracovišti

(detailní specifikace musí být součástí PZJ)

- Doklady o dovezených URZ, osvědčení URZ (po dobu platnosti).
- Evidence URZ.

Kopie dokladů o URZ se předávají SÚJB ve lhůtě 1 měsíc..

- Doklady o dovozu a evidence ORZ (10 let od ukončení nakládání).
- Provozní deníky laboratoří a spektrometrů (15 let).
- Výsledky a závěry lékařských prohlídek radiačních pracovníků, výsledky osobní dozimetrie radiačních pracovníků (30 let od skončení práce nebo do 75 let věku pracovníka).
- Výsledky monitorování pracoviště podle programu monitorování a záznamy o opatřeních při překročení referenčních úrovní (10 let).

Dokumentace vedená a uchovávaná na pracovišti

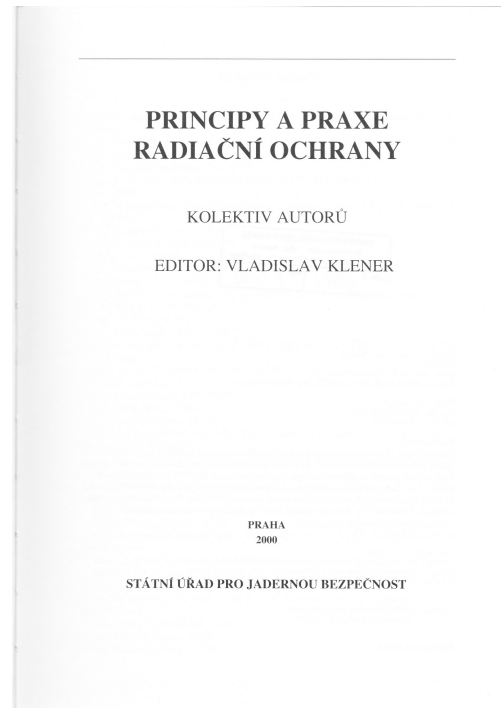
- Záznamy o mimořádných událostech (5 let)..
- Protokoly o školeních radiačních pracovníků a ověřování odborné způsobilosti a havarijní připravenosti (10 let).
- Záznamy o pohybu neradiačních pracovníků v kontrolovaném a sledovaném pásmu (10 let).
- Závěry vnitřních prověrek systému jakosti (10 let).

Opatření ke snížení ozáření pracovníků:

- Používat vždy *osobní dozimetr* (ale neuchovávat dozimetry v místnostech, kde jsou zářiče !).
- Používat *osobní ochranné pomůcky* (plášť, obuv, rukavice, štít, ...).
- Nejíst, nepít, nekouřit v kontrolovaném a sledovaném pásmu.
- Ochrana před ozářením *vzdáleností* : nebrat RZ do ruky, používat distanční držáky (alespoň pinzety).
- Ochrana před ozářením *stíněním*: Pb cihly, pláty.
- Nepracovat o samotě.
- Víčka kontejnerů s RZ zajistit proti uvolnění přelepením.

Literatura

Kolektiv autorů: *Principy a praxe radiační ochrany*. Vladislav Klener (editor). Vydal Azin pro Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha (2000) 620 stran.



Vojtěch Ulman: astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.html

