



RADIAČNÍ OCHRANA

PRO VYBRANÉ PRACOVNÍKY Z HLEDISKA RO

SPECIALIZACE: VVZ, VZ, SL, DEF

pro účastníky kurzů π

Brno, březen 2026

ZVLÁŠTNÍ ODBORNÁ ZPŮSOBILOST
SPOLEČNÁ ČÁST

PŘEDMLUVA

Předkládaný učební materiál tvoří ucelený text ke kurzu získání zvláštní odborné způsobilosti pro vybrané pracovníky, pro činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, specializace poskytování služeb v kontrolovaném pásmu provozovateli pracoviště IV. kategorie.

Text bude sloužit pro přípravu vybraných pracovníků dle vyhlášky č. 409/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů, skupina přípravy π.

Učební text nenahrazuje platnou legislativu, provozní předpisy nebo jinou provozní dokumentaci.

Rozhodně se nepovažujeme za autory objevů či důkazů, které jsou v tomto materiálu popisovány. Materiál byl sestaven upravením rozličných textových i webových materiálů tak, aby usnadnil pochopení dané problematiky vybraným pracovníkům z hlediska RO.

Děkujeme všem, kteří tuto práci přečtou, a děkujeme předem za všechny připomínky k jejímu vylepšení, aby byla užitečná nejen pro získání zvláštní odborné způsobilosti, ale také pro zajišťování soustavného dohledu v praxi, včetně komunikace s provozovatelem KP a komunikace se státním dozorným orgánem.

kolektiv autorů

Kopírování a rozmnožování této publikace je možné pouze se svolením vydavatele, kterým je ČEZ, a. s., útvar 90E000210.

ZVLÁŠTNÍ ODBORNÁ ZPŮSOBILOST
SPOLEČNÁ ČÁST

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	10
OBEČNÉ INFORMACE RO.....	11
1 ATOMOVÁ STRUKTURA HMOTY	11
1.1 Atomové jádro	11
1.2 Elektronový obal	11
1.3 Fotony	12
1.4 Charakteristická čísla	12
1.5 Chemický prvek, izotop, izobar, nuklid, izomer,	13
1.6 Silové působení	14
2 STABILITA JADER, RADIOAKTIVITA.....	17
2.1 Radioaktivita, radionuklidy	17
2.2 Radioaktivní přeměny	18
3 INTERAKCE ČÁSTIC S PROSTŘEDÍM.....	24
3.1 Interakce těžkých nabitých částic	24
3.2 Interakce lehkých nabitých částic	25
3.3 Interakce nenabitých částic	26
4 DETEKTORY	30
4.1 Plynové detektory	30
4.2 Scintilační detektory	31
4.3 Polovodičové detektory	31
5 VELIČINY A JEDNOTKY	33
5.1 Veličiny a jednotky charakterizující pole IZ	33
5.2 Veličiny a jednotky účinků IZ na prostředí	34
5.3 Veličiny a jednotky ochrany před IZ	37
6 RADIOBIOLOGICKÉ HLEDISKO RO, INTERAKCE IZ S ŽIVOU HMOTOU	40
6.1 Stavba buňky.....	40
6.2 Buněčné dělení.....	41
6.3 Interakce IZ s živou hmotou	44
6.4 Zdravotní újma, účinky na lidský organizmus	46
7 ZPŮSOBY OCHRANY PŘED ZEVNÍM OZÁŘENÍM	54
7.1 Ochrana časem	54
7.2 Ochrana vzdáleností.....	54
7.3 Ochrana stíněním	54

8	PRINCIPY RADIAČNÍ OCHRANY.....	57
8.1	Princip odůvodnění.....	57
8.2	Princip optimalizace.....	57
8.3	Princip limitování	57
8.4	Princip zabezpečení zdrojů	58
8.5	Cíl RO.....	59
9	SYSTÉM LIMITOVÁNÍ OZÁŘENÍ.....	61
9.1	Základní pojmy	61
9.2	Omezení ozáření	62
9.3	Systém LIMITOVÁNÍ – HODNOTY	63
10	OPTIMALIZACE radiační ochrany	67
10.1	Základní pojmy	67
10.2	Povinnost provádět optimalizaci.....	67
10.3	Postupy optimalizace RO	67
10.4	Dokumentace optimalizace RO	68
10.5	Dávková optimalizační mez.....	68
10.6	OptimalizaCE RO obyvatel.....	69
11	KATEGORIZACE ZIZ, PRACOVÍŠŤ A RADIAČNÍCH PRACOVNÍKŮ	70
11.1	Základní pojmy	70
11.2	Kategorizace zdrojů IZ	71
11.3	Kategorizace pracovišť se ZIZ.....	72
11.4	Kategorizace radiačních pracovníků	73
12	KONTROLOVANÉ PÁSMO	75
12.1	Vymezení	75
12.2	Označení.....	75
12.3	Zajištění RO v KP.....	75
12.4	Dokumentace	76
12.5	Monitorování	76
12.6	Požadavky na osoby	76
13	SLEDOVANÉ PÁSMO.....	77
13.1	Vymezení	77
13.2	Označení.....	77
13.3	Zajištění RO v SP.....	77
13.4	Dokumentace	77

14	MONITOROVÁNÍ.....	79
14.1	Program monitorování.....	79
14.2	Osobní monitorování.....	79
14.3	Monitorování pracoviště	80
14.4	Monitorování výpustí	81
14.5	Monitorování okolí pracoviště.....	81
15	ZAJIŠTĚNÍ ZVLÁDÁNÍ RMU	83
15.1	Základní pojmy	83
15.2	Kategorizace v oblasti zvládání RMU.....	84
15.3	Zvládání RMU	85
15.4	Omezování ozáření havarijního ozáření a ozáření u zasahujících osob ..	87
16	DRUHY KONTAMINACE, DEKONTAMINACE.....	90
16.1	Povrchová kontaminace	90
16.2	Vnitřní kontaminace.....	90
16.3	Dekontaminace	93
17	PŘEPRAVA ZIZ.....	95
17.1	Povinnosti přepravce.....	95
17.2	Způsob označování dopravního prostředku	96
17.3	Omezení ozáření při přepravě.....	96
18	POŽADAVKY NA ZKOUŠKY ZIZ (HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ ZIZ).....	98
18.1	Přejímací zkouška	98
18.2	Zkouška dlouhodobé stability	99
18.3	Zkouška provozní stálosti.....	100
19	VYŘAZOVÁNÍ Z PROVOZU	102
19.1	Povolení	102
19.2	Požadavky na projekt JZ	102
19.3	Povinnosti držitele povolení k provozu JZ	102
19.4	Povinnosti držitele povolení k vyřazování JZ z provozu	102
20	UVOLŇOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍ LÁTKY Z PRACOVIŠTĚ.....	104
20.1	Základní pojmy	104
20.2	Povolení Úřadu	104
20.3	Povinnosti držitele povolení.....	104
20.4	Uvolňování radioaktivní látky z pracoviště.....	105

ORGANIZACE RO	106
1 PRÁVNÍ PŘEDPISY	106
2 SYSTÉM ŘÍZENÍ.....	107
2.1 Odstupňovaný přístup	107
2.2 Integrovaný přístup.....	107
2.3 Procesní přístup	107
2.4 Zlepšování	108
2.5 Řízení neshody.....	108
2.6 Výběr dodavatele – hodnocení systému.....	108
2.7 Kultura bezpečnosti	109
2.8 Kultura zabezpečení	109
2.9 Dokumentace popisující systém řízení	110
3 POŽADAVKY NA POVOLENÍ K ČINNOSTEM	111
3.1 Povolení	111
3.2 Předpoklady povolení	112
3.3 Dokumentace pro povolovanou činnost.....	113
4 SYSTÉM VZDĚLÁVÁNÍ	114
4.1 Odborná způsobilost.....	114
4.2 Informování a příprava	114
4.3 Zvláštní odborná způsobilost.....	114
5 SYSTÉM ZDRAVOTNÍ PÉČE	116
6 POVINNOSTI DRŽITELE POVOLENÍ.....	117
6.1 Obecné povinnosti v oblasti zajišťování RO	117
6.2 Společné povinnosti v oblasti zajišťování RO.....	117
6.3 Zvláštní povinnosti v oblasti RO, Roční zpráva	118
7 DOKUMENTACE.....	119
7.1 Veličiny důležité z hlediska RO	119
7.2 Skutečnosti důležité z hlediska RO	119
7.3 Evidence.....	120
8 SOUSTAVNÝ DOHLED NAD RO.....	122
8.1 Způsob zajištění soustavného dohledu	122
8.2 Osoby zajišťující soustavný dohled	122
8.3 Externí pracovník.....	124
8.4 Osobní radiační průkaz	125
8.5 Roční zpráva (zvláštní povinnosti v oblasti RO)	127

SPECIFICKÁ RO (VVZ, SL)	128
1 ZDROJE IZ NA PRACOVIŠTI IV. KATEGORIE, RIZIKO OZÁŘENÍ	128
1.1 Zdroje IZ	128
1.2 Riziko ozáření	128
1.3 Značení RO na lokalitách EDU, ETE	128
2 ORGANIZACE PRÁCE	132
2.1 Zásady radiační hygieny	132
2.2 Hygienická smyčka	133
2.3 Sanitární uzly	133
2.4 Sanitární bod	134
3 PLÁNOVÁNÍ ČINNOSTÍ S OHLEDEM NA RaS	135
3.1 Radiační příkaz (R-příkaz)	135
3.2 Podmínky práce v prostředí zvýšeného radiačního rizika	137
3.3 Ochranné pomůcky a prostředky	138
 SPECIFICKÁ RO (VZ, DEF)	 141
1 USMĚRŇOVÁNÍ VSTUPU OSOB DO VYMEZENÝCH PROSTOR PŘECHODNÝCH PRACOVIŠŤ	141
1.1 Přechodné pracoviště	141
2 PRAVIDLA BEZPEČNÉHO PROVOZU PRACOVIŠŤ, KDE SE POUŽÍVAJÍ ZIZ PRO PRŮMYSLOVÉ POUŽITÍ	143
2.1 Bezpečný provoz pracoviště	143
2.2 Podmínky bezpečného provozu	143
3 POTENCIONÁLNÍ RIZIKO PŘI NAKLÁDÁNÍ S DANÝM TYPEM RADIONUKLIDOVÉHO ZDROJE	145
3.1 Práce na přechodných pracovištích	145
3.2 Práce stabilními radionuklidovými zdroji	145
3.3 Práce s generátory záření	145
4 OMEZENÍ OZÁŘENÍ (neradiační pracovníci)	146
4.1 Neradiační pracovníci vstupující do KP	146
4.2 Obyvatelstvo	146
5 ZNALOST POSTUPU A ZÁSAHOVÉ INSTRUKCE PRO PŘÍPAD rmU	147
5.1 Zajištění prověřování osob k odezvě	147

SEZNAM ZKRATEK

A	celková aktivita
A _m	hmotnostní aktivita
AZ	atomový zákon 263/2016 ve znění pozdějších předpisů
EDU	Elektrárna Dukovany
EES	existující expoziční situace
ETE	Elektrárna Temelín
IZ	ionizující záření
JB	jaderná bezpečnost
KB	kultura bezpečnosti
KP	kontrolované pásmo
LET	Linear energy transfer (LET, přenos energie záření na vzdálenosti). Základní jednotkou LET je [J/m]. Hodnoty LET jsou ale velmi malé, proto se častěji používá [keV/μm].
NES	nehodová expoziční situace
OOPP	osobní ochranné pracovní pomůcky
ORP	osobní radiační průkaz
ORZ	otevřený radionuklidový zářič
PES	plánovaná expoziční situace
RaO	radioaktivní odpad
RH	radiační havárie
RMU	radiační mimořádná událost
RO	radiační ochrana
RN	radiační nehoda
RP	radiační pracovník
SP	sledované pásmo
TB	technická bezpečnost
ZIZ	zdroj ionizujícího záření
ZÚ	zprošťovací úroveň
SL	poskytování služeb v KP provozovateli pracoviště IV. kategorie
VZ	významné zdroje
VVZ	velmi významné zdroje

OBECNÉ INFORMACE RO

1 ATOMOVÁ STRUKTURA HMOTY

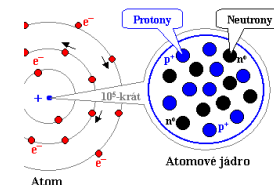
Atom se skládá z jádra, které nese vždy kladný elektrický náboj a elektronového obalu, který nese záporný elektrický náboj.

Než se budeme zabývat stavbou atomového jádra, stojí za zmínku uvést velikost jádra v porovnání s velikostí atomu. "Průměr" atomu je cca 10^{-10} m, "průměr" jádra je cca 10^{-15} m. Jádro je tedy 100 000krát menší, než je atom, přitom je v jádře soustředěna téměř veškerá hmotnost (více než 99,9 %) atomu.

Ze samotného faktu tak malých rozměrů a vysokých hustot v atomovém jádře plyne, že v atomových jádrech budou působit velké síly a vysoké energie, které lze uvolnit buď sloučením lehkých jader, nebo štěpením těžkých jader

1.1 ATOMOVÉ JÁDRO

Atomové jádro nese vždy kladný elektrický náboj. Tvoří jej dva typy těžkých částic, tzv. nukleony: protonů a neutronů. Tyto nukleony (protony a neutrony) jsou v jádře drženy tzv. jadernými silami.



1.1.1 PROTON

Proton je částice, která nese kladný elementární elektrický náboj stejné absolutní velikosti jako elektron, jeho klidová hmotnost je $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg. Proton je stabilní částice.

1.1.2 NEUTRON

Neutron je částice je elektricky neutrální, jeho klidová hmotnost $m_n = 1,6748 \cdot 10^{-27}$ kg je o něco vyšší než u protonu. Ve stabilních atomových jádrech jsou neutrony stabilní.

ZDROJE NEUTRONŮ

Silnými zdroji neutronů jsou jaderné reaktory, ať již štěpné, nebo zatím pokusné fúzní termonukleární reaktory. Zdrojem neutronů je také vyhořelé jaderné palivo.

Jako laboratorní zdroje neutronů se konstruují:

- specifické malé urychlovače nabitých částic zvané neutronové generátory, nebo
- radioizotopové zdroje tvořené směsí,
- α -zářiče s lehkým prvkem (jako je směs americia s beryliem, dochází k reakci (α, n)),
- těžkým transuranovým radionuklidem, při jehož spontánním štěpení se uvolňují neutrony.

1.2 ELEKTRONOVÝ OBAL

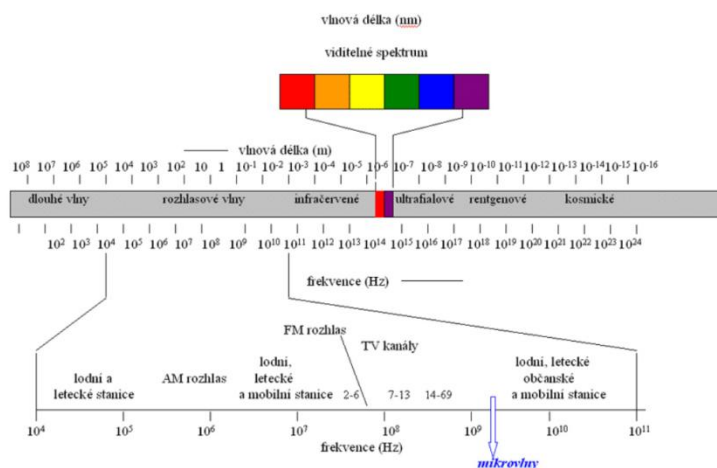
Elektronový obal je tvořen elektrony. Tyto elektrony se pohybují na určitých energetických hladinách.

1.2.1 ELEKTRON

Elektrony jsou základními, elementárními, stabilními částicemi hmoty, které tvoří elektronový obal atomů. Elektron je nositelem záporného elementárního náboje $e = 1,60219 \cdot 10^{-19} \text{C}$, jeho klidová hmotnost je $m_e = 9,1095 \cdot 10^{-31} \text{kg}$.

1.3 FOTONY

Fotony jsou kvanta elektromagnetického záření. Mají nulovou klidovou hmotnost, pohybují se rychlostí světla, jsou nositeli energie.



ZDROJE FOTONŮ

Fotony vznikají:

- při všech zrychlených pohybech elektricky nabitých částic (např. brzdné záření),
- emitují se při deexcitacích v atomových obalech a atomových jádrech, kde odnášejí příslušný energetický rozdíl excitovaného stavu,
- při anihilacích pozitronů s elektrony ($e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$),
- jakož i v řadě dalších interakcí elementárních částic.

1.4 CHARAKTERISTICKÁ ČÍSLA

1.4.1 PROTONOVÉ ČÍSLO: Z

Protonové číslo (starší označení „atomové“) udává počet protonů v jádře atomu. Značí se velkým písmenem Z a zapisuje se vlevo dolů před značku, např. ${}_{92}\text{U}$. Protonové číslo určuje místo v periodické soustavě prvků = určuje chemické vlastnosti prvku.

1.4.2 NUKLEONOVÉ ČÍSLO: A

Nukleonové číslo (starší označení „hmotnostní“) udává celkový počet protonů a neutronů (počet všech nukleonů) v atomovém jádře. Značí se velkým písmenem A a zapisuje se vlevo nahoře před symbol prvku, např. ${}^{238}\text{U}$. Nukleonové číslo určuje hmotnost atomu.

1.4.3 NEUTRONOVÉ ČÍSLO: N

Neutronové číslo udává celkový počet neutronů v atomovém jádře. Značí se velkým písmenem N a počítá se ze vztahu: $N = A - Z$.

1.5 CHEMICKÝ PRVEK, IZOTOP, IZOBAR, NUKLID, IZOMER, ...

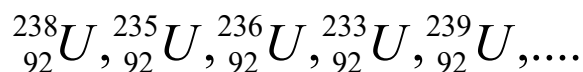
CHEMICKÝ PRVEK

Chemický prvek je soubor atomů se stejným Z (protonové číslo). Všechny prvky se dají systematicky uspořádat do periodické soustavy prvků dle zvyšujícího se protonového čísla. Protonové číslo tedy určuje chemické vlastnosti atomu. Prvek s 1 protonem v jádře je vodík: ${}_1\text{H}$, prvek s 92 protony v jádře je uran: ${}_{92}\text{U}$.

Všechny prvky, které mají vyšší protonové číslo než 92 ($Z > 92$) se nazývají transurany, např.: ${}_{93}\text{Np}$, ${}_{94}\text{Pu}$, ...

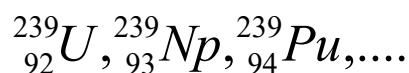
IZOTOPY

Izotopy jsou soubory atomů jednoho prvku, mají tedy stejné Z (protonové číslo), avšak různé A (nukleonové číslo), např. ${}^{235}_{92}\text{U}$ a ${}^{238}_{92}\text{U}$. Jednotlivé izotopy se obvykle liší svou stabilitou.



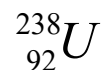
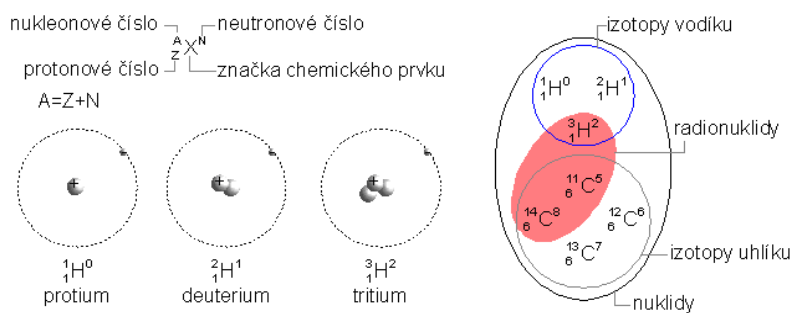
IZOBARY

Izobary jsou soubory atomů, které mají stejné A (nukleonové číslo), ale různé Z (protonové číslo), např. ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ a ${}^{40}_{19}\text{K}$.



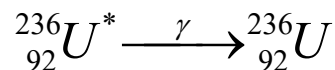
NUKLIDY

Nuklidy jsou soubory atomů se stejným Z (protonové číslo) a stejným A (nukleonové číslo).



IZOMERY

Izomery jsou metastabilní stavy atomového jádra způsobené excitací jednoho nebo více nukleonů. Jaderné izomery jsou energeticky bohatší oproti odpovídajícímu základnímu stavu jádra. Jaderné izomery mohou uvolnit přebytečnou energii a přejít do základního stavu.



1.6 SILOVÉ PŮSOBENÍ

Vzájemné působení mezi částicemi látky můžeme vysvětlit čtyřmi základními fyzikálními interakcemi - slabé, gravitační, elektromagnetické a silné. Velikosti silových účinků těchto základních interakcí se významně liší a jsou závislé na vzdálenosti a hmotnosti interagujících částic.

1.6.1 ELEKTROMAGNETICKÁ INTERAKCE

Elektromagnetická interakce se snaží protony od sebe oddálit, ale ani jedna z nich nemůže změnit typ těchto částic

Elektromagnetická síla působí mezi všemi nabitými částicemi a způsobuje proto elektromagnetické jevy. Její velikost je nulová v nekonečné vzdálenosti od nabitě částice. Tato interakce fixuje velikost atomů, strukturu pevné látky, způsobuje vazbu mezi elektronem a jádrem¹, ...

1.6.2 SILNÉ INTERAKCE / SILNÉ JADERNÉ SÍLY

Silná interakce drží protony a neutrony v jádře pohromadě.

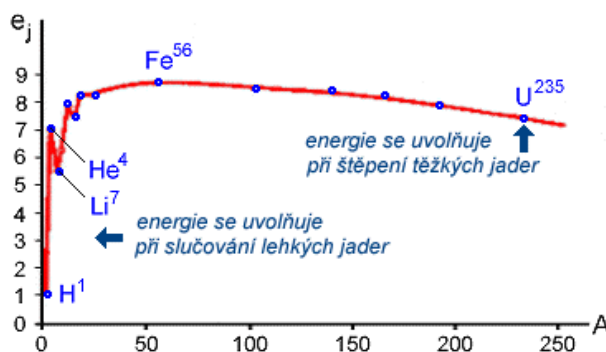
Jsou to přitažlivé síly velmi krátkého dosahu (řádově 10^{-15} m), ale na těchto vzdálenostech značně překonávají síly elektromagnetického odpuzování.

Působí bez rozdílu mezi protony i neutrony. Projevují vlastnost nasycení.

VAZEBNÁ ENERGIE

Vazebná energie se řadí mezi silné jaderné síly a je definována jako práce, kterou je třeba vykonat k rozložení soustavy na její jednotlivé části, tj. v případě jádra k rozložení jádra na jednotlivé nukleony. Tato práce (tj. vazebná energie) je závislá na počtu nukleonů v jádře - bude tedy závislá na nukleonovém čísle A.

Hmotnost atomu je soustředěna do jeho jádra, což by dle logiky věci znamenalo, že když sečteme hmotnost všech protonů a neutronů (nukleonů), dostaneme hmotnost jádra. Ve skutečnosti to tak však



¹ Elektromagnetická síla tedy vytváří objem objektů. Většina sil z běžného života (třecí síly, odpuzivé, ...) jsou projevem právě elektromagnetické interakce.

není, protože hmotnost jádra je o něco menší než součet hmotností všech nukleonů obsažených v jádře. Tento úbytek hmotnosti je přeměněn na energii v jádře. Této energii se říká vazebná (někdy vazbová) energie.

Specifická (měrná) vazebná energie určuje, jaká vazebná energie připadá na jeden nukleon v jádře. Zjednodušeně řečeno je to energie, kterou je držen jeden každý nukleon v jádře, takže čím vyšší je vazebná energie, tím je jádro stabilnější.

Závislost specifické vazebné energie nám určuje dva způsoby, jak získat energii z jader:

- štěpením těžkých prvků,
- fúzí/syntézou lehkých prvků.

Opakování/Pozn.:

Jaká je hmotnost jádra atomu v porovnání s celkovou hmotností nukleonů?

Co rozumíte pod pojmem radionuklid a jaké záření emitují?

Co rozumíte pod pojmem „transurany“?

Co rozumíte pod pojmem „izotopy“?

Co rozumíte pod pojmem „izobary“?

2 STABILITA JADER, RADIOAKTIVITA

Stabilita atomových jader je odrazem jejich velmi složité vnitřní struktury. Zjednodušeně lze říct, že mezi vazebnou energií jader a jejich stabilitou je přímá souvislost. Jádra s největší vazebnou energií na nukleon obvykle nejeví tendenci k rozpadu nebo sdružení s jinými jádry, protože tyto procesy již v podstatě nemohou jejich vazebnou energii na nukleon dále zvýšit. Atomy tvořené těmito jádry označujeme jako stabilní.

Atomy, které nejsou stabilní, podléhají samovolné přeměně. Tato vlastnost nestabilních jader se nazývá radioaktivita.

2.1 RADIOAKTIVITA, RADIONUKLIDY

Radioaktivita je jev, kdy dochází k samovolné vnitřní přeměně atomových jader, přičemž je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra vykazující tuto vlastnost se nazývají radionuklidy

Při tomto procesu se uvolní část vazebné energie jádra ve formě kinetické energie produktů rozpadu = emituje se vysokoenergetické ionizující záření. Dochází:

- k přeměně jader jednoho prvku na jádra jiného prvku, k tzv. transmutaci,
- k energetické deexcitaci hladin téhož jádra.

Radioaktivní přeměna se též nazývá radioaktivní rozpad. Látky a předměty obsahující radionuklidy se označují jako radioaktivní zářiče. Nejzákladnější obecné schéma radioaktivní přeměny je znázorněno obrázkem.

Jádro A, zvané mateřské, se spontánně = pouze vlivem vnitřních sil a mechanismů působících v jádře přemění na jádro B zvané dceřiné, přičemž se emituje částice C ve formě ionizujícího záření. Tato částice záření odnáší rozdíl energií mezi jádry A a B.



2.1.1 VELIČINY A JEDNOTKY RADIOAKTIVITY

Základní veličinou fyzikálního jevu „radioaktivity“ se nazývá aktivita (zářiče, preparátu či obecně množiny jader). Je definována jako podíl očekávané hodnoty počtu jaderných přeměn z energetického stavu a časového intervalu, ve kterém tyto přeměny proběhnou.

Jednotkou² je Becquerel: 1 Bq, tedy: 1 rozpad za 1 sekundu.

² Dřívější jednotka: 1 Curie (1 Ci), je to aktivita 1g ²²⁶Ra, přepočít mezi starými a současnými jednotkami aktivity je: 1Ci $\equiv$ 37 GBq.

2.1.2 ROZPADOVÝ ZÁKON, ROZPADOVÁ KONSTANTA

Radioaktivní přeměna jader je pravděpodobnostní jev. Lze stanovit pouze pravděpodobnost, s jakou se jádro daného druhu rozpadne za jednotku času (za 1 sekundu). Tato pravděpodobnost se nazývá přeměnová konstanta, značí se λ .

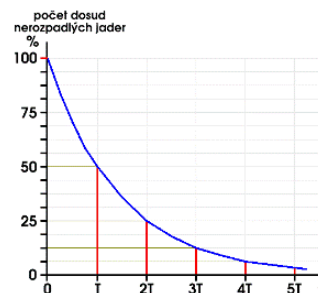
Základní jednotkou je $[s^{-1}]$.

Úbytek mateřských jader bude úměrný stávajícímu počtu mateřských jader ve vzorku a přeměnové konstantě λ .

Známe-li počet mateřských jader (N) a rozpadovou konstantu (λ) daného souboru, můžeme spočítat jeho aktivitu ze vztahu: $A = \lambda \cdot N$. Základní jednotkou aktivity je $[Bq]$.

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Úbytek mateřského jádra v daném vzorku, v závislosti na čase lze znázornit grafem (klesající křivka zvaná exponenciála).



2.1.3 POLOČAS PŘEMĚNY

Důležitou veličinou je hodnota času, za který se rozpadne právě polovina původního množství jader. Nazývá se poločas rozpadu (přeměny) a značí se $T_{1/2}$. Poločas rozpadu udává dobu, za kterou se přemění/rozpadne polovina původního počtu atomů radionuklidu. Poločas rozpadu se značí $T_{1/2}$.

Základní jednotkou poločasu rozpadu je $[s, \text{min}, \text{hod}, \text{rok}, \dots]$.

2.2 RADIOAKTIVNÍ PŘEMĚNY

2.2.1 PŘEMĚNA ALFA

U těžkých jader (s více než 200 nukleony a s více jak 90 protony) je jádro již tak velké, že celkové přitažlivé pole silných interakcí kvůli svému krátkému dosahu již nepůsobí dostatečně silně v okrajových částech jádra. Toho využijí některé nukleony, které vytvoří skupinu 2 protonů a 2 neutronů, která pak vyletí ven z jádra jako částice α . V tomto případě mluvíme o α přeměně.

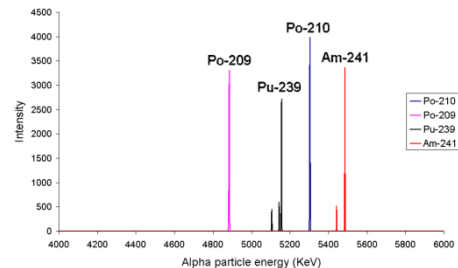
Záření α , díky svému dvojnásobnému kladnému náboji, při vniknutí do látky velmi účinně vytrhává elektrony z obalu atomů, čímž rychle ztrácí energii a zabrzdí se asi po 0,1 mm v látkách hustoty vody nebo tkáně.

CHARAKTERISTIKY PŘEMĚNY ALFA:

- Energie emitovaných částic je 4 – 10 MeV.
- Poločas rozpadu: 10^{-2} s až 10^{17} let.
- Spektrum záření α je čárové (diskrétní).

SPEKTRUM ZÁŘENÍ ALFA

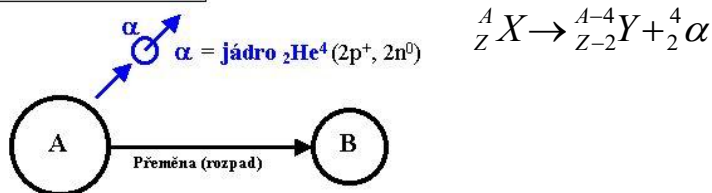
Částice α odnáší rozdíl energií mezi mateřským a dceřiným jádrem, který je konstantní, protože všechny částice α při přeměnách daného druhu jádra mají stejné kinetické energie, spektrum záření α je čárové.



MECHANISMUS PŘEMĚNY ALFA

Mateřské jádro A (s N nukleony a Z protony) se přemění na dceřiné jádro B a částici α , která odnáší 2 protony a 2 neutrony. Vzniklé dceřiné jádro B bude mít N-4 nukleony a Z-2 protony. V Mendělejevově periodické tabulce prvků bude posunuto o 2 místa doleva směrem k jednodušším prvkům.

Radioaktivita α



Dceřiná jádra po α -rozpadu bývají často rovněž radioaktivní (α či β), zpravidla tvoří celé radioaktivní řady. Kromě toho jsou dceřiná jádra po α -rozpadu většinou v excitovaném stavu, takže jejich deexcitace je doprovázena zářením gama.

2.2.2 PŘEMĚNA BETA

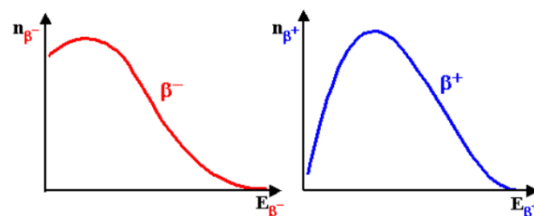
U lehčích jader závisí stabilita na počtu protonů a neutronů v jádře. Pokud je v jádře více protonů, dochází k vyrovnání stavu přeměnou protonu na neutron. Pokud je v jádře více neutronů, přemění se neutron na proton. Počet nukleonů zůstává stejný, jedná se tedy o izobarické přeměny.

CHARAKTERISTIKY PŘEMĚN BETA

- Energie emitovaných částic je 10 keV – 10 MeV.
- Poločas rozpadu: 10^{-2} s až 10^5 let.
- Spektrum záření beta je spojité.

SPEKTRUM ZÁŘENÍ BETA

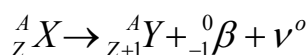
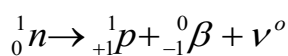
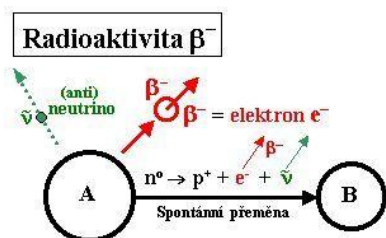
Spektrum záření je spojité. Naprostá většina elektronů β vylétá s energií mnohem menší, než by odpovídalo zákonu zachování energie. Důvodem je skutečnost, že kromě elektronu β vylétá z jádra současně ještě další velmi lehká a elektricky neutrální částice ν , která odnese patřičnou kinetickou energii, o niž se "podělí" s vylétajícím elektronem, v souladu se zákonem zachování energie.



MECHANISMUS PŘEMĚNY BETA MINUS (NEGATRONOVÁ PŘEMĚNA)

Radioaktivita β^- se vyskytuje u jader s přebytkem neutronů. „Nadbytečný“ neutron se pomocí slabých jaderných sil přemění na proton, který zůstává v jádře vázán silnou interakcí, zatímco elektron e^- vyletí velkou rychlostí ven jako částice β^- .

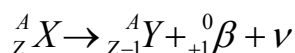
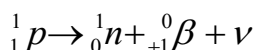
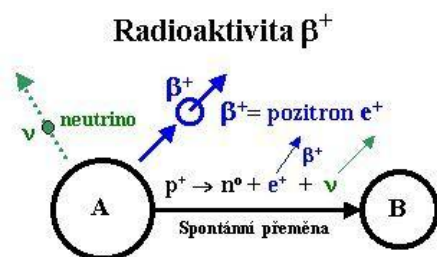
Při přeměně β^- se nukleonové číslo nemění, mění se protonové číslo, jež se zvýší o 1. Dceřiné jádro se posune o jedno místo doprava v Mendělejevově periodické tabulce.



MECHANISMUS PŘEMĚNY BETA PLUS (POZITRONOVÁ PŘEMĚNA)

Radioaktivita β^+ se vyskytuje u jader s přebytkem protonů. „Nadbytečný“ proton se pomocí slabých jaderných sil přemění na neutron, který zůstává v jádře vázán silnou interakcí, zatímco pozitron e^+ vyletí velkou rychlostí ven jako částice β^+ .

Při přeměně β^+ se nukleonové číslo nemění, mění se protonové číslo, jež se sníží o 1. Dceřiné jádro se posune o jedno místo doleva od mateřského jádra v Mendělejevově periodické tabulce.

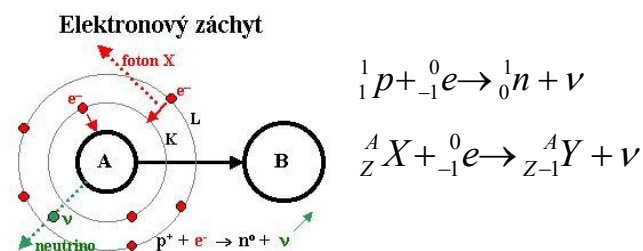


MECHANISMUS ELEKTRONOVÉHO ZÁCHYTU (EZ)

EZ se vyskytuje u jader s přebytkem protonů. EZ je konkurenčním procesem přeměny β^+ . "Proton, který "se chce změnit na neutron" si může "stáhnout" z oběžné dráhy elektron a sloučit se s ním. Při tomto procesu se žádné korpuskulární záření z jádra nevysílá, energie se rozdělí na energii neutrína a vazebnou energii elektronu.

Při elektronovém záchytu dochází k transmutaci jádra, dále na uprázdněné místo po elektronu na slupce K okamžitě přeskočí elektron z vyšší slupky L za vyzáření charakteristického X-záření. Kromě toho další dceřiné jádro B vzniká většinou v excitovaném stavu a při deexcitaci vyzařuje záření γ .

Při přeměně EZ se nukleonové číslo nemění, mění se protonové číslo, jež se sníží o 1. Dceřiné jádro se posune o jedno místo doleva v Mendělejevově periodické tabulce.



2.2.3 PŘEMĚNA GAMA

Při deexcitaci atomového jádra z vyšší hladiny na původní stav je emitováno vysokoenergetické záření. V tomto případě mluvíme o γ přeměně. Při přeměně γ nedochází ke změně vnitřní struktury jádra, mění se pouze jeho energetická hladina.

CHARAKTERISTIKY PŘEMĚNY GAMA

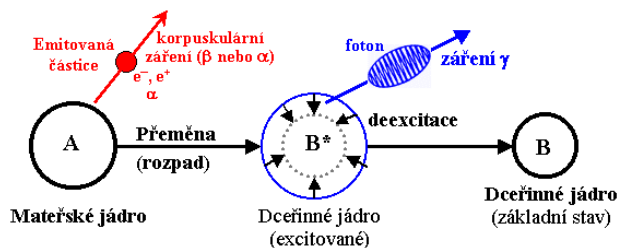
- Spektrum záření γ je čarové.
- Energie emitovaných částic je nad 10 keV.
- Poločas rozpadu: 10^{-18} s až 10^{-10} s.

SPEKTRUM ZÁŘENÍ GAMA

Energetické hladiny atomového jádra jsou kvantovány, takže i všechny fotony γ emitované při daném druhu deexcitace budou mít stejné energie - spektrum záření γ je čarové. Pokud má dceřiné jádro B^* více excitovaných hladin, bude emitováno několik skupin mono energetických fotonů γ , takže spektrum bude tvořeno několika diskrétními čarami (píky v měřeném spektru).

MECHANISMUS ROZPADU GAMA

Po radioaktivní přeměně, jen málokdy zůstává výsledné dceřiné jádro v nevybuzeném základním stavu, ale většinou vzniká v energeticky excitovaném stavu B^* . Toto excitované jádro B^* zpravidla neexcituje, při níž se příslušný energetický rozdíl vyzáří ve formě záření gama.



Je dobré si uvědomit dvě důležité skutečnosti:

- Záření γ je časově následující po emisi korpulárního záření při vlastní jaderné přeměně.
- Většina radionuklidů jsou zářiče smíšené³ - buď $\alpha + \gamma$ nebo $\beta + \gamma$.

2.2.4 EMISE NUKLEONŮ

V případě, že jádro má velký nadbytek jednoho druhu nukleonů (protonů nebo neutronů), může dojít k samovolné přeměně, která se nazývá nukleonová emise.

V případě, že jádro má velký nadbytek protonů, bude emitován proton, mluvíme o protonové emisi. V případě, že jádro má velký nadbytek neutronů, bude emitován neutron, mluvíme o neutronové emisi.

³ Jen některé zářiče jsou čisté alfa či čisté beta - radioaktivní přeměna někdy nastává přímo na základní stav dceřiného jádra (tak je tomu např. u tritia ^3H nebo uhlíku ^{14}C). Čisté zářiče gama však v přírodě neexistují.

Opakování/Pozn.:

Lze ovlivnit rychlost radioaktivní přeměny?

Lze rozlišit jednotlivé radioizotopy daného prvku? A na základě čeho?

Co rozumíme pod pojmem energetické spektrum rtg záření?

Kam se posouvá v periodické soustavě dceřiný prvek při přeměně alfa?

Kam se posouvá v periodické soustavě dceřiný prvek při přeměně beta minus?

Kam se posouvá v periodické soustavě dceřiný prvek při přeměně beta plus?

Kam se posouvá v periodické soustavě dceřiný prvek při přeměně gama?

Jaké je spektrum při přeměně alfa?

Jaké je spektrum při přeměně beta plus?

Jaké je spektrum při přeměně beta minus?

Jaké je spektrum při přeměně gama?

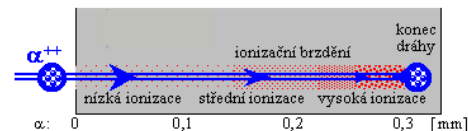
3 INTERAKCE ČÁSTIC S PROSTŘEDÍM

3.1 INTERAKCE TĚŽKÝCH NABITÝCH ČÁSTIC

Záření α je proud rychle letících héliových jader ^4He , protonové záření je proud rychlých protonů p^+ , tedy proud vodíkových jader a deuteronové záření je proud rychlých jader deuteria složených z protonu p^+ a neutronu n^0 .

Těžké nabitě částice se vyznačují tím, že mají "velkou" hmotnost a nesou elektrický náboj.

Vnikne-li částice těžká nabitá částice do látky, působí při svém průletu kolem atomů značnou elektrickou silou na elektrony, které velmi účinně vytrhává z atomových obalů. Těmito silnými ionizačními účinky se částice v látce značně rychle brzdí, takže její dolet je velmi malý.



Mají-li částice α dostatečně vysokou energii, mohou při průchodu látkou překonávat odpudivé elektrické síly jader a vstupovat do jaderných reakcí s atomy ozařované látky. Nejčastěji je to reakce (α, n) , při nichž se vyzářejí neutrony.

3.1.1 EXCITACE

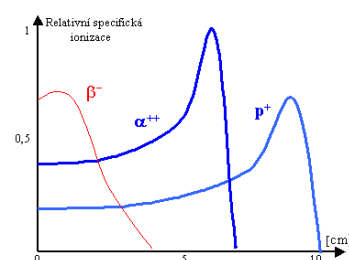
Nabitá částice při průchodu látkou ztrácí svou kinetickou energii převážně elektrickou Coulombovskou interakcí s elektrony v atomech látky. Je-li energie předaná elektronu v atomovém obalu relativně malá a stačí jen k "vybuzení" elektronu na vyšší energetickou hladinu, jedná se o proces excitace atomů.

Excitovaný stav atomu není stálý - vzápětí přeskočí elektron zpět na původní hladinu - nastane deexcitace, přičemž rozdíl energií se vyzáří ve formě fotonu elektromagnetického záření⁴.

3.1.2 IONIZACE

Obdrží-li elektron dost energie na to, aby se zcela uvolnil z vazby k mateřskému atomu, dochází k ionizaci atomu = jeho rozdělení na záporný elektron a kladný iont.

Na obrázku jsou tzv. Braggovy křivky, což jsou závislosti specifické ionizace⁵ na hloubce průniku nabitě částice do látky. Jak se částice brzdí a klesá její rychlost, ionizační účinky rostou. Těsně před zabrzděním částice je předávána největší energie, křivka hloubkové závislosti specifické ionizace zde má výrazné tzv. Braggovo maximum. Po zabrzdění je částice neutralizována záchytem elektronů a další ionizace již nepokračuje.



⁴ Při excitaci elektronů na vnějších slupkách je emitováno viditelné světlo, na středních UV záření, při excitaci na vnitřních slupkách pak fotony charakteristického rentgenového záření.

⁵ Specifickou nebo lineární ionizací nazýváme počet iontových párů vytvořených na jednotku délky dráhy částice

3.2 INTERAKCE LEHKÝCH NABITÝCH ČÁSTIC

Vnikne-li do látky lehká nabitá částice, což je záporně nabitý elektron, nebo pozitron pak při svém průletu kolem atomů působí elektrickými odpuzivými silami na elektrony, které vyráží z atomového obalu a tím atomy ionizuje. Elektrony jsou velmi lehké částice, při každé takové ionizaci atomu lehká nabitá částice prudce změni směr svého pohybu. Následně se odrazí od dalšího a dalšího atomu. Lehká nabitá částice β^- se bude pohybovat "cik-cak" a odrážet mezi atomy, které ionizuje, a přitom ztrácí energii.

Zabrzdí se, v závislosti na své energii, v hloubce do 1-4 mm v látce hustoty vody, v těžkých kovech pak nedoletí hlouběji než do cca 0,1 mm. Střední dolet (dosah) záření β v látce závisí na energii záření a na hustotě a protonovém čísle látky.

Pro záření β je výstižnější hodnota maximálního doletu $\beta_{\max}$, což je vzdálenost, v níž se absorbuje 90% původní emitované energie částic.

Ke konci dráhy, kdy již energie částice β^- nestačí na ionizaci, bude lehká nabitá částice ztrácet energii excitací elektronů v atomech.

Po zabrzdění je osud pozitronu jiný než u částice β^- . Při setkání s elektronem dojde k vzájemné anihilaci elektronu a pozitronu, při níž pozitron i elektron zaniknou a přemění se na dvě kvanta tvrdého záření γ o energiích 511keV, které vylétají z místa anihilace v přesně protilehlých směrech.

Kromě ionizace a excitace interaguje lehká nabitá částice při průchodu látkou ještě následujícími způsoby:

- elektromagnetické brzdné X-záření se spojitým spektrem,
- charakteristické X-záření s čárovým spektrem daným druhem látky,
- při průletu vysokoenergetického β záření opticky průzračnou látkou⁶ vzniká viditelné Čerenkovovo záření.

3.2.1 BRZDNÉ ZÁŘENÍ

Při průchodu rychlých nabitých částic látkou dochází vlivem Coulombovské interakce s elektronovými obaly a s jádry atomů ke změnám rychlostí a směru pohybu částic – k jejich rozptylu. Rozptyl nabitě částice na atomech pod velkým úhlem způsobí velké "zrychlení" částice, což vede k emisi elektromagnetického záření = fotonů tzv. brzdného záření se spojitým spektrem.

Takovýto druh rozptylu nastává jednak v poli elektronů, především však při průletu nabitě částice v blízkosti jádra o náboji Z , při němž budou na částici působit elektrické Coulombovské síly, takže budou částici udílet zrychlení.

Ztráty energie brzdným zářením budou podstatně větší v těžkých látkách s velkým protonovým číslem Z .

⁶ Např. vodou.

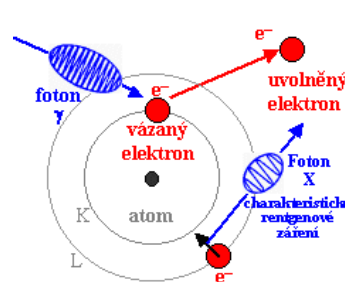
3.3 INTERAKCE NENABITÝCH ČÁSTIC

3.3.1 INTERAKCE ZÁŘENÍ GAMA

Fotony záření gama a X-záření nemají elektrický náboj, takže nemohou přímými elektrickými silami ionizovat atomy. Foton je však kvantem rychle kmitajícího elektrického a magnetického pole, takže když se do "těsné blízkosti" tohoto kmitajícího pole dostane elektron, může obdržet elektromagnetickou energii a být fotonem urychlen. Nebo může dojít k excitaci atomového jádra.

FOTOEFEKT

Foton záření gama se "srazí" s elektronem e^- vázaným v atomovém obalu, předá mu veškerou svou energii a zanikne. Energie fotonu při tomto absorpčním ději se spotřebuje na uvolnění elektronu z atomového obalu a na kinetickou energii vyraženého fotoelektronu. Elektron, který získal tuto energii, se uvolní z vazby v atomu a vyletí s kinetickou energií, danou rozdílem energie záření E_γ a vazbové energie E_v elektronu v atomu.

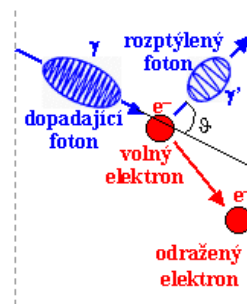


Na místo "uprázdněné" po elektronu, který vyletěl fotoefektem, okamžitě přeskočí z vyšší slupky v atomovém obalu elektron, přičemž energetický rozdíl vazbové energie na vyšší a nižší slupce se vyzáří ve formě fotonu elektromagnetického záření, znamená to, že se vyzáří se charakteristické rentgenové záření.

Pro látku roste pravděpodobnost fotoefektu s hustotou terčových atomů, tj. s hustotou látky. Fotoefekt proto nastává nejčastěji u záření γ s nižšími energiemi a v látkách s velkým protonovým číslem Z .

COMPTONŮV JEV

Pokud se foton záření γ "srazí" s elektronem buďto volným, nebo jen slabě vázaným, předá mu jen část své energie, pružně se "odrazí" od tohoto elektronu a bude pokračovat ve svém pohybu ve změněném směru a s nižší energií. Elektron se touto "srážkou" urychlí na příslušnou kinetickou energii a bude ionizovat podobně jako každé jiné záření beta.



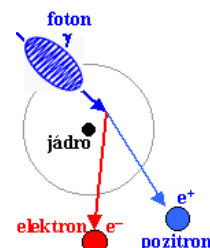
Pravděpodobnost Comptonova rozptylu roste s hustotou terčových elektronů v látce, tedy s hmotnostní hustotou látky a protonovým číslem Z . Naopak klesá s rostoucí energií fotonů.

Comptonův rozptyl se relativně nejvíc uplatňuje u záření γ středních a vyšších energií a v látkách s vysokým protonovým číslem Z .

Comptonův rozptyl se může několikrát opakovat, až foton buď opustí látku, nebo ztratí tolik energie, že zaniká fotoefektem na některé z elektronových hladin atomů.

TVORBA PÁRŮ (ELEKTRON-POZITRON)

Pokud do látky vletí foton záření γ o dostatečně vysoké energii, pak při svém průletu kolem atomového jádra se elektromagnetickou interakcí se silným Coulombovým polem jádra může foton γ přeměnit na dvojici částic elektron + pozitron. Z této dvojice zůstává v látce jako trvalá částice jen elektron. Pozitron po zabrzdění anihiluje s některým z dalších elektronů za vzniku dvou fotonů záření γ o energii 511 keV.



Přeměna fotonu na elektron-pozitronový pár probíhá v bezprostřední blízkosti atomového jádra pod vlivem jeho elektrického pole, takže čím větší bude mít jádro náboj, tím bude větší pravděpodobnost vzniku elektron-pozitronového páru.

Proces tvorby elektron-pozitronových párů se nejvíce uplatňuje při vysokých energiích záření γ a u látek s vysokým protonovým (atomovým) číslem.

3.3.2 INTERAKCE NEUTRONOVÉHO ZÁŘENÍ

Pod neutronovým zářením se rozumí proud pohybujících se neutronů. Neutrony jsou za normálních okolností vázány v jádrech silnou interakcí, spolu s protony. Z jader se uvolňují jadernými reakcemi, vznikajícími např. při štěpení těžkých jader. Volné neutrony se spontánně rozpadají radioaktivitou β^- s poločasem asi 12 minut na protony, elektrony a antineutrino.

Protože neutrony nemají elektrický náboj, při průchodu látkou samy neionizují. Vlastní ionizaci prostředí způsobují až sekundární částice, které vznikají při interakci neutronů s jádry atomů.

Neutrony po vstupu do látky interagují téměř výhradně s atomovými jádry, a to následujícími způsoby.

PRUŽNÝ ROZPTYL

Pružný rozptyl neutronů na jádrech je nejčastějším způsobem interakce rychlých neutronů při jejich průchodu látkovým prostředím, zvláště s lehkými jádry. Letící neutron narazí na jádro, předá mu část své kinetické energie, odrazí se od něj a pokračuje v pohybu se změněným směrem a sníženou energií. Odražené jádro díky svému kladnému náboji při svém pohybu vyvolává ionizaci a excitaci okolních atomů, čímž ztrácí svou energii.

Předaná energie při pružném rozptylu neutronu je největší pro jádra vodíku a s rostoucí hmotností tedy s nukleonovým číslem jader klesá. Proto jsou rychlé neutrony nejvíce zpomalovány látkami obsahujícími lehké prvky, jako je: vodík, berylium, uhlík apod. Takovéto látky mohou sloužit jako účinné moderátory neutronů.

NEPRUŽNÝ ROZPTYL

Nepružný rozptyl, při němž neutron opět předá část své energie jádru, ale tato energie se nespotřebuje na mechanický pohyb jádra, ale na zvýšení vnitřní energie jádra, nastane tzv. excitace jádra. Při návratu jádra do původního stavu se vyzáří foton záření gama, který již vyvolává ionizaci mechanismy popsány v předchozím odstavci tedy fotoefekt, Comptonův rozptyl, ...

RADIAČNÍ ZÁCHYT

Při radiačním zachytu je neutron jádrem pohlcen a zůstane v něm vázaný. Následně je emitován jeden nebo více fotonů záření gama při deexcitaci jaderných hladin vzbuzených při absorpci neutronu. Záření gama pak již vyvolává ionizaci. Jádra, jež pohltí neutron, jsou často radioaktivní a rozpadají se za vyzáření dalšího ionizujícího záření, především β^- a γ .

Radiační zachyt neutronů je nejúčinnější pro pomalé neutrony s nízkou energií, zvláště pro "tepelné" neutrony s energií pouze cca 0,025 eV a je velice odlišný pro různá jádra.

K látkám, které nejúčinněji zachycují neutrony, patří zvláště bor a kadmium, které se proto používají jako stínící materiál pro neutronové záření a pro regulaci neutronového toku v jaderných reaktorech.

ŠTĚPENÍ

Ke štěpné jaderné reakci dochází u těžkých atomových jader (např. ^{235}U) při jejich ostřelování neutrony. Neutron pronikne do jádra uranu, je absorbován a tím se předá tomuto jádru tolik energie, že se rozkmitá a většinou se rozdělí na dva odštěpky a dva až tři neutrony. Odštěpky se od sebe velkou rychlostí vzdalují, jsou však velmi brzy brzděny nárazy o okolní atomová jádra a jejich pohybová energie se mění na energii tepelnou.

Opakování/Pozn.:

Pravděpodobnost, kterého jevu roste s energií primárního záření?

Co vznikne, dojde-li při interakci fotonu k tvorbě páru?

Vyjmenujete typy interakcí není interakcí fotonů s prostředím.

Při které interakci fotonu s prostředím dochází k úplné absorpci energie fotonu?

Co se stane s fotonem při Comptonově rozptylu?

Má vliv protonové (atomové) číslo na pravděpodobnost fotoefektu? Pokus ano, jaký?

Na převážně kterých slupkách interaguje primární foton při fotoefektu?

Co se stane s primárním fotonem v důsledku fotoefektu?

Je předmět, nebo část těla ozářená v pracovním prostředí zářením gama radioaktivní?

4 DETEKTORY

Při všech aplikacích IZ je informace o měřené veličině uložena ve změně toku částic svazku záření, které je nutno detekovat detektorem ionizujícího záření. Ve většině případů se používají detektory, které poskytují elektrický výstupní signál.

Veškeré způsoby detekce ionizujícího záření jsou založeny na jednotlivých jevech interakce IZ s hmotou.

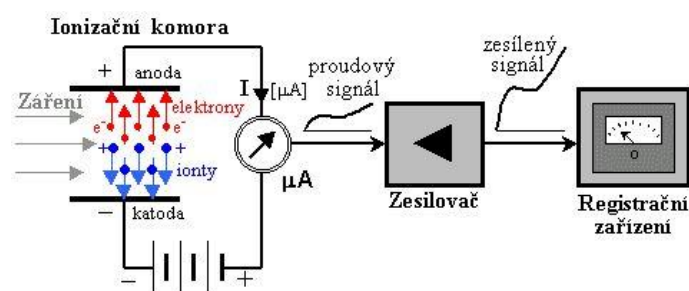
4.1 PLYNOVÉ DETEKTORY

Za standardních podmínek se plyny chovají jako velmi dobré izolanty. Působením přímo IZ se některé atomy nebo molekuly, původně neutrální, přeměňují ionizací na kladně nabitě ionty a elektrony. Při interakci nepřímo ionizujícího záření tuto ionizaci způsobují sekundární nabitě částice. Důsledkem toho vodivost plynu vzrůstá.

Do plynových detektorů lze zahrnout:

- ionizační komory
- proporcionální detektory
- Geiger – Mullerovy detektory

Rozdíly jednotlivých uvedených typů detektorů tkví ve zmnožení počtu primárních iontových párů, než dojde k jejich sběru na elektrodách detektoru. Hovoří se zde o zesílení⁷.



Charakteristický průběh hodnoty elektrického náboje sebraného na elektrodách detektoru v závislosti na přiloženém pracovním napětí U .

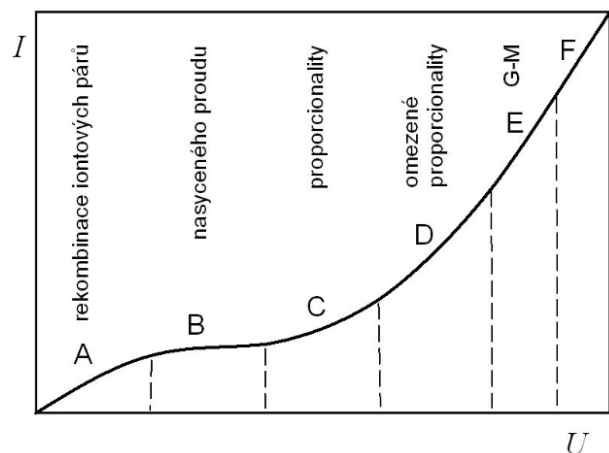
Oblast A:

oblast platnosti Ohmova zákona.

Pracovní napětí příliš nízké a sběr iontů nedokonalý. Této oblasti se k detekci ionizujícího záření neužívá.

Oblast B:

oblast nasyceného proudu. Pracovní napětí dostatečné, aby se sebraly všechny ionty vytvořené primární ionizací. Proto hodnota ionizačního proudu nezávisí na hodnotě přiloženého pracovního napětí. V této oblasti pracují ionizační komory pro záření gama.



⁷ U ionizačních komor se pracuje obvykle v oblasti nasyceného proudu a zesílení $Z=1$, což znamená, že proud protékající ionizační komorou je tvořen ionty z primární ionizace. U proporcionálních detektorů je počet primárních iontů znásoben sekundární ionizací $Z = 10^2-10^6$, u G-M počítaců $Z=10^8-10^{10}$. Hodnota zesílení Z závisí na geometrii elektrod, na složení plynové náplně a na pracovním napětí detektoru

Oblast C:

oblast proporcionální. Při dalším zvyšování pracovního napětí dochází k nárazové ionizaci a tím k vytváření dalších iontových párů, což zvyšuje hodnotu Q . Koefficient zesílení roste od hodnoty $Z=1$ až do hodnoty $Z=10^4$. V této oblasti pracují proporcionální detektory.

Oblast D:

oblast omezené proporcionality. Velikost náboje závisí jen do určité míry na počáteční ionizaci. Není běžně používanou oblastí.

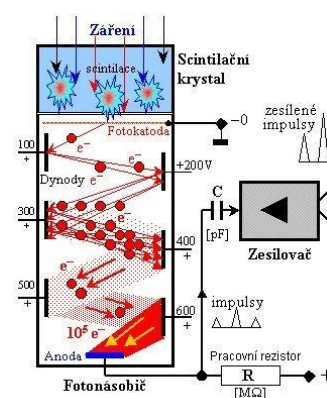
Oblast E:

oblast Geiger – Mullerova. Charakterizovaná nezávislostí odezvy na velikosti původně vytvořených ionizací a pouze velmi pozvolnou závislostí na dalším zvyšování napětí. V této oblasti pracují G-M počítače.

4.2 SCINTILAČNÍ DETEKTORY

Záření způsobuje excitaci atomů scintilátoru⁸. Při jejich návratu do základního stavu se emitují fotony zpravidla ve viditelné oblasti. Světelný záblesk se na fotokatodě fotonásobiče přeměňuje na elektrický impuls. Pro technické aplikace se používá nejčastěji scintilačních látek ve formě krystalu.

Scintilační krystal je z bočních stran obklopen reflektorem a mezi krystalem a fotokatodou je optický kontakt. Tím je zaručeno, že větší část fotonů dopadne na fotokatodu.



4.3 POLOVODIČOVÉ DETEKTORY

Založeny na ionizačních účincích v pevných látkách. Energie potřebná k tvorbě jednoho páru elektron – díra je asi 10 x nižší než energie potřebná k tvorbě iontového páru v plynu a asi 50 x nižší než energie nutná k uvolnění jednoho elektronu z fotokatody fotonásobiče.

Energetická rozlišovací schopnost polovodičových detektorů je proto značně lepší než rozlišovací schopnost detektorů plynových a scintilačních.

Nevýhodou polovodičových detektorů nutnost nepřetržité udržování nízké teploty (Kapalný dusík – 77K), omezení dosažitelných rozměrů, a tedy i menší geometrická účinnost.

⁸ Využití scintilací k detekci ionizujícího záření je metoda používaná už Ruthefordem. Teprve použití scintilačního krystalu ve spojení s fotonásobičem však umožnilo širší použití scintilačních detektorů a zejména použití těchto detektorů ke spektrometrickým účelům

Opakování/Pozn.:

Jaká je energetické rozlišovací schopnost polovodičových detektorů záření gama ve srovnání se scintilačnímu detektory?

Vyjmenujte typy detektorů.

Které detektory lze zahrnout mezi plynové detektory?

5 VELIČINY A JEDNOTKY

5.1 VELIČINY A JEDNOTKY CHARAKTERIZUJÍCÍ POLE IZ

5.1.1 AKTIVITA: A

Aktivita je podíl očekávané hodnoty počtu jaderných přeměn a časového intervalu, ve kterém tyto přeměny proběhnou.

Jednotkou aktivity je s^{-1} , pro kterou byl zaveden název Becquerel (Bq).

$$A = \frac{dN}{dt} [\text{Bq}], \quad \text{kde: } dN \text{ je počet jaderných přeměn, } dt \text{ je časový interval}$$

5.1.2 PLOŠNÁ AKTIVITA: A_S

Aktivita vztažená na jednotku plochy. Povrchová kontaminace je znečištění ploch nebo povrchu předmětů (rostlin, půdy, osob, ...) radioaktivními látkami.

Jednotkou plošné aktivity (povrchové kontaminace je Bq/cm^2).

$$a_s = \frac{A}{S} [\text{Bq/cm}^2], \quad \text{kde: } A \dots \text{aktivita, } S \dots \text{plocha}$$

5.1.3 OBJEMOVÁ AKTIVITA: A_V

Aktivita vztažená na jednotku objemu. Objemová aktivita vyjadřuje počet radioaktivních přeměn daného radionuklidu za jednotku času v určitém objemu (např. v 1 m^3). Objemovou aktivitu 1 Bq/m^3 má látka, u které v 1 metru krychlovém dochází k jedné radioaktivní přeměně za sekundu.

Jednotkou objemové aktivity je Bq/m^3 , eventuálně Bq/l .

$$a_v = \frac{A}{V} [\text{Bq/cm}^3, \text{Bq/l}] \quad \text{kde: } A \dots \text{aktivita, } V \dots \text{objem}$$

5.1.4 HMOTNOSTNÍ AKTIVITA (MĚRNÁ AKTIVITA): A_M

Aktivita vztažená na jednotku hmotnosti. Měrná aktivita se většinou uvádí jako hmotnostní aktivita, což je aktivita hmotnostní jednotky zářiče o velikosti 1 kg. V praxi však většinou 1 gramu.

Jednotkou hmotnostní aktivity je Bq/kg , respektive Bq/g

$$a_m = \frac{A}{m} [\text{Bq/kg, Bq/g}], \quad \text{kde: } A \dots \text{aktivita, } m \dots \text{hmotnost}$$

5.2 VELIČINY A JEDNOTKY ÚČINKŮ IZ NA PROSTŘEDÍ

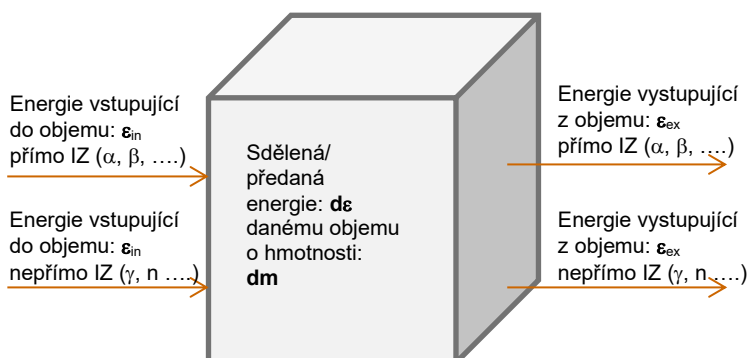
5.2.1 ABSORBOVANÁ DÁVKA: D

Absorbovaná dávka definována pro všechny druhy záření – pro přímo i nepřímo ionizující záření.

Absorbovaná dávka D je definována jako podíl střední energie $d\varepsilon$ předané ionizujícím zářením v objemovém elementu dávky dm a hmotnosti látky obsažené v tomto objemovém elementu.

Jednotkou je joule na kilogram, pro který byl zaveden název gray (Gy).

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm} [\text{Gy}],$$



Krátce lze říct, že absorbovaná dávka je energie ionizujícího záření absorbovaná v jednotce hmotnosti ozařované látky v určitém místě.

5.2.2 DÁVKOVÝ PŘÍKON: DP

je poměr přírůstku dávky dD za čas dt .

Jednotkou je $\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$. Často se dávkový příkon vyjadřuje v $\text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ nebo v $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$.

$$\dot{D}P = \frac{dD}{dt} [\text{Gy/s}].$$

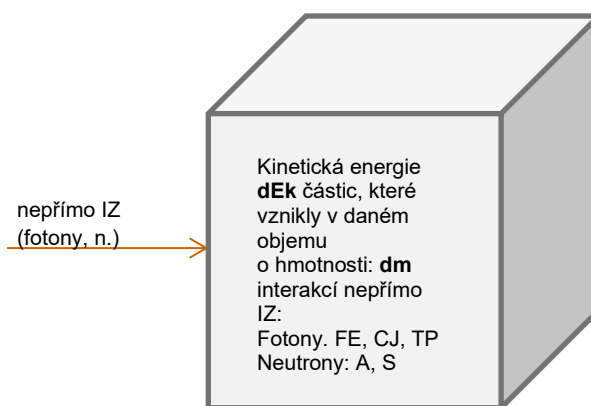
5.2.3 KERMA: K

Kerma se používá jen v souvislosti s nepřímo ionizujícím zářením (fotonové záření, neutrony).

Kerma⁹ K je definována jako podíl součtu počátečních kinetických energií nabitých částic vzniklých v jednotce objemu působením nepřímo ionizujícího záření a hmotnosti tohoto objemu.

Jednotkou je joule na kilogram, pro který byl zaveden název gray (Gy).

$$K = \frac{dE_k}{dm} [\text{Gy}],$$



5.2.4 KERMOVÝ PŘÍKON: KP

Kermový přírůstek je přírůstek kermy dK za časový interval dt,

$$\dot{K}P = \frac{dK}{dt} [\text{Gy/s}].$$

Jednotkou kermového příkonu je Gy.s⁻¹.

⁹ Kinetic energy released in material

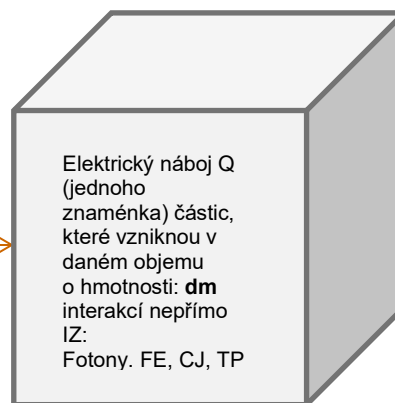
5.2.5 EXPOZICE: X

Veličina expozice je definovaná výhradně jen pro vzduch a pro fotonové záření gama (gama i rentgenové záření). Expozice je dána poměrem dQ/dm , kde dQ je absolutní hodnota celkového elektrického náboje iontů jednoho znaménka vzniklých ve vzduchu při úplném zabrzdění všech elektronů a pozitronů, které byly uvolněny fotony v objemovém elementu vzduchu o hmotnosti dm .

Jednotkou¹⁰ je coulomb na kilogram ($C \cdot kg^{-1}$).

$$X = \frac{|dQ|}{dm} [C/kg].$$

nepřímá IZ (fotony)
pouze ve vzduchu



5.2.6 EXPOZIČNÍ PŘÍKON: XP

Expoziční příkon je definován jako přírůstek expozice za jednotku času.

Jednotka je $C / kg \cdot s$.

$$\dot{X}P = \frac{dX}{dt} [C/kg \cdot s].$$

¹⁰ Dřívější jednotkou expozice byl 1 R = 0,258 $mC \cdot kg^{-1}$. Expoziční příkon X je přírůstek expozice dX za časový interval dt ; jednotkou expozičního příkonu je $C \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$. Veličina expozice se dnes v dozimetrické praxi určena jen pro etalonáž ionizujícího záření – místo ní se doporučuje používat kermu (dávku) ve vzduchu nebo ve tkáni

5.3 VELIČINY A JEDNOTKY OCHRANY PŘED IZ

5.3.1 EKVIVALENTNÍ DÁVKA: H_T

Ekvivalentní dávka je definována jako součin radiačního váhového faktoru w_R a střední absorbované dávky D v orgánu nebo tkáni pro ionizující záření (nebo součet takových součinů, jestliže je pole složeno z více druhů nebo energií).

Jednotkou je Sv [sievert].

Ekvivalentní dávka H_T je veličina, která má vztah ke tkáňovým reakcím

$$H_T = w_R \cdot D \quad [\text{Sv}],$$

Typ záření	Hodnoty radiačního váhového faktoru w_R
fotony, elektrony, miony	1
protóny, nabité piony	2
částice alfa, štěpné fragmenty, těžké ionty	20
neutrony, $E < 1 \text{ MeV}$	$2,5 + 18,2 \cdot e^{-\frac{\ln^2 E_n}{6}}$
neutrony, $1 \text{ MeV} \leq E \leq 50 \text{ MeV}$	$5,0 + 17,0 \cdot e^{-\frac{\ln^2 2E_n}{6}}$
neutrony, $E > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,2 \cdot e^{-\frac{\ln^2 0,045E_n}{6}}$

5.3.2 EFEKTIVNÍ DÁVKA: E

Efektivní dávka je definována jako součet součinů váhových tkáňových faktorů a w_T a ekvivalentní dávky H_T v ozářených orgánech nebo tkáních.

Jednotkou je Sv [sievert].

Efektivní dávka E je veličina, která má vztah k účinkům stochastickým = možnosti genetické změny (např. rakovina, leukémie).

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T \quad [\text{Sv}],$$

Hodnoty váhových tkáňových faktorů jsou uvedeny v příloze 2, vyhlášky 422/2016 Sb.

Pouze pro informaci jsou zde uvedeny hodnoty tkáňového váhového faktoru w_T pro orgány a tkáně lidského těla:

Kostní dřev	0,12	Ostatní tkáň	0,12	Štítná žláza	0,04
Tlusté střevo	0,12	Gonády	0,08	Povrch kostí	0,01
Plíce	0,12	Močový měchýř	0,04	Mozek	0,01
Žaludek	0,12	Jícen	0,04	Slinné žlázy	0,01
Mléčná žláza	0,12	Játra	0,04	Kůže	0,01

Součet tkáňových váhových faktorů = 1

5.3.3 DÁVKOVÝ EKVIVALENT: H_P

D dávkový ekvivalent H_P je bodová veličina.

dávkovým ekvivalentem součin absorbované dávky D v určitém bodě tkáně a jakostního faktoru Q vyjadřujícího rozdílnou biologickou účinnost různých druhů ionizujícího záření.

Jednotkou je Sv [sievert].

$$H = D \cdot Q \text{ [Sv]}$$

Hodnoty jakostních faktorů jsou uvedeny v příloze 2, vyhlášky 422/2016 Sb.

5.3.4 OSOBNÍ DÁVKOVÝ EKVIVALENT: $H_P(D)$

Osobní dávkový ekvivalent je definován jako dávkový ekvivalent v určitém bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně.

Jednotkou je Sv [sievert].

Většinou se používá osobní dávkový ekvivalent v hloubce:

- 0,07 mm tkáně: $H_P(0,07)$
- 3 mm tkáně: $H_P(3)$
- 10 mm tkáně: $H_P(10)$.

5.3.5 ÚVAZEK EFEKTIVNÍ / EKVIVALENTNÍ DÁVKY: $E(\tau)$, $H(\tau)$

Úvazkem efektivní /ekvivalentní dávky se rozumí časový integrál příkonu efektivní / ekvivalentní dávky po dobu τ ($\tau = 50$ let pro dospělé, $\tau = 70$ let pro děti) od příjmu radionuklidu.

Jednotkou je Sv [sievert].

5.3.6 KOLEKTIVNÍ EFEKTIVNÍ DÁVKA: S

Kolektivní efektivní dávkou se rozumí součet efektivních dávek všech jednotlivců v určité skupině.

Jednotkou je Sv [sievert].

5.3.7 PROSTOROVÝ DÁVKOVÝ EKVIVALENT

Dávkový ekvivalent v daném bodě pole záření, který by byl vytvořen odpovídajícím usměrněným a rozšířeným polem v ICRU kouli v hloubce 10 mm na poloměru mířícím proti směru pohybu částic v usměrněném poli.

5.3.8 SMĚROVÝ DÁVKOVÝ EKVIVALENT

Dávkový ekvivalent v daném bodě pole záření, který by byl vytvořen odpovídajícím rozšířeným polem v ICRU kouli v hloubce 0,07 mm na poloměru ve specifikovaném směru.

Opakování/Pozn.:

Co udává aktivita daného radionuklidu?

Jak souvisí aktivita radionuklidu a počet jeho atomů?

Co je základní jednotkou aktivity?

Jak je definována absorbovaná dávka?

Jak je definována efektivní dávka?

Jak je definována ekvivalentní dávka?

Jak nazýváme veličinu vztahující se k riziku stochastických účinků záření?

Jednotkou efektivní dávky je?

Jednotkou absorbované dávky je?

Jaká je jednotka objemové aktivity?

Která veličina je nejvhodnější pro popis fyzikální účinků interakce záření s látkou?

Která veličina je nejvhodnější pro popis biologických účinků záření?

Jaký je radiační váhový faktor pro záření gama?

Pro který druh záření je radiační váhový faktor je nejmenší?

Od jakých druhů záření můžeme očekávat relativně stejný biologický účinek při stejné dávce? Proč?

Co představuje váhový tkáňový faktor?

Kde jsou uvedeny hodnoty váhového tkáňového faktoru?

Jak je stanovena a k čemu slouží kolektivní efektivní dávka?

Jak se stanoví příkon prostorového dávkového ekvivalentu?

6 RADIOBIOLOGICKÉ HLEDISKO RO, INTERAKCE IZ S ŽIVOU HMOTOU

6.1 STAVBA BUŇKY

Eukaryotická¹¹ buňka na rozdíl od prokaryotické buňky má biomembránu nejen na povrchu, ale biomembránou jsou ohraničeny i různé vnitřní struktury buňky, například jádro. Eukaryotickou buňku mají rostliny, houby a živočichové (= eukaryotické organismy, zkráceně Eukaryota).

Obsah buňky:

cytoplazmatická membrána: biomembrána na povrchu buňky. Ohraničuje buňku, zajišťuje příjem látek do buňky a výdej látek z buňky ven. Membrána může být propojena i s dalšími membránovými strukturami uvnitř buňky.

základní cytoplazma: základní hmota uvnitř buňky. Je tvořena vodou, bílkovinami a dalšími rozpuštěnými látkami.

ribozomy: částice, v nichž probíhá tvorba bílkovin

jádro: od cytoplazmy je ohraničeno dvojitou biomembránou s malými póry (otvůrky pro komunikaci jádra s okolím), uvnitř obsahuje molekuly DNA (viz dále) a pomocné bílkoviny, řídící centrum buňky.

jadérko: malé tělísko uvnitř jádra (může jich být i více), zde se tvoří ribozomy

endoplazmatické retikulum: síť kanálků a malých dutinek uvnitř buňky ohraničených biomembránou. Vzniká vchlípením cytoplazmatické membrány (je s ní propojeno) a slouží především k transportu různých látek uvnitř buňky.

Golgiho komplex (Golgiho aparát): vzniká z endoplazmatického retikula. Je to skupina dutinek ohraničených biomembránou, v nichž se skladují a přetvářejí látky, které mají být vyloučeny z buňky ven (odpad, hormony, enzymy ap.). V případě potřeby se na okraji Golgiho komplexu vytvoří malé váčky, které dopraví vylučované látky na povrch buňky, aniž by došlo k jejich kontaktu s cytoplazmou. V Golgiho komplexu se často vytvářejí látky, které jsou pro buňku prudce toxické (například trávicí enzymy). Kdyby nebyly chráněny biomembránou, mohly by vnitřek buňky těžce poškodit.

cytoskelet (buněčná kostra): síť bílkovinných vláken v cytoplazmě, která zpevňuje vnitřek buňky a někdy umožňuje i jeho pohyb. Největšími z těchto vláken jsou trubičkovité útvary zvané mikrotubuly.

mitochondrie: energetická centra buňky. Protáhlá tělíska, která zajišťují buněčné dýchání. Mitochondrie jsou tvořeny dvěma vrstvami biomembrány. Vnější vrstva je hladká, vnitřní vrstva je zvrásněná a vytváří přepážky, na nichž probíhá postupná oxidace cukru (glukózy) a uvolňování energie.

6.1.1 JÁDRO (NUCLEUS, KARYON)

Nejdůležitější složkou jádra jsou molekuly DNA. Jedna molekula DNA v jádře se nazývá chromozom. U každého druhu organismů je přesně dáno, kolik chromozomů bude obsaženo v buněčném jádře.

U buněk nastávají dvě situace:

haploidní sada chromozomů = jeden soubor chromozomů, který obsahuje kompletní genetickou informaci (např. u člověka jde o 23 chromozomů). Každý chromozom se vyskytuje pouze jednou. Haploidní sada se vyskytuje prakticky jenom v pohlavních buňkách (u živočichů jen ve spermiích a vajíčkách).

diploidní sada chromozomů = obsahuje dva kompletní soubory chromozomů, tj. každý chromozom se vyskytuje ve dvou exemplářích (u člověka 46 chromozomů). Vzniká splynutím dvou haploidních sad

¹¹ řecké „eu-karyon“ = „pravé jádro“ (dobře ohraničené od svého okolí). Přítomnost různých vnitřních prostor navzájem ohraničených biomembránou umožňuje, aby uvnitř buňky současně probíhaly chemické reakce, které by se při společném průběhu navzájem „rušily“ (například oxidace a redukce, syntéza cukrů a jejich rozklad ap.).

při pohlavním rozmnožování (např. splynutím spermie a vajíčka). Vyskytuje ve všech tělních buňkách (= všechny buňky v organismu s výjimkou buněk pohlavních).

Počet chromozomů v haploidní i diploidní sadě je u všech organismů přesně daný. Zdvojení chromozomů v diploidní sadě má svoji výhodu: Když se nějaký gen na jednom chromozomu poškodí, eukaryotická buňka má k dispozici „zálohu“ na druhém chromozomu. Buňka bakterií (obsahující pouze jeden chromozom) tuto výhodu nemá, a proto snadno podléhá změnám (mutacím) genetické informace. Z výše uvedeného vyplývá, že všechny buňky našeho těla obsahují stejnou sadu chromozomů, tedy obsahují i kompletní genetickou informaci (dokonce ve dvou „kopiích“). Proto je teoreticky možné z každé tělní buňky „vypěstovat“ nového jedince s kompletní genetickou informací.

6.2 BUNĚČNÉ DĚLENÍ

Základem udržení života (živé hmoty) je dělení buněk. Dělení buněk umožňuje vznik nových jedinců, růst a obnovu organismu (buněk). Podle druhu dělení a jeho výsledku se dělení buněk uskutečňuje 3 způsoby:

- Přímé dělení – amitóza
- Nepřímé dělení – mitóza
- Redukční dělení - meioza

6.2.1 PŘÍMÉ DĚLENÍ - AMITÓZA

Přímé dělení je u vyšších organismů poměrně vzácný typ dělení buněk. Vyskytuje se u jednodušších buněk organismů. Výsledkem tohoto dělení jsou buňky stejné jako ty, z kterých vznikly. U vyšších organismů je pozorováno toto dělení méně často, např. u rychle rostoucích tkání (nádory, regenerace).

PRŮBĚH AMITÓZY:

Celá buňka se piškotovitě protáhne (i s jádrem), uprostřed se zaškrť a obě části se od sebe oddělí. Jiný způsob je ten, že se buňka uvnitř oddělí příhrádkou. Tímto dělením se množí jednobuněčné organismy např. améby, jádra nálevníků.

Podobným typem přímého dělení je pučení, které je typické pro kvasinky, bakterie, prvoky a láčkovce. Z jedné buňky mateřské vzniknou 2 buňky dceřinné. Jedná se o jednoduchý způsob dělení, při tomto typu dělení nelze pozorovat chromozomy, nemizí ani jaderná membrána.

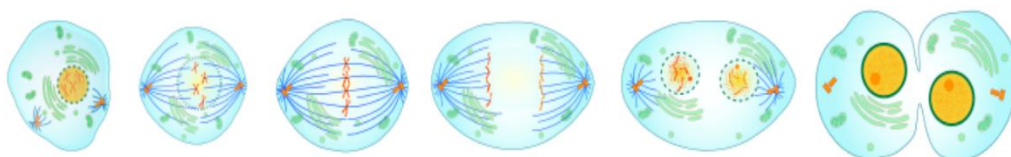
6.2.2 NEPŘÍMÉ DĚLENÍ - MITÓZA

Mitóza je složitý morfologický a biochemický proces dělení buněk probíhající u vyšších buněk. Výsledkem tohoto dělení jsou buňky, které jsou úplně stejné jako buňky, z kterých vznikly. Po dobu mitózy probíhají v cytoplazmě fyzikální a chemické změny (mění se vazkost, obsah DNA, RNA a některých prvků). Při vyšších teplotách probíhá dělení rychleji a naopak - záření, nebo některé chemické látky (mitotické jedy) mohou mitózu brzdit.

Při mitóze předchází samotnému rozdělení buňky složitý proces **rozdělení buněčného jádra při kterém zůstává v dceřiných jádrech zachován počet chromozomů**. Mitóza sama může sloužit jak k budování mnohobuněčného organismu, tak k tzv. nepohlavnímu rozmnožování (u jednobuněčných a primitivnějších mnohobuněčných organismů). **Produktem takového rozmnožování jsou geneticky identické buňky či organismy - klony.**

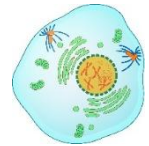
PRŮBĚH MITÓZY:

Mitóza probíhá ve 4 + 1 fázi, tento proces nazýváme životní cyklus buňky (buněčný cyklus).



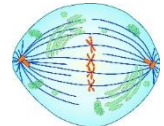
1. Profáze (30-60 min.)

Rozpustí se jaderná membrána, smísí se cytoplazma s karyoplazmou, jadérko zanikne. Zřetelně se objeví chromozómy, jako vláknité útvary. Centriol se rozdělí na dvě části, každá část putuje k opačnému pólu buňky. Vytvoří se vlákna budoucího dělicího vřetenka. Chromozómy se podélně rozštěpí, zůstávají ale stále nerozděleny, pevně u sebe.



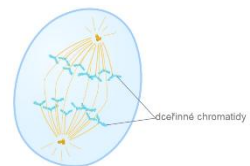
2. Metafáze (2-4min.)

Chromozómy se seřadí do rovníkové roviny buňky. Chromozómy se připevní na vlákna dělicího tělíska, postupně se tak vytvoří útvar nazývaný „dělicí vřetenko“.



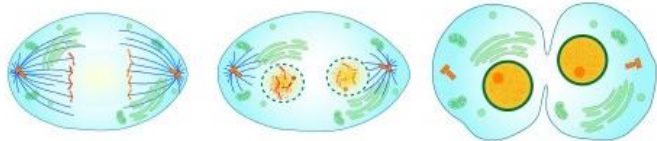
3. Anafáze (3-5min.)

Každý chromozóm se podélně rozdvojí na dva dceřiné chromozómy. Vlákna dělicího vřetenka se smršťují a přitahují dceřiné chromozómy k pólům buňky. Celá buňka se začíná protahovat a v jejím středu se vytvoří brázda.



4. Telofáze (30-60 min.)

Vytvoří se dvě dceřiná jádra, která obsahují stejný počet chromozómů, jako původní buňka. Kolem jader vznikne nová jaderná membrána. V jádře se objeví jadérko. Ostatní buněčné organely vznikají během mitózy buď rozdělením z původní organely, nebo vznikají nové ze základní cytoplazmy. Dokončí se přiškrvení buňky a její oddělení na dvě samostatné buňky.



5. Interfáze (2-16 hodin)

Interfáze je klidové stádium buňky, kdy se buňka připravuje na nové dělení. Zdvojuje se množství molekul DNA, RNA a bílkovin, chromozómy se rozštěpí, ale zůstávají pohromadě.

BUNĚČNÝ CYKLUS

Buněčný cyklus je cyklus, kterým prochází eukaryotická buňka od svého vzniku po další dělení. Tedy od dělení po dělení buňky. Doba trvání cyklu se nazývá generační doba. Buněčný cyklus lze rozdělit na čtyři základní fáze podle "přípravných" procesů v buňce, které mají vztah k rozdělení buňky:

G1 fáze (50 %) - **zdvojení buněčné hmoty**, buňka roste, tvoří se RNA a proteiny, připravuje se zásoba nukleotidů a enzymů pro replikaci DNA.

S fáze (30 %) - **DNA se replikuje na dvojnásobné množství**, každý chromosom je na konci této fáze zdvojený.

G2 fáze (15 %) - **zdvojování organel**, tvorba struktur potřebných pro dělení buňky – mitotické vřetenko.

M fáze (mitóza) (5 %) - **dělení jádra** (karyokineze), **dělení buňky** (cytokineze), výsledkem jsou dvě buňky o stejném počtu chromozómů.

6.2.3 REDUKČNÍ DĚLENÍ - MEIÓZA

Meióza je zvláštní formou mitotického dělení buněk. Probíhá v pohlavních buňkách (spermie, vajíčka). Jeho výsledkem jsou buňky, které mají promíchaný genetický materiál a obsahují poloviční počet

chromozómů (zralé pohlavní buňky připravené na oplození-gamety).

Toto dělení se vyskytuje v průběhu vývoje pohlavních buněk (spermií a vajíček), je to složitý proces, probíhající několik dní i měsíců.

PRŮBĚH MEIÓZY:

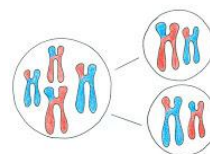
Meióza se skládá ze dvou po sobě jdoucích dělení buňky, počet chromozómů se ale zdvojnásobí jen jednou.

1. Dělení (podobné mitóze):

Párové, homologí chromozómy (od matky a otce) se k sobě přiloží, spojí se a vzájemně překříží - vymění si genetický materiál.

Po výměně genetického materiálu se chromozómy podélně rozštěpí a oddělí (stejně jako v anafázi mitózy).

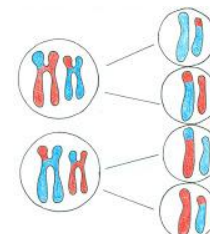
Z jedné buňky vznikají dvě buňky s diploidním počtem chromozómů (podobné jako u mitózy). Tyto chromozómy mají ale, na rozdíl od mitózy, promíchaný genetický materiál od otce a matky.



2. Dělení (oddělení buněk bez zdvojení chromozómů) :

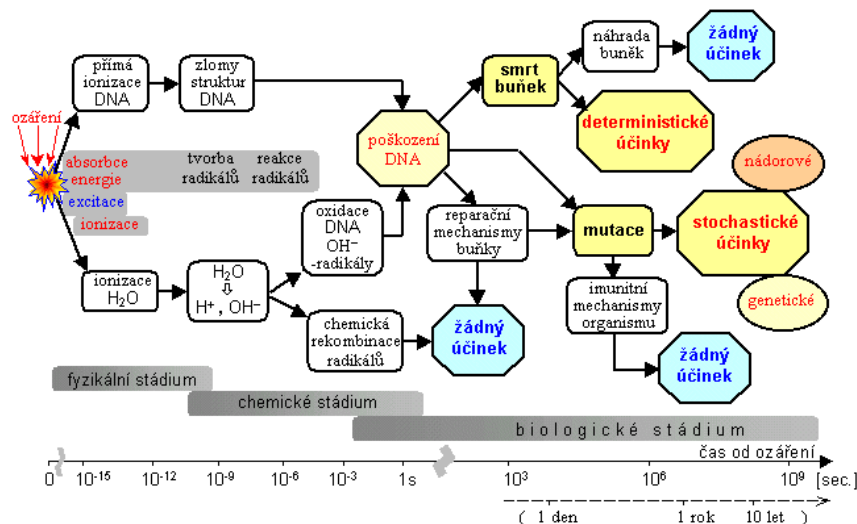
Ze dvou výše vzniklých buněk vzniknou čtyři buňky (z každé buňky dvě) prostým přechodem chromozómů do nových buněk.

V této fázi se už tedy nezdvojují chromozómy, nové čtyři buňky mají každá jen poloviční počet chromozómů, jsou tak připravené na proces oplození.



6.3 INTERAKCE IZ S ŽIVOU HMOTOU

Proces působení ionizujícího záření na živou tkáň je složitý proces probíhající v několika základních etapách, které se liší rychlostí. Kromě fyzikálního procesu, jenž je charakterizován ionizací a excitací, se do děje zapojuje také chemický proces charakterizovaný působením volných radikálů na DNA a biologický proces charakterizovaný molekulárními změnami v biologicky důležitých látkách; oba tyto procesy mohou vést k funkčním změnám buňky.



Pro pochopení účinku záření na buňku je třeba si zopakovat některé základní skutečnosti z biologie: nové buňky vznikají buněčným dělením, které známe ve dvou formách. Nejčastější je dělení mitotické (nepřímé), méně časté je dělení amitotické (přímé), které probíhá jako jednoduché zaškrcení jádra i těla buněčného. Dělení nepřímé, mitosa, je komplikovaný dělicí pochod, charakterizovaný v mikroskopickém obraze hlavně nápadnými změnami jaderné hmoty buňky - tzv. chromatinu, který se dočasně změní v podkovovitě zahnuté tyčinky - chromozomy. Ty se po podélném rozštěpení a vstoupení do příslušných polovin původní buňky opět změní v chromatinová zrna a hrudky, (chromozomů má člověk v jádře buňky 46). Vytvoří se tak dvě nová dceřiná jádra a cytoplasma původní buňky se rozdělí na dvě buněčná těla.

Vedle těchto základních forem dělení existuje ještě zvláštní druh dělení pohlavních buněk (meiosa), při kterém se počet chromozomů redukuje na polovinu a jejich kompletního počtu je opět dosaženo až po splnutí mužské a ženské zárodečné buňky.

Účinky záření na buňku můžeme rozdělit do dvou skupin:

- smrt buňky,
- změny v cytogenetické informaci buňky.

6.3.1 SMRT BUŇKY

OKAMŽITÁ SMRT BUŇKY

Smrt buňky (buněčná deplece): Buňka může být usmrcena již v klidovém období, interfázi (což je interval mezi dvěma buněčnými děleními, mitozami). Tento účinek však předpokládá povšechnou denaturaci buněčných složek, tedy relativně vysokou dávku záření.

MITOTICKÁ SMRT BUŇKY

Významnějším typem buněčné smrti je zánik vázaný na mitozu, na buněčné dělení. Poškození buňky se neprojeví okamžitě, ale tím, že buňka není schopna se dále dělit. Tato tzv. mitotická smrt buňky se pozoruje při menších dávkách, které nestačí na vyvolání smrti v interfázi. Odtud lze odvodit, že smrtící účinek záření na buňky se nejnázne projeví ve tkáních, ve kterých probíhá rychlé buněčné dělení (krvetvorné orgány, výstelka střeva, vyvíjející se zárodek).

Mitotická smrt buňky nastává i při menších dávkách (jednotky Gy), které nestačí na vyvolání přímé smrti buňky v interfázi. Ukazuje se tedy, že buňky, které se rychle dělí, mají vyšší radiosenzitivitu (mitotická smrt je převládajícím typem buněčného zániku v důsledku ionizujícího záření).

6.3.2 ZMĚNA V CYGENETICKÉ INFORMACI BUŇKY

Změna tzv. cytogenetické informace: Druhým typem buněčných poruch jsou změny, které bezprostředně nenarušují průběh buněčného dělení. Jedná se o změny v genetické informaci buňky, která je uložena v jejím jádře, ve zmíněných chromozomech, které nesou zakódované vlastnosti v tzv. genech. Záření vyvolává změny - mutace, které mohou být podle jednoho dělení bodové, genové a chromozomové, podmíněné hrubší poruchou. Podle jiného dělení se odlišují mutace gametické (týkající se zárodečných žláz, propagují se do dalších generací), které jsou odpovědné za genetické účinky záření a mutace somatické, které se týkají ostatních orgánů a tkání a důsledky se projevují u jejich nositele, v ozářené tkáni. Mají vztah ke vzniku rakoviny.

Podle svého rozsahu se mutace rozdělují:

- bodové neboli genové
- chromozomové (chromozomové aberace či změny počtu chromozomů).

Z hlediska reprodukčního se mutace dělí

- somatické, které se projevují jen u konkrétního ozářeného jedince v ozářené tkáni (kde mohou vést k pozdnímu somatickému poškození a vzniku zhoubných nádorů),
- gametické mutace u zárodečných buněk, které se mohou přenášet na další generace v potomstvu ozářených osob (malformace).

6.3.3 NÁSLEDKY PO OZÁŘENÍ BUNĚK

Buňka, která je zasažena určitou dávkou IZ je schopná se v krátkém čase zotavit a odstranit škody, které IZ způsobilo. Někdy se ale jedná o změny trvalé. Citlivost buňky na IZ je nejvíce ovlivněna ve fázi dělení – mitózy.

Následky ozářená buňky IZ lze shrnout:

- Buňka zůstane nepoškozená.
- Buňky se zpožděným dělením. Tyto buňky se chvíli zotavují a následně pokračují ve správném dělení.
- Buňky s nesprávným dělením. Tyto buňky se po zotavení začnou dělit ale jinak než původní¹².
- Buňky jsou poškozeny nenávratně = buňky se nedokážou dělit, nebo jsou schopny pouze několika dělení a následně odumřou.
- Buňky zemřou.

6.4 ZDRAVOTNÍ ÚJMA, ÚČINKY NA LIDSKÝ ORGANIZMUS

ZDRAVOTNÍ ÚJMA

AZ/2016, §60

Snížení délky a kvality života u části obyvatelstva (včetně snížení délky a kvality života způsobeného tkáňovými reakcemi, rakovinou a vážnými genetickými poruchami) v důsledku ozáření obyvatelstva.

Ozáření buněk vede tedy k řadě škodlivých změn, z nichž sice značná část může být reparačními mechanismy organismu napravena, avšak část může vést ke zničení buněk a některé změny (např. v kódu DNA) mohou být trvalé nebo se mohou reprodukovat. Na účinky ionizujícího záření jsou citlivé zejména tkáně s intenzivním dělením buněk, jako jsou např. krvetvorné nebo nádorové, sliznice, vyvíjející se plod (zvláště v počátečních stádiích vývoje).

Jednotlivé tkáně a orgány jsou různě vnímavé na vznik nádorů po ozáření. Mezi nejvnmavější patří kostní dřeň, žaludek, tlusté střevo a plíce, nově i mléčná žláza u žen.

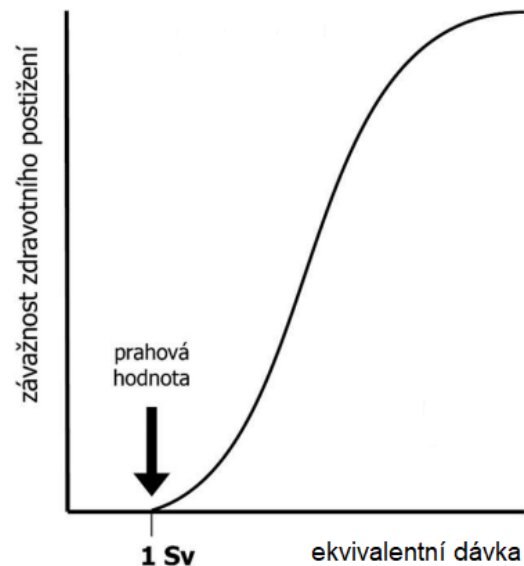
TKÁŇOVÉ REAKCE		STOCHASTICKÉ	
ČASNÉ (akutní)	POZDNÍ (chronické)		
SOMATICKÉ			GENETICKÉ
▪ akutní nemoc z ozáření ▪ akutní dermatitida ▪ poškození fertility	▪ poškození oční čočky ▪ chronická dermatitida	▪ zhoubné nádory u ozářeného jedince	▪ genetické změny u potomstva
Poškození plodu v těle matky			

¹² Některé z nich se vyvíjejí jako „obrovské buňky“ a jsou charakteristickým znakem po ozařování

6.4.1 TKÁŇOVÉ REAKCE (DETERMINISTICKÉ ÚČINKY)

Při vysokých dávkách záření je počet poškozených molekul natolik vysoký, že organismus není schopen je zcela opravit. Výsledkem toho uhynutí části buněk.

- Jsou prahové,
- s rostoucí dávkou roste závažnost poškození,
- jsou lokální,
- jsou časně i pozdní,
- jsou pouze somatické,
- mají klinický obraz,
- záleží na protražovanosti,
- jsou charakterizovány ekvivalentní dávkou H_T , jednotka je Sv.



6.4.2 TKÁŇOVÉ REAKCE ČASNÉ/AKUTNÍ

AKUTNÍ POSTRADIČNÍ SYNDROM (NEMOC Z OZÁŘENÍ)

Závažnost průběhu akutního onemocnění z ozáření a vyhlídky na přežití jsou příznivě ovlivněny stíněním určitých částí těla. Z hlediska krve tvorby je důležité zachování ostrůvků krvetvorné kostní dřeně.

Akutní nemoc z ozáření (akutní postradiační syndrom) se rozvíjí po jednorázovém ozáření celého těla nebo jeho větší části dávkou asi od 1 Sv výše. V závislosti na stupni ozáření převažují v klinickém obraze příznaky od poškození krvetvorných orgánů a trávicího ústrojí až k poškození centrálního nervového systému. Akutní postradiační syndrom můžeme dělit:

- | | |
|-----------------|----------|
| ▪ forma krevní | 1 - 6 Sv |
| ▪ forma střevní | 10 Sv |
| ▪ forma nervová | >> 10 Sv |

Krevní (hematologický) forma

Krevní forma akutní nemoci z ozáření vzniká po celotělovém ozáření dávkou si od 1 Sv do 6 Sv. Jeho průběh lze rozdělit do několika období. V prvním dni po ozáření vystupují všeobecné neurčité příznaky (nevolnost, skleslost), které doprovází zvracení. Tyto projevy jsou důsledkem poruch regulačních (nervových a humorálních) systémů. Následuje období latence (1 – 2 týdny), které je v podstatě bez příznaků. Vlastní onemocnění je charakterizováno zejména projevy mikrobiálního rozsevu (sepsy) a krvácením. Postižený má teploty, trpí krvácením z dásní a do kůže, ubývá na váze pro nechutenství a průjemy, může mít zvrhovatelá ložiska na sliznicích. V krevním obraze je výrazný pokles bílých krvinek (především lymfocytů). Klesá i počet krevních

destiček a červených krvinek. V závislosti na dávce nastupují po šesti až osmi týdnech známky uzdravování. Ze zachovalých ostrůvků krevní dřeně dochází dělením a zráním kmenových buněk k doplňování chybějících krvinek v krevním oběhu. Je-li dávka záření vyšší, mezi 6 Sv až 10 Sv, je celý průběh bouřlivější, nevolnost a zvracení se objevují za několik málo hodin po ozáření, období latence je kratší, průběh vlastního onemocnění je velmi těžký a vede k smrti kolem 20. - 30. dne, pokud nebyla včas zajištěna intenzivní individuální léčba.

Střevní forma

Při dávkách záření kolem 10 Sv a vyšších jsou časné příznaky značně vystupňované a závažné obtíže vystoupí už 4. až 6. den po ozáření, tj. dříve než se objeví příznaky krevní. Tato tzv. střevní forma akutní nemoci z ozáření (gastrointestinální) je charakterizována krvavými průjmy, poruchou hospodaření tekutinami a minerálními látkami. Může dojít i ke komplikacím, bezprostředně ohrožujícím život, jako je střevní proděravění nebo střevní zástava. Tyto projevy mají příčinu v odumření buněk střevní výstelky, jejichž odolnost vůči ozáření je poněkud vyšší než citlivost kmenových buněk krvetvorby, ale doba jejich života (rychlost obměny) je kratší (4 - 6 dnů). Zánikem výstelky střevní dojde k obnažení vnitřního povrchu střeva a k dalším uvedeným komplikacím. Přežije-li postižený 7 - 10 dnů, projeví se v plné míře i příznaky poškození krvetvorných orgánů.

Nervová forma

Po dávkách v úrovni několika desítek Sv proběhne akutní nemoc z ozáření pod obrazem nervové formy. Bezprostředně po ozáření se dostaví psychická desorientace a zmatenost, porucha koordinace pohybů, křeče a konečně hluboké bezvědomí. Smrt nastane do několika hodin nebo dnů.

RADIAČNÍ DERMATITIDA (POŠKOZENÍ KŮŽE) - AKUTNÍ

Z lokálních účinků je třeba věnovat největší pozornost kůži, která je při každém zevním ozáření vstupním polem svazku záření.

Stupeň poškození kůže je závislý na dávce, druhu záření, velikosti ozářeného pole a na lokalizaci.

Radiační dermatitis 1. stupně

Práh poškození se pohybuje od cca 3 Sv. Několik hodin po ozáření (do 2 - 3 dnů) se objevuje tzv. časný erytém (časné zarudnutí kůže), který do 24 hodin mizí. Pak nastane období klidu, trvající 10 - 15 dnů. Vlastní odezva na ozáření je tzv. pozdní erytém (pozdní zarudnutí) při kterém dochází ke zduření kůže a bolestivosti. To je obraz akutní radiační dermatitidy prvního stupně. Při dávce kolem 3 Sv dochází i k epilaci (ztrátě ochlupení), která po dávce asi 6 Sv může být trvalá. Nejvýraznější bývá tam, kde se vlas či chlup rychle obnovuje (vlasatá část hlavy, vousy).

Radiační dermatitis 2. stupně

Po ozáření vyššími dávkami, zpravidla nad 10 Sv vzniká radiační dermatitida druhého stupně. Pokožka se odděluje od pojivového podkladu tekutinou, vystupující z cév a vznikají puchýře. Jejich odlučováním a infekcí ložiska se stav dále komplikuje. V příznivějším případě nastává po 2 - 4 týdnech obnova pokožky z okrajů defektu.

Radiační dermatitis 3. stupně

Pokud dojde k těžšímu poškození cév, vyživujících tkáň, dochází k jejímu odumření a vzniku vředu (radiční dermatitida třetího stupně). Vřed se velmi špatně hojí a i po zhojení je další osud postiženého okrsku kůže nejistý. Nová pokožka je tenká a špatně odolává zátěži (mechanické, termické) i infekci. Rozvojem degenerativních změn může i po letech vzniknout tzv. pozdní vřed vyžadující chirurgický zákrok.

POŠKOZENÍ FERTILITY (PLODNOSTI)

- dočasná sterilita 250 mSv
- stálá sterilita 3–8 Sv

Dalším významným lokálním poškozením může být postižení fertility (plodnosti) po ozáření pohlavních žláz. Odpověď na ozáření pohlavních orgánů je u muže a ženy různá. U muže dochází již po dávce 0,25 Sv k přechodnému snížení počtu spermií, ke sterilitě dochází až po dávkách 3 - 8 Sv s tím, že se plodnost může nejednou obnovit. U žen vzniká trvalá sterilita po dávce kolem 3 Sv (v závislosti na věku ženy). Rozdíly jsou zde proto, že vajíčka, která ubývají z vaječníků během jednotlivých měsíčních cyklů ženy nejsou nahrazována, zatímco ve varlatech je zásoba spermií během dospělého věku průběžně doplňována. U žen mohou být postiženy i sekundární pohlavní znaky, protože produkci ženských pohlavních hormonů obstarávají rychle se dělící buňky v okolí dozrávajícího vajíčka, zatímco u mužů relativně odolné buňky nepřísluší k zárodečné tkáni.

DALŠÍ ČASNÉ TKÁŇOVÉ REAKCE

Z dalších časných účinků je možno jmenovat radiční zánět plic nebo radiční zánět nosohltanu po jednorázovém ozáření hrudníku nebo hlavy (práh kolem 5 Gy).

6.4.3 TKÁŇOVÉ REAKCE POZDNÍ/CHRONICKÉ

RADIAČNÍ DERMATITIDA (POŠKOZENÍ KŮŽE) - CHRONICKÁ

>> 12 Sv – trvalé poškození kůže

Chronický zánět kůže byl zjišťován zejména u lékařů-rentgenologů, kteří prováděli rtg vyšetření bez dokonalé ochrany před zářením. Projevoval se zejména suchostí kůže, jejím praskáním a křehkostí, lomivostí a podélným rýhováním nehtů.

OČNÍ KATARAKTA (POŠKOZENÍ OČNÍ ČOČKY)

- jednorázová dávka 100 mSv
- protrahovaná dávka 8 Sv

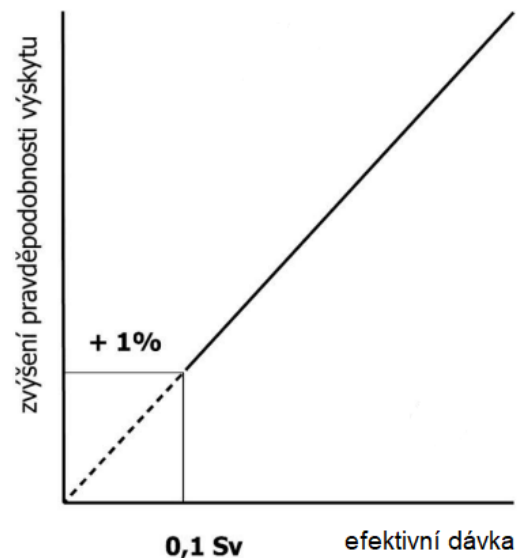
Zákal oční čočky může po dlouhé době latence vzniknout podle posledních údajů již po jednorázové dávce kolem 1,0 Gy, při protrahované expozici se práh zvyšuje.

6.4.4 GENETICKÉ POŠKOZENÍ, STOCHASTICKÉ ÚČINKY

Při menších dávkách organismus většinu poškozených buněk úspěšně opraví svými reparačními mechanismy. I při malých dávkách však existuje určitá pravděpodobnost, že některá poškození se opravit nepodaří a vyskytnou se pozdní trvalé následky genetického nebo somatického (nádorového) charakteru.

Jsou bezprahové,

- s rostoucí dávkou roste pravděpodobnost / četnost poškození,
- nejsou lokální,
- jsou pouze pozdní / dlouhá doba latence,
- jsou somatické i genetické,
- nemají klinický obraz,
- nezáleží na protrahovanosti,
- jsou charakterizovány efektivní dávkou E, jednotka je Sv.



6.4.5 RIZIKO SMRTI (HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH DŮSLEDKŮ)

U stochastických účinků nejsou žádné prahové hodnoty, míra poškození je stanovována pomocí tzv. koeficientů rizik. Uvedené koeficienty rizika stanovila ve svém doporučení č. 103 z roku 2007 Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu (ICRP).

- | | |
|---|-------------------------------------|
| ▪ koeficient rizika smrti pro radiační pracovníky ¹³ | $410 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$ |
| ▪ koeficient rizika smrti pro celou populaci | $550 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$ |
| ▪ koeficient rizika vzniku genetických poškození ¹⁴ | $20 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$ |

Číslo, které charakterizuje celoživotní riziko úmrtí na záření vyvolanou rakovinu (zahrnuje různou radiosenzitivitu, ale i léčitelnost jednotlivých nádorů) se jmenuje koeficient rizika.

Celkový koeficient rizika úmrtí na záření vyvolané zhoubné nádory byl stanoven pro pracovníky $4,1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ (tzn., že ze 100 pracovníků ozářených efektivní dávkou 1 Sv bude pravděpodobně u 4 osob příčinou smrti zhoubný nádor.)

Koeficient rizika smrti pro celkovou populaci je vyšší – $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, neboť jsou zde zahrnuti i děti, které jsou radiosenzitivnější. Je třeba poznamenat, že populační riziko smrti na rakovinu je cca 25%, na rakovinu tedy zemře prakticky každý čtvrtý

¹³ $410 \cdot 10^{-4} / \text{Sv}^{-1}$ znamená: dojde-li k ozáření desetitisíc radiačních pracovníků, každý RP obdrží dávku 1 Sv, potom jich 410 zemře na stochastický účinek (např. rakovinu); pozn.: $410 \cdot 10^{-4} = 4,1 \cdot 10^{-2} = 4,1 \% \sim 1:25$.

¹⁴ Pro celou populaci

člověk bez „přídavného“ ozáření. Dále je třeba poznamenat, že se jedná o odhad celoživotního rizika při malých dávkových příkonech řídce ionizujícího záření, přičemž pro děti jsou tyto koeficienty pravděpodobně cca 2 - 3 krát vyšší, pro dospělé nad 50 let 5 - 10 krát nižší (což se netýká některých typů leukémií).

6.4.6 ZHOUBNÉ NÁDORY

Zhoubné nádory jsou nejzávažnější pozdní somatické účinky ionizujícího záření. Společným rysem představ o vzniku rakoviny je vícesložkový charakter tohoto onemocnění. Jednou složkou je existence buněk, nesoucích modifikovanou (mutovanou) informaci a přenášejících tuto atypii na své potomstvo (genomická nestabilita, vznik geneticky nestabilního fenotypu), druhou složkou vzniku nádoru je soubor podmínek, které působí proti tendenci eliminovat atypické buňky nebo potlačit jejich růst. Je známa řada činitelů, působících v jedné nebo druhé jmenované fázi děje. Jsou to viry, dehtové karcinogeny aj. Ve druhé fázi se uplatňují zejména změny v produkci hormonů nebo oslabení imunitní obrany organismu. Ionizující záření může podle současných poznatků působit na různých stupních procesu vývoje rakoviny. Představa, že zhoubné nádory jsou vyvolávány i malými dávkami ionizujícího záření, je odvozena z řady pozorování, mezi nimiž má zvláštní význam studie přeživších obětí atomových útoků v Hirošimě a Nagasaki, pozorování pacientů léčených v Anglii rtg zářením pro onemocnění páteře a rozbor příčin smrti amerických radiologů exponovaných v letech 1900 - 1950.

Důležitou charakteristikou je časový průběh výskytu zhoubných nádorů po ozáření. Po ozáření nevznikne nádor bezprostředně, ale až po několikaletém období latence, která je např. u leukemie 5 - 20 let, u nádorů plic 10 - 40 let.

6.4.7 GENETICKÉ ZMĚNY

Významnou skupinou pozdních účinků záření je postižení potomstva ozářených osob. Podkladem genetických změn je, jak již dříve uvedeno, mutace, tj. změna v genetické informaci buňky. Za dědičné účinky je odpovědná tzv. gametická mutace, což je mutace v jádře zárodečných buněk (vajíčka, spermie) pohlavních žláz. Genetický účinek záření spočívá ve zvýšené frekvenci mutací v porovnání s mutacemi vznikajícími spontánně. Mutovaný gen je schopen reprodukce při dělení buňky, a tak je mutace předávána do dalších generací. Základ budoucího jedince, vzniklý splynutím mužské a ženské zárodečné buňky, může v důsledku své nepříznivé genetické skladby velmi časně zaniknout, tj. v období před nebo krátce po vnoření se do děložní sliznice matky. Tento typ poškození se projeví jako neúspěšné oplození.

V jiném případě dojde k vývoji zárodku, ale těhotenství končí potratem, předčasným porodem, úmrtím novorozence brzy po porodu nebo porodem dítěte s hrubou vrozenou vadou. Je třeba poznamenat, že podíl všech genetických vlivů na samovolné potratovosti činí 20 - 25%.

Jiným příkladem následků jsou geneticky podmíněné vývojové vady jako je např. Downova nemoc, genetický podklad může mít i změna poměru pohlaví v populaci apod. Geneticky podmíněné a tudíž i zářením zasažitelné jsou i některé komplexní biologické charakteristiky, jako je fyzická síla, inteligence, motorická hbitost apod.

Z uvedeného výčtu různých projevů změny genetické informace je patrné, že mutace mohou ovlivnit vyhlídky na přežití a další uplatnění nových jedinců. Odhaduje se, že mutovaný gen setrvává v populaci asi 40 generací.

Kvantitativní odhady vztahů mezi dávkou a účinkem se u genetických účinků opírají téměř výlučně o experimentální údaje. Koeficient rizika genetických účinků byl nově pro celkovou populaci odhadnut na $0,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, pro kojence a děti s očekávanou plnou reprodukční schopností je však riziko několikrát vyšší než je uvedená hodnota. Pro starší věkové skupiny naopak riziko klesá k nule v souladu s poklesem reprodukční schopnosti.

Při posuzování vlivu ionizujícího záření na geneticky podmíněné nepříznivé rysy u potomstva je třeba zvážit, že v normální (neozářené) populaci je spontánní výskyt geneticky podmíněných odchylek cca 5 - 10 na 100 živě narozených dětí.

6.4.8 POŠKOZENÍ PLODU V TĚLE MATKY

Poškození plodu v těle matky lze zařadit svojí charakteristikou do všech kategorií biologických účinků: tkáňových reakcí, stochastických, časných, pozdních, somatických i genetických.

- 1. – 2. týden 100 mSv – teorie „všechno nebo nic“,
- 3. – 8. týden 100 mSv – malformace,
- 8. – 25. týden 200 mSv – mentální retardace.

Možnost účinku záření na zárodek záleží na době ozáření vzhledem k době, uplynulé od doby početí. Soudí se, že v prvních třech týdnech po početí, kdy je počet buněk zárodku malý a buňky nejsou ještě specializované, projeví se poškození těchto buněk nejčastěji neschopností implantace nebo zánikem oplozeného vajíčka, nikoli deterministickými nebo stochastickými účinky.

Největší radiosenzitivitu vykazuje plod mezi třetím a osmým týdnem po početí (období tzv. embryogeneze), kdy je relativně vysoké riziko vzniku malformací orgánu, který je v té době právě ve vývoji. Tyto účinky jsou deterministické povahy a mají u člověka práh, odhadovaný na základě pokusů na zvířatech na 0,1 Sv.

Mezi osmým a dvacátým pátým týdnem po početí je zárodek citlivý na vyvolání mentální retardace. Práh pro tento účinek se udává minimálně 0,2 Gy.

Od čtvrtého týdne po početí může být plod citlivý na vyvolání zhoubných nádorů ozářením, které se manifestují v dětství nebo v dospělosti. O míře rizika se soudí, že je obdobná jako u dětí v první dekádě života, tedy cca 2 - 3 krát vyšší než u dospělých.

Opakování/Pozn.:

Co považujeme za stochastické účinky záření na lidský organismus?

Lze rozlišit stochastické účinky IZ na lidský organismus dle klinických příznaků od účinků vzniklých spontánně?

Která poškození patří mezi pozdní účinky záření?

Která poškození patří mezi akutní účinky záření?

Které veličiny jsou vhodné k popisu stochastických účinků?

Které veličiny jsou vhodné k popisu tkáňových reakcí?

Jak se projeví tkáňová reakce IZ?

Které orgány z hlediska tkáňové reakce na ozáření patří mezi nejcitlivější?

Vyjmenujte biologické účinky IZ, které jsou tkáňovou reakcí.

Vyjmenujte biologické účinky IZ, které jsou stochastické.

Jaké je tkáňová reakce IZ se při rozložení dávky v čase ve srovnání s jednorázovým ozářením?

Při jaké jednorázové ekvivalentní dávce dojde jistě k akutnímu poškození kůže?

Jaká je prahová dávka pro chronický zánět kůže způsobený dlouhodobým ozařováním?

Jaké onemocnění nelze u pracovníků se zářením vyloučit i když nejsou překročeny limity ozáření?

7 ZPŮSOBY OCHRANY PŘED ZEVNÍM OZÁŘENÍM

Radiační ochrana je systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření osob a životního prostředí a omezení následků nehod.

Standardními metodami ochrany před ionizujícím zářením jsou postupy, které vycházejí z fyzikálních zákonů a které zmenšují osobní dávky. Jedná se o ochranu časem, vzdáleností a stíněním, tedy o ochranu radiačního pracovníka před zevním ozářením. Vzhledem k tomu, že těmito způsoby je možno snížit dávku, mluvíme o způsobech RO jako o základních kamenech pro uplatňování principu optimalizace v praxi.

7.1 OCHRANA ČASEM

Vycházíme ze skutečnosti, že prostor je z hlediska radiační bezpečnosti charakterizován velikostí dávkového příkonu. Dávka, kterou pracovník během činnosti obdrží, je dána součinem doby práce a dávkovým příkonem v daném prostředí. Zkrátíme-li dobu práce/pobytu v KP, pak bude výsledná dávka menší. V praxi to znamená, že osoba zajišťující soustavný dohled volí optimální počet lidí pro danou činnost, volí čas strávený při činnosti, organizaci práce, trénink činnosti, na nečisto¹⁵, a snaží se najít nová technická řešení.

Ochrana časem je uplatňována u všech druhů IZ stejným způsobem.

7.2 OCHRANA VZDÁLENOSTÍ

Ionizující částice jsou z radionuklidových zdrojů emitovány izotropně, tj. stejně jako tlak v kapalině se šíří všemi směry stejně. Proto je při zvětšení vzdálenosti od ozařované plochy registrován menší počet dopadajících částic od pevného zdroje. Při představě bodového zdroje a jednoduchých interakčních procesů¹⁵ dochází k poklesu přímou úměrně s druhou mocninou vzdálenosti. Tento fakt nazýváme ochrana vzdáleností.

7.3 OCHRANA STÍNĚNÍM

Je založena na principu, že mezi zdroj IZ a cílovou oblast, kde se pohybují nebo mohou pohybovat pracovníci, vložíme vrstvu, která část energie ionizujícího záření pohltí. Podle druhu záření určujeme materiál stínící vrstvy. Vrstva je dána mírou ztráty energie ve stínění.

7.3.1 STÍNĚNÍ ZÁŘENÍ ALFA

Záření α má velmi krátké dolety, při vniknutí do látky velmi účinně vytrhává elektrony z obalu atomů, čímž rychle ztrácí energii a zabrzdí se asi po 0,1 mm v látkách hustoty vody nebo tkáně. V pevných materiálech jsou dráhy doletu ještě kratší – všeobecně je známo, že záření alfa odstíní list papíru.

¹⁵ Částice po interakci zanikne a nedojde k uvolnění sekundární ionizující částice.

7.3.2 STÍNĚNÍ ZÁŘENÍ BETA

Pro stínění záření β se používají lehké materiály – tedy materiály s malým/nízkým protonovým číslem z důvodu vznikajícího brzdného záření při průletu β částice prostředím.

Stínění záření β by mělo být dvouvrstvé, kde první vrstva bude vyrobena z lehkého materiálu, aby se minimalizoval podíl vznikajícího brzdného záření. Tloušťka této vrstvy odpovídá maximálnímu doletu daných beta částic. Druhá vrstva by měla být z materiálu těžkého pro odstínění vzniklého brzdného záření v první vrstvě.

7.3.3 STÍNĚNÍ ZÁŘENÍ GAMA

Pro stínění záření gama jsou vhodné těžké materiály (olovo, ochuzený uran). V praxi se z důvodu ekonomických stejně často používají materiály, jako je voda či beton, jen vrstva musí být odpovídající – tedy úměrně větší. Při výpočtu stínění záření γ se používá metoda tzv. polotlouštěk. Polotloušťka je vrstva absorpčního materiálu, která zeslabí dávku na polovinu původní hodnoty.

7.3.4 STÍNĚNÍ SVAZKU NEUTRONŮ

Návrh konstrukce stínění neutronů je mimořádně složitou odbornou záležitostí. Pro odstínění neutronů se používají dva základní procesy: zpomalování neutronů (moderace) neboli snižování energie neutronů a absorpce = pohlcování neutronů.

Jako moderační materiály se používají látky bohaté na vodík, kde ztrácejí svou energii při pružném rozptylu. Zpomalené neutrony se absorbují. Jako absorpční materiály se nejčastěji používá ^{10}B v kovové formě bórové oceli nebo koncentrátu H_3BO_3 , dále pak Cd, bórový beton.

Při používání absorpčních materiálů je nutno zohlednit i vznik záření γ při absorpci neutronů.

7.3.5 NĚKTERÉ DALŠÍ ASPEKTY STÍNĚNÍ

- Důležitý problém je homogenita stínící vrstvy.
- Tloušťka stínící vrstvy musí být minimálně větší, než je dolet vznikajících nabitých částic.

Opakování/Pozn.:

Vyjmenuj způsoby ochrany před zevním ozářením.

Jaký materiál se používá pro stínění záření alfa a proč?

Jaký materiál se používá pro stínění záření beta a proč?

Jaký materiál se používá pro stínění záření gama a proč?

Jaký materiál se používá pro stínění neutronového záření a proč?

Co je to polotloušťka?

Na jakou hodnotu klesne původní dávkový příkon po průchodu záření gama vrstvou látky o tloušťce $2d$? ...

Na povrchu Pb kontejneru obsahující zářič ^{137}Cs je dávkový příkon $2,5\text{ mSv/h}$.

O jakou hodnotu musí být větší tloušťka stěny kontejneru, aby dávkový příkon na povrchu poklesl na $10\text{ }\mu\text{Sv/h}$. Hodnota lineárního součinitele zeslabení je 1.

8 PRINCIPY RADIAČNÍ OCHRANY

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §5

Principy radiační ochrany jsou obecnými podmínkami pro vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie, činností v rámci expozičních situací.

- princip odůvodnění,
- princip optimalizace,
- princip limitování,
- princip zabezpečení zdrojů IZ.

8.1 PRINCIP ODŮVODNĚNÍ

Každý, kdo využívá jadernou energii, nakládá s jadernou položkou nebo vykonává činnosti v rámci expozičních situací, je povinen provést vyhodnocení záměru vykonávat činnost a jejích očekávaných výsledků z hlediska přínosu pro společnost a jednotlivce. V rámci odůvodnění vzít v úvahu také postupy nevyužívající jadernou energii a ionizující záření, kterými lze dosáhnout srovnatelného výsledku.

Za odůvodněnou činnost se považuje pouze vykonávání činnosti, jejíž přínos pro společnost a jednotlivce převažuje nad rizikem, které při této činnosti nebo v jejím důsledku vzniká.

8.2 PRINCIP OPTIMALIZACE

Každý, kdo využívá jadernou energii nebo vykonává činnosti v rámci expozičních situací, je povinen postupovat tak, aby riziko ohrožení fyzické osoby a životního prostředí bylo tak nízké, jakého lze rozumně dosáhnout při zohlednění současné úrovně vědy a techniky a všech hospodářských a společenských hledisek.

Optimalizace radiační ochrany je iterativní proces (opakovaný proces), který slouží k dosažení a udržení takové úrovně radiační ochrany, aby ozáření fyzické osoby a životního prostředí bylo tak nízké, jakého lze rozumně dosáhnout při uvážení všech hospodářských a společenských hledisek

8.3 PRINCIP LIMITOVÁNÍ

Každý, kdo vykonává činnost v rámci plánované expoziční situace, je povinen omezit ozáření fyzické osoby tak, aby celkové ozáření způsobené kombinací ozáření z těchto činností bylo odůvodněné, optimalizované a nepřekračovalo v součtu limity ozáření.

8.4 PRINCIP ZABEZPEČENÍ ZDROJŮ

Každý, kdo využívá jadernou energii, nakládá s jadernou položkou nebo vykonává činnosti v rámci expozičních situací, je povinen přednostně zajišťovat jadernou bezpečnost, bezpečnost jaderných položek a radiační ochranu, a to při respektování stávající úrovně vědy a techniky a správné praxe.

Držitel povolení vykonávající činnost v rámci plánované expoziční situace a ohlašovatel používající schválený typ drobného zdroje ionizujícího záření jsou povinni:

- zabezpečit radionuklidový zdroj před nepovoleným přístupem, použitím a přemístěním odstupňovaným přístupem s ohledem na kategorii zabezpečení a způsob nakládání s radionuklidovým zdrojem,
- poučit pracovníka s přístupem k radionuklidovému zdroji o jeho zabezpečení a ověřit jeho znalosti a
- provést zabezpečení radionuklidového zdroje.

Prováděcí právní předpis (vyhláška 361/2016 ve znění pozdějších předpisů) stanoví požadavky na způsob zabezpečení radionuklidového zdroje.

Vlastnosti zdroje IZ musí být sledovány, měřeny, hodnoceny, ověřovány a zaznamenávány:

- při převzetí zdroje ionizujícího záření a před zahájením jeho používání formou přijímací zkoušky
- v průběhu používání zdroje ionizujícího záření formou
 - zkoušky dlouhodobé stability a
 - zkoušky provozní stálosti.

8.4.1 FYZICKÁ OCHRANA

Fyzická ochrana je obecně integrací lidí, postupů a prostředků na ochranu majetku. Je zaměřena na ochranu radioaktivních zdrojů proti jejich zneužití.

FUNKCE FYZICKÉ OCHRANY:

FO je spojena s úsilím zabránit zlovolnému jednání (krádeži, sabotáži) a zamezit tak možnému útoku či teroristickému činu.

- Odstrašení (deterrence): znamená „odrazení“ od provedení zlovolného úmyslu.
- Detekce, zjištění (detection): jde o prvotní informaci, signalizuje narušení ochrany a bezpečnosti zdroje (aktivace čidla, iniciace alarmu, ohlášení alarmu, vyhodnocení alarmu).
- Zdržení, prodleva (delay): navýšení času pro překonání určitých překážek a znesnadnění přístupu k samotnému zdroji či zařízení (oplocení, vrata, zámky, mříže apod.).
- Odezva, reakce (Response): reakce na zjištění neautorizovaného vstupu do blízkosti zdroje či zařízení. Jedná se o řešení vzniklé situace, komunikaci s odpovědnými složkami (policie, agentura).
- Security management: systém jakosti fyzické ochrany popsany hlavně v plánu zabezpečení

8.5 CÍL RO

Základní cíl radiační ochrany vychází ze dvou kategorií biologických účinků.

Základním cílem radiační ochrany je vyloučit tkáňové reakce a snížit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na společensky přijatelnou míru.

Vyloučení tkáňových reakcí, např. poškození kůže, oka atd., znamená zabránění vzniku těchto účinků. Jako prostředek k tomu, aby bylo možné vyloučit tkáňové reakce, slouží systém limitování.

Snížení pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků, např. rakoviny, leukémie na společensky přijatelnou míru znamená zajištění takových osobních dávek, které zaručí pravděpodobnost úmrtí na stochastické účinky menší než pravděpodobnost úmrtí při běžném životě (např. pracovní úrazy či dopravné nehody). Prostředkem pro splnění cíle RO z hlediska účinků stochastických je jednak princip limitování, u radiačních pracovníků pak přistupuje i princip optimalizace.

Opakování/Pozn.:

Vyjmenuj principy RO.

Definuj cíl RO.

Vysvětli princip zabezpečení zdrojů.

Vysvětli princip odůvodnění

Vysvětli princip optimalizace.

Vysvětli princip limitování.

.

9 SYSTÉM LIMITOVÁNÍ OZÁŘENÍ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §62, §63, §64, §65

422/2016, §3, §4, §5, §6

Systém limitování slouží jako prostředek k dosažení cíle RO z hlediska tkáňových reakcí. Limity jsou dány AZ, ve znění pozdějších předpisů a vyhláškou č. 422/2016, Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Do čerpání limitů se nezapočítávají dávky z ozáření z přírodních zdrojů kromě těch, které jsou záměrně využívány, lékařského ozáření, havarijního ozáření a havarijního ozáření zasahujících osob.

9.1 ZÁKLADNÍ POJMY

EXPOZIČNÍ SITUACE

Všechny v úvahu připadající okolnosti vedoucí k vystavení fyzické osoby nebo životního prostředí ionizujícímu záření

PLÁNOVANÁ EXPOZIČNÍ SITUACE (PES)

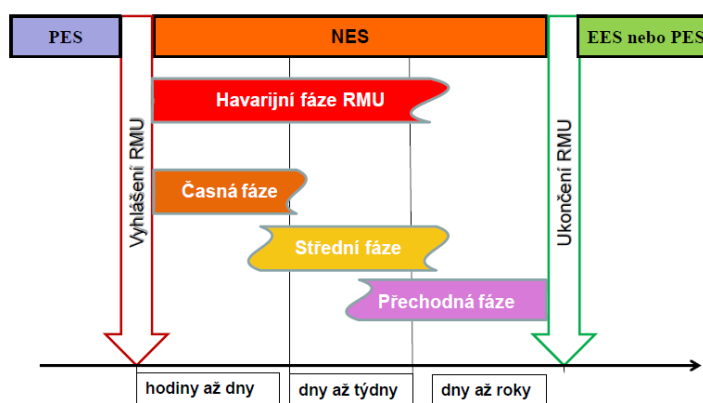
Plánované expoziční situace je spojena se záměrným využíváním zdroje IZ.

NEHODOVÁ EXPOZIČNÍ SITUACE (NES)

Nehodová expoziční situace může nastat při plánované expoziční situaci nebo být vyvolána svévolným činem a vyžaduje přijetí okamžitých opatření k odvrácení nebo omezení důsledků.

EXISTUJÍCÍ EXPOZIČNÍ SITUACE (EES)

Existující expoziční situace již existuje v době, kdy se rozhoduje o její regulaci, včetně dlouhodobě trvajícího následku nehodové expoziční situace nebo ukončené činnosti v rámci plánované expoziční situace.



LIMIT OZÁŘENÍ

Limitem ozáření je kvantitativní ukazatel pro omezení **celkového ozáření** fyzické osoby z činností v rámci plánovaných expozičních situací.

Je udáván v efektivní dávce E a ekvivalentní dávce pro jednotlivé orgány H_T .

ODVOZENÝ LIMIT

Odvozený limit je pomocný kvantitativní ukazatel vyjádřený **v měřitelných veličinách**.

Je udáván v osobních dávkových ekvivalentech H_p v hloubce 0,07 mm, 3 mm a 10 mm¹⁶.

AUTORIZOVANÝ LIMIT

Autorizovaný limit je kvantitativní ukazatel, který je výsledkem optimalizace radiační ochrany pro jednotlivou radiační činnost nebo jednotlivý zdroj ionizujícího záření a je zpravidla nižší než dávková optimalizační mez. Autorizované limity stanoví **Úřad** v povolení k činnostem v rámci expozičních situací.

9.2 OMEZENÍ OZÁŘENÍ

Každý, kdo vykonává činnost v rámci plánované expoziční situace, je povinen omezit ozáření fyzické osoby tak, aby celkové ozáření způsobené kombinací ozáření z těchto činností bylo odůvodněné, optimalizované a nepřekračovalo v součtu limity ozáření.

Ozáření fyzických osob v nehodových expozičních situacích musí být každým, kdo provádí činnosti v rámci nehodové expoziční situace, omezeno prováděním individuální ochrany, omezením pohybu a pobytu fyzických osob na zasaženém území a

- zavedením neodkladných ochranných opatření, kterými jsou zejména
 - ukrytí,
 - použití jódové profylaxe,
 - evakuace, a
- zavedením následných ochranných opatření, kterými jsou zejména
 - 1. přesídlení obyvatel,
 - 2. omezení používání radionuklidem kontaminovaných potravin a vody,
 - 3. omezení používání radionuklidem kontaminovaných krmiv.

Jak se provádí OMEZOVÁNÍ OZÁŘENÍ		
PES	OPTIMALIZACE	+ nedoporučeno překročit LIMITY
NES		+ nedoporučeno překročit REFERENČNÍ ÚROVNĚ + neodkladná opatření + následná opatření
EES		+ nedoporučeno překročit LIMITY

¹⁶ Pro vnitřní kontaminaci je hodnota odvozeného limitu porovnávána s příjmem I.

9.3 SYSTÉM LIMITOVÁNÍ – HODNOTY

9.3.1 LIMIT OZÁŘENÍ

Limitem ozáření je kvantitativní ukazatel pro omezení celkového ozáření fyzické osoby z činností v rámci plánovaných expozičních situací. Je udáván v efektivní dávce E a ekvivalentní dávce pro jednotlivé orgány H_T .

- obecný limit pro obyvatele
- limit pro radiační pracovníky
- limit pro žáka a studenta

OBECNÝ LIMIT PRO OBYVATELE

422/2016, §3

- $E^{17} < 1 \text{ mSv / rok}$
- H_T (v oční čočce) $< 15 \text{ mSv / rok}$
- H_T (v 1 cm^2 kůže) $< 50 \text{ mSv / rok}$
- H_T (na končetiny) – není stanoven

LIMIT PRO RADIAČNÍ PRACOVNÍKY

422/2016, §4

- $E^{17} < 20 \text{ mSv/rok}^{18}$
- H_T (v oční čočce) $< 50 \text{ mSv / rok}$ a současně H_T (v oční čočce) $< 100 \text{ mSv / 5 let}$
- H_T (v 1 cm^2 kůže) $< 500 \text{ mSv / rok}$
- H_T (na končetiny) $< 500 \text{ mSv / rok}$

LIMIT PRO ŽÁKA A STUDENTA

422/2016, §5

- $E^{17} < 6 \text{ mSv/rok}$
- H_T (v oční čočce) $< 15 \text{ mSv / rok}$
- H_T (v 1 cm^2 kůže) $< 150 \text{ mSv / rok}$
- H_T (na končetiny) $< 150 \text{ mSv / rok}$

Radiační pracovník, u kterého bylo zjištěno překročení limitů ozáření, musí být dočasně vyřazen z práce se zdrojem ionizujícího záření do doby, než je posouzena jeho zdravotní způsobilost k další práci se zdrojem ionizujícího záření a stanoveny podmínky pro tuto práci.

Překročení limitů pro radiačního pracovníka, který je shledán zdravotně způsobilým není důvodem pro jeho vyloučení z obvyklé pracovní činnosti nebo pro přeložení

¹⁷ Jedná se o součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření.

¹⁸ Nebo hodnota schválená Úřadem, nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok

na jiné pracoviště, pokud osoba, pro niž pracovní činnost vykonává, nemá k takovému vyloučení jiné závažné důvody.

9.3.2 ODVOZENÝ LIMIT

422/2016, §6

Odvozený limit je pomocný kvantitativní ukazatel vyjádřený v měřitelných veličinách. Je udáván v osobních dávkových ekvivalentech H_p v hloubce 0,07 mm, 3 mm a 10 mm¹⁹.

Limity pro radiační pracovníky se považují za nepřekročené, pokud nejsou překročeny kvantitativní ukazatele vyjádřené v měřitelných veličinách.

ODVOZENÝ LIMIT PRO ZEVNÍ OZÁŘNÍ

- $H_p(0,07) < 500 \text{ mSv / rok}$
- $H_p(10) < 20 \text{ mSv / rok}$
- $H_p(3) < 20 \text{ mSv / rok}$

ODVOZENÝ LIMIT PRO VNITŘNÍ OZÁŘNÍ

- Cesta spolknutí (ingesce) $0,02 / h_{ing}$
- Cesta vdechnutí (inhalace) $0,02 / h_{inh}$

ODVOZENÝ LIMIT PRO KOMBINOVANÉ OZÁŘNÍ

- $H_p(0,07) < 500 \text{ mSv / rok}$
- $H_p(10) + \sum l_{inh} h_{inh} + \sum l_{ing} h_{ing} < 20 \text{ mSv / rok}$

9.3.3 AUTORIZOVANÝ LIMIT

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §63

Autorizovaný limit je kvantitativní ukazatel, který je výsledkem optimalizace radiační ochrany pro jednotlivou radiační činnost nebo jednotlivý zdroj ionizujícího záření a je zpravidla nižší než dávková optimalizační mez.

Autorizované limity stanoví Úřad v povolení k činnostem v rámci expozičních situací. Nepřekročení autorizovaných limitů prokazuje nepřekročení limitů ozáření.

¹⁹ Pro vnitřní kontaminaci je hodnota odvozeného limitu porovnávána s příjmem I.

9.3.4 OZÁŘENÍ VE ZVLÁŠTNÍCH PŘÍPADECH

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §64

OZÁŘENÍ PLODU TĚHOTNÝCH ŽEN PRACUJÍCÍ SE ZIZ

Po oznámení těhotenství je držitel povolení povinen upravit podmínky práce tak, aby $E < 1$ mSv po zbývajícím dobu těhotenství.

KOJÍCÍ ŽENY

Po oznámení skutečnosti, že žena kojí, je držitel povolení povinen přeřadit ženu z pracoviště v KP (s otevřeným zářičem).

9.3.5 VÝJIMEČNÁ OZÁŘENÍ / OZÁŘENÍ PŘI VÝJIMEČNÝCH PRACÍCH²⁰

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §65

- Osobní dávka < 500 mSv / 5 let

Výjimečné ozáření není přípustné u fyzických osob mladších 18 let, žáků, studentů a těhotných a kojících žen.

Pokud držitel povolení hodlá v rámci plánované expoziční situace vykonávat práce, při kterých může předpokládané ozáření RP překročit limity pro radiační pracovníky je povinen **předem požádat Úřad o schválení výjimečného ozáření**.

Žádost o schválení výjimečného ozáření musí obsahovat odůvodnění výjimečného ozáření a postupy optimalizace radiační ochrany při výjimečném ozáření.

9.3.6 OZÁŘENÍ ZASAHUJÍCÍCH OSOB

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §104

Pro omezení havarijního ozáření zasahující osoby v NES se použijí limity pro RP. V případech, kdy nelze vyloučit překročení limitů ozáření, optimalizuje se havarijní ozáření zasahující osoby za použití referenční úrovně:

100 mSv za rok, nebo

500 mSv za rok, jedná-li se o případ záchrany lidských životů či zabránění rozvoje nehodové expoziční situace s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky.

Zasahující osoba, jejíž vyslání k zásahu se předem nepředpokládá, se může účastnit zásahu pouze se svým souhlasem.

Postupy a opatření k zajištění omezení zasahujících osob – viz kapitola zvládání RMU.

²⁰ Vztahuje se na malý počet osob a na vymezené prostory, kromě prací při radiačních nehodách a mimořádných událostech.

9.3.7 HAVARIJNÍ OZÁŘENÍ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §2,
359/2016 ve znění pozdějších předpisů, §9

Havarijním ozářením ozáření jiné než zasahující osoby v důsledku nehodové expoziční situace a ozáření zasahující osoby při nehodové expoziční situaci.

Postupy a opatření k zajištění omezení havarijního ozáření – viz kapitola zvládnutí RMU.

Opakování/Pozn.:

Limit pro RP pro ekvivalentní dávku v oční čočce je?

Limit pro obyvatele vzhledem ke stochastickým účinným je?

Pro koho je stanoven limit efektivní dávky 1 mSv za jeden kalendářní rok?

Co je povinen pracovník udělat při podezření na nadlimitní ozáření?

Pro koho je stanoven roční limit pro součet efektivních dávek ze zevního a vnitřního ozáření 1 mSv?

Co jsou to odvozené limity? Na které veličiny se vztahují? Kde jsou stanoveny?

Co jsou to limity ozáření? Na které veličiny se vztahují? Kde jsou stanoveny?

Co jsou to odvozené limity, kdo je stanovuje?

Vztahují se limity ozáření na obyvatele na osoby podílející se na zásazích?

Jaké typy expozičních situací znáš?

Vysvětli pojem „expoziční situace“.

10 OPTIMALIZACE RADIAČNÍ OCHRANY

Optimalizace je stále se opakující proces (tzv. iterační proces), postupy pro optimalizaci činností v rámci expozičních situací se musí používat pravidelně. Při provádění optimalizace musí být zohledněny všechny nově vzniklé podmínky pro příslušnou expoziční situaci nebo nové možnosti zajištění RO.

10.1 ZÁKLADNÍ POJMY

OPTIMALIZACE RO

Každý, kdo vykonává činnosti v rámci expozičních situací, je povinen při optimalizaci RO zohlednit rozsah ozáření, jeho pravděpodobnost a počet fyzických osob vystavených ozáření.

DÁVKOVÁ OPTIMALIZAČNÍ MEZ

Dávková optimalizační mez je mez předpokládaných osobních dávek stanovená pro účely optimalizace RO pro příslušný zdroj v plánovaných expozičních situacích (PES).

REPREZENTATIVNÍ OSOBA

Jednotlivec z obyvatelstva zastupující modelovou skupinu fyzických osob, které jsou z daného zdroje a danou cestou nejvíce ozařovány.

10.2 POVINNOST PROVÁDĚT OPTIMALIZACI

AZ/2016, ve znění pozdějších předpisů, §66

Každý, kdo vykonává činnosti v rámci expozičních situací, je povinen provést optimalizaci RO:

- před zahájením činnosti v rámci PES posouzením variant řešení RO,
- při vykonávání činnosti v rámci PES pravidelným rozborem vztahu obdržených dávek k prováděným úkonům,
- před uskutečněním opatření k zajištění RO v rámci EES a NES, posouzením variant řešení RO,
- při uskutečňování opatření k zajištění RO v rámci existující a nehodové expoziční situace rozborem obdržených dávek ve vztahu k prováděným opatřením.

10.3 POSTUPY OPTIMALIZACE RO

422/2016, §7, §8

Princip jako takový je zachován, v praktické aplikaci je dle ICRP č. 101 požadován posun. Hodnocení přínosů a nákladů spíše potlačeno do pozadí, zvýrazňuje se důležitost analýzy a hodnocení dostupných možností. Při provádění/posouzení optimalizace se preferuje/upřednostňuje spíše dobrá praxe a, nejlepší dostupné technologie, ale stále za rozumnou cenu.

Každý, kdo provádí činnosti v rámci expozičních situací, musí stanovit varianty zajištění RO a z nich vybrat optimální variantu zajištění RO. Výběr optimální varianty zajištění RO musí být proveden porovnáním možností snížení plánovaných a potenciálních dávek fyzickým osobám nebo skupinám obyvatelstva.

Při výběru optimální varianty zajištění RO musí být vzaty v úvahu reprezentativní znaky²¹, které souvisí s příslušnou činností:

- úroveň ozáření osob
- dávkové optimalizační meze
- příklady dobré praxe
- technická, organizační a ekonomická hlediska.

Při výběru optimální varianty lze, je-li to možné, provést porovnání nákladů na různá opatření ke zvýšení RO s finančním ohodnocením očekávaného snížení ozáření.

10.4 DOKUMENTACE OPTIMALIZACE RO

422/2016 §8

Postup optimalizace musí být držitelem povolení dokumentován. Dokumentace optimalizace RO musí:

- systematicky a strukturovaně popisovat postup optimalizace,
- zohlednit všechna použitá významná hlediska v expoziční situaci a
- obsahovat použité varianty zajištění.

Popis posouzení optimalizace radiační ochrany na základě výsledků osobního monitorování nebo monitorování pracoviště je součástí roční hodnotící zprávy o zajištění RO, předkládané SÚJB.

10.5 DÁVKOVÁ OPTIMALIZAČNÍ MEZ²²

Je zaveden nový požadavek na stanovení tzv. dávkových optimalizačních mezí, tzv. „DOM“.

Při stanovování dávkových optimalizačních mezí pro radiační činnost nebo zdroj ionizujícího záření musí být zohledněny:

- dosavadní zkušenosti s podobnými činnostmi a zdroji ionizujícího záření tak, aby úroveň RO nebyla nižší, než již bylo dosaženo
- vlivy jiných činností a zdrojů ionizujícího záření tak, aby nehrozilo překročení limitů ozáření.

Pro daný zdroj se jedná o horní hranici optimalizace. Horní optimalizační mez se dá se přirovnat k vyšetřovací úrovni za rok (nejedná se limit!). Při překročení optimalizační meze se pouze zkoumá, proč došlo k překročení, protože za normálních okolností se překročení nepředpokládá.

Dávkové optimalizační meze stanoví:

- pro RP- držitel povolení
- pro obyvatelstvo – regulátor.

²¹ reprezentativní znaky stanoví vyhláška 422/2016, příloha č. 4

²² Jedná se o nástroj optimalizace, není to limit, úřad může v některých případech stanovit tzv. autorizovaný limit, který je také výsledkem optimalizace

10.6 OPTIMALIZACE RO OBYVATEL

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §82

DÁVKOVÁ OPTIMALIZAČNÍ MEZ PRO REPREZENTATIVNÍ OSOBU

Každý, kdo vykonává činnosti v rámci PES, je povinen pro optimalizaci ozáření obyvatelstva používat dávkové optimalizační meze pro reprezentativní osobu 0,25 mSv / rok.

V případě energetického zařízení současně:

- 0,20 mSv / rok pro vypusti do ovzduší a
- 0,05 mSv/rok pro vypusti do povrchových vod.

Opakování/Pozn.:

Které skutečnosti lze, je-li to možné, vzít v úvahu při výběru optimální varianty zajištění RO?

Komu ukládá AZ povinnost „dodržovat“ optimalizaci?

Optimalizace RO je?

Co to je DOM? Kdo ji určuje?

K jaké monitorovací úrovni se dá přirovnat DOM?

11 KATEGORIZACE ZIZ, PRACOVIŠŤ A RADIAČNÍCH PRACOVNÍKŮ

Před vlastním rozdělením zdrojů IZ a pracovišť je nutno objasnit následující pojmy.

11.1 ZÁKLADNÍ POJMY

RADIONUKLIDOVÝ ZDROJ IZ

Zdroj ionizujícího záření obsahující radioaktivní látku, u něž $\sum A/ZÚ > 1$ a současně $\sum A_m/ZÚ > 1$.

OPUŠTĚNÝ ZDROJ

Radionuklidový zdroj, který není pod dozorem stanoveným právními předpisy, zejména pokud pod dozorem stanoveným právními předpisy nikdy nebyl, byl opuštěn nebo ztracen držitelem, byl držiteli odcizen anebo jej držitel nabyl náhodně nebo bez oznámení Úřadu,

NEVYUŽÍVANÝ ZDROJ

Radionuklidový zdroj, který se již k činnosti, pro niž bylo Úřadem vydáno povolení, nevyužívá a jehož další využití se nepředpokládá,

RADIOAKTIVNÍ LÁTKA

Jakákoliv látka, která obsahuje radionuklid nebo je jím kontaminovaná v míře, která z hlediska možného ozáření vyžaduje regulaci podle AZ.

RADIONUKLIDOVÝ ZÁŘIČ

Radionuklidový zářič je látka nebo předmět, které obsahují radionuklidy nebo jsou jimi znečištěny v míře vyšší, než stanoví prováděcí předpis.

UZAVŘENÝ ZÁŘIČ

Radionuklidový zdroj, jehož úprava zapouzdřením nebo ochranným překryvem zajišťuje zkouškami ověřenou těsnost a vylučuje za předvídatelných podmínek použití a opotřebování únik radionuklidu,

OTEVŘENÝ ZÁŘIČ

Radionuklidový zdroj, který není uzavřeným radionuklidovým zdrojem.

ZPROŠŤOVACÍ ÚROVEŇ

Zprošťovací úrovně aktivity se vztahují na celkové množství radioaktivních látek používaných osobou v rámci určité činnosti v rámci expozičních situací. Hodnoty zprošťovacích úrovní jsou uvedeny v příloze 7, vyhlášky 422/2016 Sb.

11.2 KATEGORIZACE ZDROJŮ IZ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §61,
422/2016, §12, §13, §14, §15, §16

11.2.1 KRITÉRIA KATEGORIZACE

Pro účely odstupňovaného přístupu k regulaci činností se podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením zdroje ionizujícího záření kategorizují jako nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné.

Při kategorizaci zdrojů IZ se zohledňují následující kritéria:

- příkon dávkového ekvivalentu
- technická úprava a způsob provedení (otevřený nebo uzavřený zářič)
- A, Am
- možnosti úniku radionuklidů, typické nakládání se zdroji IZ
- potenciální ohrožení, potenciální poruchy, neoprávněné použití, nesprávné použití
- riziko vzniku RN nebo RH,

NEVÝZNAMNÝ ZDROJ

- generátor záření emitující ionizující záření s energií nepřevyšující 5 keV, který není významným zdrojem ionizujícího záření,
- radioaktivní látka: $A/ZÚ < 1$

DROBNÝ ZDROJ

- uzavřený zářič (α, n): $A/ZÚ < 100$
- uzavřený zářič: $A/ZÚ < 1000$
- otevřený zářič: $A/ZÚ < 10$

JEDNODUCHÝ ZDROJ

Zdroj ionizujícího záření, který není nevýznamným, drobným, významným nebo velmi významným zdrojem ionizujícího záření.

Typický příklad: zubního rentgenové zařízení, kostní denzitometr, veterinárního rentgenového zařízení.

VÝZNAMNÝ ZDROJ

Generátor záření, určený k lékařskému ozáření, urychlovač částic, zdroj ionizujícího záření určený k radioterapii těžkými částicemi, zařízení obsahující uzavřený radionuklidový zdroj určený k radioterapii, nebo ozařování potravin, předmětů, ..., mobilní defektoskop s uzavřeným radionuklidovým zdrojem, nebo vysokoaktivní zdroj²³.

VELMI VÝZNAMNÝ ZDROJ

Velmi významným zdrojem ionizujícího záření je jaderný reaktor.

²³ Úroveň aktivity, která činí uzavřený radionuklidový zdroj vysokoaktivním zdrojem, stanoví příloha 8, 422/2016 Sb.

11.3 KATEGORIZACE PRACOVIŠŤ SE ZIZ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §61,
422/2016, §19

Pracovištěm se zdroji ionizujícího záření jsou prostory, ve kterých jsou zdroje ionizujícího záření záměrně a vědomě používány.

11.3.1 KRITÉRIA KATEGORIZACE

Pracoviště se zdroji IZ se dělí do čtyř základních kategorií dle následujících parametrů:

- používaný zdroj IZ
- očekávaný provoz pracoviště
- prováděné radiační činnosti a zajištění RO
- vybavení pracoviště (ventilačními, izolačními a stínicími zařízeními a provedení kanalizace)
- možnost kontaminace pracoviště
- možnost vzniku odpadů
- možnost vzniku RN nebo RH

Používaný zdroj	Kategorie pracoviště
Nevýznamný	nezařazeno
pracoviště s drobným zdrojem ionizujícího záření, jehož typ není schvalován Úřadem, pracoviště s kostním denzitometrem, pracoviště s veterinárním nebo zubním rentgenovým zařízením, pracoviště s kabinovým rentgenovým zařízením, ...	I. kategorie
pracoviště s jednoduchým zdrojem ionizujícího záření, které není pracovištěm I. kategorie, pracoviště s rentgenovým zařízením určeným k radiodiagnostice nebo radioterapii, pracoviště s mobilním defektoskopem obsahujícím UZ, pracoviště s mobilním ozařovačem obsahujícím UZ, ...	II. kategorie
pracoviště s urychlovačem částic, pracoviště se zařízením obsahujícím UZ, které je určeno k radioterapii anebo ozařování předmětů, potravin, ..., uznaný sklad, ...	III. kategorie
pracoviště s jaderným zařízením a pracoviště s úložištěm radioaktivního odpadu, které není jaderným zařízením	IV. kategorie

11.4 KATEGORIZACE RADIAČNÍCH PRACOVNÍKŮ

11.4.1 ZÁKLADNÍ POJMY

RADIAČNÍ ČINNOST

činnost s umělým zdrojem ionizujícího záření v rámci PES včetně poskytování služeb v KP pracoviště IV. kategorie.

OZÁŘENÍ

Vystavení fyzické osoby ionizujícímu záření s výjimkou ozáření z přírodního pozadí.

PROFESNÍ OZÁŘENÍ

Ozáření v souvislosti s výkonem práce při činnosti v rámci plánované expoziční situace.

RADIAČNÍ PRACOVNÍK

Každá fyzická osoba vystavená profesnímu ozáření.

EXTERNÍ PRACOVNÍK

Radiační pracovník, který není zaměstnán provozovatelem SP nebo KP, ale vykonává v tomto pásmu pracovní činnost, včetně žáka nebo studenta.

11.4.2 KATEGORIZACE RP

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §2,
422/2016, §20

RADIAČNÍ PRACOVNÍK KATEGORIE A

Při zařazování radiačního pracovníka do kategorie A, nebo B musí být zohledněno očekávané ozáření radiačního pracovníka za běžného provozu a potenciální ozáření radiačního pracovníka.

Radiačním pracovníkem kategorie A je radiační pracovník, který by mohl obdržet:

- $E > 6 \text{ mSv} / r$,
- $H_T > 15 \text{ mSv}$ na oční čočku, nebo
- $H_T > 3/10$ limitu ozáření pro kůži a končetiny.

Osoby, které nejsou radiačními pracovníky kategorie A, smějí v KP EDU a KP ETE pracovat pouze na mimořádné povolení vstupu do KP. Vystavení mimořádného povolení vstupu je mimo jiné podmíněno tím, že jejich činnost nemá charakter nakládání se zdroji IZ.

RADIAČNÍ PRACOVNÍK KATEGORIE B

Radiačním pracovníkem kategorie B je radiační pracovník jiný než radiační pracovník kategorie A, je-li AZ požadována jeho kategorizace.

Opakování/Pozn.:

Patří rtg přístroj mezi zdroje IZ?

Pracoviště, které kategorie je pracoviště s kostním denzitometrem, se zubním nebo kabinovým zařízením?

Na základě, jaké skutečnosti se provádí zařazení pracovníků kategorie A, B?

Kdo je to externí pracovník?

Do kolika kategorií se dělí pracoviště se ZIZ?

Jaké znáte kategorie ZIZ?

12 KONTROLOVANÉ PÁSMO

Kontrolované pásmo je prostor s kontrolovaným vstupem, v němž jsou zavedena zvláštní pravidla k zajištění radiační ochrany a předcházení šíření kontaminace.

12.1 VYMEZENÍ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §73,
422/2016, §46

Na pracovišti se zdrojem ionizujícího záření, kde lze předpokládat, že by mohla být:

- $E > 6 \text{ mSv / r}$ nebo
- $H_T > 3/10$ limitu pro RP pro kůži anebo končetiny nebo
- $H_T > 15 \text{ mSv}$ pro oční čočku,

je držitel povolení povinen vymezit kontrolované pásmo, dokumentovat jeho provoz a zajistit radiační ochranu fyzické osoby do něj vstupující.

Kontrolované pásmo je nutno vymezit všude, kde nelze vyloučit příkon dávkového ekvivalentu ze zevního ozáření v průměru vyšší než $2,5 \mu\text{Sv/h}$.

Kontrolované pásmo se vymezuje jako ucelená a jednoznačně určená část pracoviště. Stavebně oddělena a při vstupu je nastaven takový režim, aby se dovnitř nedostaly nepovolané osoby.

12.2 OZNAČENÍ

422/2016, §46

Označení sledovaného pásma je provedeno znakem „Radiální nebezpečí²⁴ + Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, nepovolaným vstup zakázán“ a údaji o charakteru zdroje IZ a rizika s ním spojeného.



12.3 ZAJIŠTĚNÍ RO V KP

422/2016, §47

- Místnosti, prostory a místa v KP s jaderným zařízením musí být označeny tabulkou s vyznačením míry rizika ozáření²⁵,
- provozovatel KP musí vybavit fyzickou osobu vstupující do KP osobními ochrannými prostředky a pomůckami přiměřenými radiační situaci v KP a způsobu vykonávané práce,
- v případě, že příkon prostorového dávkového ekvivalentu v kontrolovaném pásmu překročil 1 mSv/h , musí provozovatel KP vybavit každou fyzickou osobu vstupující do KP, operativním osobním dozimetrem s funkcí zřetelné signalizace překročení nastavené úrovně,

²⁴ Nový doplňkový výstražný symbol ionizujícího záření schválený dne 15. února 2007 Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA) a Mezinárodní organizací pro normalizaci (ISO). Klasický žluto-černý symbol radioaktivity nahrazuje jen v určitých případech

²⁵ pokud jsou tyto hodnoty překročeny dočasně, musí být tyto místnosti, prostory a místa označeny tabulkou s uvedením naměřených hodnot příkonu prostorového dávkového ekvivalentu a objemové a plošné aktivity radionuklidů,

- pokud v KP nelze vyloučit povrchovou kontaminaci, lze vstoupit do KP pouze po převléknutí
- při opuštění musí být provedena kontrola povrchové kontaminace osob a předmětů. V případě zjištění povrchové kontaminace osobní očista a dekontaminace,
- v KP pracoviště s ORZ je zakázáno kouřit.
- jíst a pít lze v případě, že KP nelze krátkodobě opustit. V takovém případě musí provozovatel KP vymezit zvláštní prostor s možností kontroly povrchové kontaminace fyzických osob a stanovit opatření vylučující kontaminaci potravin.

12.4 DOKUMENTACE

422/2016, §48

Dokumentace pro povolovanou činnost, kterou je vymezení KP, musí obsahovat:

- rozsah KP výčtem místností a schematickým plánem,
- zdůvodnění navrhovaného rozsahu KP,
- popis stavebního a technického zajištění KP proti vstupu nepovolané fyzické osoby, včetně popisu způsobu zajištění RO v KP
- údaje o předpokládaném počtu fyzických osob pracujících v KP a způsobu jejich poučení o rizicích při práci v kontrolovaném pásmu.

Dokumentace provozu KP musí obsahovat:

- pokyny pro vstup do KP a podmínky vstupu do KP pro RP a jinou fyzickou osobu,
- postupy pro jednotlivé činnosti vykonávané v KP,
- postupy hodnocení ozáření jiné fyzické osoby vstupující do KP a
- podmínky pro opuštění KP fyzickou osobou a vynášení předmětů z KP, včetně způsobu provádění dekontaminace.

12.5 MONITOROVÁNÍ

Při vyhlášení kontrolovaného pásma se zajišťuje monitorování osob, pracovišť, technologií, výpustí a okolí. Monitorování zajišťuje provozovatel KP.

12.6 POŽADAVKY NA OSOBY

422/2016, §46

- Do KP může vstupovat jen fyzická osoba poučená o způsobu chování, kterým neohrožuje zdraví své a zdraví jiných fyzických osob.
- Osoba mladší 18 let může do KP vstupovat, pokud se v KP připravuje na výkon povolání.
- Těhotná žena může do KP vstupovat, pokud se v kontrolovaném pásmu má podrobit lékařskému ozáření nebo nelékařskému ozáření nebo v kontrolovaném pásmu pracuje.
- V kontrolovaném pásmu může vykonávat práce pouze radiační pracovník kategorie A.
- Do kontrolovaného pásma může samostatně vstupovat inspektor Úřadu.
- Pracovník vykonávající služby v KP se musí při této činnosti řídit příslušnou dokumentací provozovatele KP.

13 SLEDOVANÉ PÁSMO

Sledované pásmo je prostor, který podléhá dohledu pro účely radiační ochrany.

13.1 VYMEZENÍ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §74,
422/2016, §49

Na pracovišti se zdrojem IZ, kde lze předpokládat, že by mohla být:

- $E > 1 \text{ mSv / r}$, nebo
- $H_T > 1/10$ ozáření pro RP pro oční čočku, kůži a končetiny,

je držitel povolení povinen vymezit sledované pásmo, dokumentovat jeho provoz a zajistit radiační ochranu fyzické osoby do něj vstupující.

Sledované pásmo se vymezuje jako ucelená a jednoznačně určená část pracoviště. Stavebně oddělena.

13.2 OZNAČENÍ

422/2016, §49

Označení sledovaného pásma je provedeno znakem „Radiační nebezpečí“ +

Sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření, nepovolaným vstup zakázán“ a údaji o charakteru zdroje IZ a rizika s ním spojeného.

13.3 ZAJIŠTĚNÍ RO V SP

422/2016, §49

Zajištění RO je v SP zajištěno následujícím způsobem:

- radiační činnost může vykonávat pouze radiační pracovník kategorie A nebo B,
- pracovní místo ve SP musí být vybaveno ochrannými prostředky a pomůckami a stíněním podle charakteru zdroje ionizujícího záření, s nímž je nakládáno.

13.4 DOKUMENTACE

422/2016, §49

Dokumentace provozu SP musí obsahovat postupy pro jednotlivé činnosti vykonávané ve SP.

Opakování/Pozn.:

Kde se vymezuje KP?

Která opatření jsou zavedena v KP?

navrhnete na pracovišti zřídit KP, pokud je průměrný PED na pracovním místě větší než 2,5 $\mu\text{Sv/h}$?

Kde se vymezuje / nevymezuje SP?

Jaké druhy monitorování se zajišťuje ve sledovaném pásmu?

Jaké druhy monitorování se zajišťuje ve kontrolovaném pásmu?

Jak často prokazují RP znalosti o chování ve SP, nebo KP?

14 MONITOROVÁNÍ

Monitorování je sledování, měření, hodnocení a zaznamenávání veličin a parametrů charakterizujících pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů na pracovišti.

14.1 PROGRAM MONITOROVÁNÍ

Pro činnosti „výstavba jaderného zařízení“ a „provoz IV. kategorie“ je dokumentace program monitorování schvalována SÚJB.

Program monitorování musí mít v závislosti na druzích monitorování, které je držitel povolení povinen provádět, následující části:

- monitorování pracoviště,
- osobní monitorování,
- monitorování výpustí,
- monitorování okolí.

Program monitorování musí obsahovat pravidla monitorování pro běžný provoz pracoviště, předvídatelné odchylky od běžného provozu pracoviště, radiační nehodu a radiační havárii.

Pro účely monitorování a hodnocení radiační situace se v programu monitorování stanovují odstupňované monitorovací úrovně.

14.1.1 MONITOROVACÍ ÚROVNĚ

422/2016, §68

ZÁZNAMOVÁ ÚROVEŇ

Záznamová úroveň musí být stanovena na úrovni 1/10 limitů ozáření s ohledem na délku monitorovacího období, nebo nejmenší detekovatelné hodnoty měřené veličiny. Při dosažení nebo překročení záznamové úrovně musí být údaj zaznamenán a uchováván

VYŠETŘOVACÍ ÚROVEŇ

Vyšetřovací úroveň musí být stanovena na úrovni 3/10 limitů ozáření s ohledem na délku monitorovacího období, nebo horní meze obvykle se vyskytujících hodnot měřené veličiny. Při překročení vyšetřovací úrovně musí být provedeno šetření příčin a zjištění důsledků výkyvu sledované veličiny radiační ochrany

ZÁSAHOVÁ ÚROVEŇ

Při překročení zásahové úrovně musí být provedeno předem stanovené opatření k nápravě vzniklého stavu a zabránění nežádoucího rozvoje vzniklého stavu.

14.2 OSOBNÍ MONITOROVÁNÍ

422/2016, §70, §71, §72

Osobní monitorování RP musí být prováděno k určení osobních dávek radiačního pracovníka sledováním, měřeními a hodnocením jeho zevního a vnitřního ozáření.

Držitel povolení musí informovat RP srozumitelným způsobem o výsledcích jeho osobního monitorování a postupech po přešetření příčin dosažení stanovené vyšetřovací nebo zásahové úrovně.

14.2.1 RADIAČNÍ PRACOVNÍK KATEGORIE A

- Osobní monitorování zevního ozáření musí být zajištěno pro RP kategorie A,
- období pro vyhodnocování osobního dozimetru 1 kalendářní měsíc,
- osobní dozimetr musí být umístěn na referenčním místě,
- pokud jeden osobní dozimetr neumožňuje dostatečně přesné určení E a H_T , musí být RP vybaven dalšími osobními dozimetry,
- osobní dozimetr musí měřit všechny druhy záření podílející se na zevním ozáření,
- nelze-li na pracovišti vyloučit překročení limitů ozáření pro RP v důsledku jednorázového zevního ozáření, musí být RP vybaven operativními osobními dozimetry,
- na pracovišti, kde může dojít k vnitřnímu ozáření RP, musí zjišťovat měřením aktivity radionuklidů v těle radiačního pracovníka nebo v jeho exkrettech,
- na pracovišti IV. kategorie musí být měření aktivity radionuklidů v těle RP prováděny nejméně jednou ročně,
- v případě podezření, že došlo k neplánovanému jednorázovému ozáření RP, které by mohlo vést k překročení limitů pro RP, musí být zajištěno okamžité vyhodnocení osobního dozimetru a dozimetrické hodnocení takové události.

14.2.2 RADIAČNÍ PRACOVNÍK KATEGORIE B

Osobní monitorování radiačního pracovníka kategorie B musí být zajištěno

- osobním dozimetrem,
- výpočtem osobních dávek radiačního pracovníka z údajů o monitorování pracoviště, a sledování doby pobytu na tomto pracovišti.

14.3 MONITOROVÁNÍ PRACOVIŠTĚ

422/2016, §69

Na pracovišti I. až IV. kategorie²⁶, musí být monitorování pracoviště prováděno sledováním, měřením, hodnocením a zaznamenáváním veličin a parametrů charakterizujících pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů na pracovišti.

Monitorování pracoviště musí být podle druhů používaných zdrojů ionizujícího záření prováděno:

- monitorováním příkonu prostorového dávkového ekvivalentu na pracovišti,
- monitorováním objemových aktivit v ovzduší pracoviště a plošných aktivit na pracovišti, nebo
- měřením neúčinného záření.

Monitorování radioaktivní kontaminace musí být na pracovišti s otevřeným radionuklidovým zdrojem prováděno tak, aby umožnilo signalizovat provozní odchylky od běžného provozu, nedostatečnou funkci nebo selhání bariér bránících rozptylu a potvrdilo nepřekročení hodnot pro radioaktivní kontaminaci povrchu.

Na pracovišti IV. kategorie musí být prováděno soustavné monitorování objemových aktivit radionuklidů v ovzduší.

²⁶ s výjimkou pracoviště I. kategorie, kde se používají výhradně drobné zdroje ionizujícího záření, které nejsou otevřenými radionuklidovými zdroji,

14.4 MONITOROVÁNÍ VÝPUSTÍ

422/2016, §73

Monitorování výpustí z pracoviště musí být prováděno sledováním, měřením, zaznamenáváním a hodnocením veličin a parametrů charakterizujících uvolňované radioaktivní látky, zejména stanovením bilance celkové vypuštěné aktivity a objemové aktivity radionuklidů.

Monitorování výpustí musí zahrnovat:

- soustavné monitorování radionuklidů, které se nezanedbatelně podílejí na ozáření obyvatelstva, vypuštěných za stanovené období, tzv. „bilanční měření“,
- nepřetržité monitorování radionuklidů,
- operativní monitorování jiných potenciálních cest uvolňování radioaktivní látky z pracoviště.

Držitel povolení k provozu pracoviště IV. kategorie, držitel povolení k jednotlivým etapám vyřazování z provozu pracoviště IV. kategorie, je povinen:

- zajistit monitorování výpustí a okolí pracoviště,
- stanovit monitorovací úrovně a postupy při jejich překročení v souladu s obecnými postupy při jejich překročení stanovenými prováděcím právním předpisem,
- zajistit monitorování všech potenciálních cest úniku, existuje-li možnost úniku radioaktivní látky z pracoviště,
- hodnotit ozáření reprezentativní osoby, výsledky hodnocení ozáření reprezentativní osoby předávat Úřadu a na žádost je poskytnout dotčeným osobám.

14.5 MONITOROVÁNÍ OKOLÍ PRACOVISTĚ

422/2016, §74

Monitorování okolí pracoviště, z něhož jsou vypouštěny nebo jinými cestami uvolňovány radioaktivní látky, musí být prováděno sledováním, měřením, hodnocením a zaznamenáváním veličin a parametrů charakterizujících pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů v okolí pracoviště, zejména

- příkonu prostorového dávkového ekvivalentu,
- objemových aktivit radionuklidů a
- hmotnostních aktivit radionuklidů.

Záznamová úroveň musí být stanovena tak, aby splňovala požadavky na nejmenší detekovatelnou hodnotu monitorované veličiny podle vyhlášky o monitorování radiační situace.

Vyšetřovací úroveň musí být stanovena jako horní mez obvykle se vyskytujících hodnot monitorované veličiny. Zásahová úroveň musí být stanovena v souladu s požadavky optimalizace ozáření obyvatelstva.

Opakování/Pozn.:

Co je účelem monitorování?

Kde (na kterých pracovištích) se zavádí monitorování pracoviště?

Co je/představuje monitorování?

Co je to monitorovací úroveň?

Jaké znáte monitorovací úrovně?

Pro které veličiny z programu monitorování se stanovují monitorovací úrovně?

Co to je záznamová/ vyšetřovací /zásahová úroveň je?

Kde jsou stanoveny záznamová/ vyšetřovací /zásahová úrovně?

Co je nutno udělat při překročení záznamové/vyšetřovací/zásahové úrovně?

Kde je umístěn/se nosí osobní dozimetr?

Jaké druhy IZ musí být schopen měřit osobní dozimetr?

Jak často musí být prováděno měření vnitřní kontaminace u RP na pracovišti IV. kategorie?

15 ZAJIŠTĚNÍ ZVLÁDÁNÍ RMU

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, hlava VIII

Při zvládání radiační mimořádné události se ve věcech neupravených tímto zákonem postupuje podle zákona o integrovaném záchranném systému nebo podle zákona o krizovém řízení.

15.1 ZÁKLADNÍ POJMY

RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST

Událost, která vede nebo může vést k překročení limitů ozáření, a která vyžaduje opatření, jež by zabránila jejich překročení nebo zhoršování situace z pohledu zajištění RO.

REFERENČNÍ ÚROVNĚ

Referenční úroveň je úroveň ozáření nebo rizika ozáření v nehodové expoziční situaci nebo v existující expoziční situaci, kterou je nežádoucí překročit.

HAVARIJNÍ AKČNÍ ÚROVNĚ

Havarijní akční úrovně jsou skutečnosti nebo veličiny, které indikují podezření na vznik radiační mimořádné události při provádění povolené činnosti. Mohou to být:

- veličiny a skutečnosti vztahující se k okamžitému stavu (stav systémů, stav zařízení, stav OS, ...)
- zjištění provozní události nebo mimořádné události, která může ohrozit JB nebo RO při vykonávání činností v rámci PES.

Havarijní akční úrovně musí být stanoveny jako soubor předem určených, místně specifických iniciačních podmínek, jejichž dosažení je podnětem k prošetření podezření na vznik nebo potvrzení vzniku RMU, popřípadě podnětem k zahájení odezvy.

Havarijní akční úrovně jsou zpracovány pro všechny činnosti prováděné v rámci povolené činnosti, mohou se skládat z několika monitorovacích úrovní.

OPERAČNÍ ZÁSAHOVÉ ÚROVNĚ

V případě vzniku radiační havárie jsou pro omezení havarijního ozáření obyvatelstva stanoveny hodnoty (359/2016 ve znění pozdějších předpisů, příloha 9) vybraných přímo měřitelných veličin, při jejichž překročení musí být zváženo zavedení neodkladných ochranných opatření.

ZASAHUJÍCÍ OSOBA

Fyzická osoba, které jsou stanoveny úkoly v rámci nehodové expoziční situace a která by mohla být vystavena ozáření při provádění opatření v rámci odezvy na radiační mimořádnou událost.

VNITŘNÍ HAVARIJNÍ PLÁN

Pro činnosti „výstavba jaderného zařízení“ a „provoz IV. kategorie“ je dokumentace program monitorování schvalována SÚJB.

Vnitřní havarijní plán se zpracovává pro areál jaderného zařízení nebo pracoviště se zdroji ionizujícího záření.

VNĚJŠÍ HAVARIJNÍ PLÁN

Vnější havarijní plán se zpracovává pro zónu havarijního plánování.

ZÓNA HAVARIJNÍHO PLÁNOVÁNÍ

Oblast v okolí areálu jaderného zařízení nebo pracoviště IV. kategorie, ve které se na základě analýzy a hodnocení RMU uplatňují požadavky na přípravu zavedení neodkladných ochranných opatření dalších opatření ochrany obyvatelstva v důsledku předpokládaného překročení referenčních úrovní a jiných opatření ochrany obyvatelstva.

Zóna havarijního plánování musí být stanovena jako kruhová plocha v okolí areálu jaderného zařízení nebo pracoviště IV. kategorie. Požadavky na stanovení zóny havarijního plánování jsou uvedeny ve vyhlášce 359/2016 ve znění pozdějších předpisů, §4.

NÁRODNÍ RADIAČNÍ HAVARIJNÍ PLÁN

pro území České republiky vně areálu jaderného zařízení pro přípravu na řízení a provádění odezvy na RN nebo RH s dopadem mimo zónu havarijního plánování.

15.2 KATEGORIZACE V OBLASTI ZVLÁDÁNÍ RMU

15.2.1 Odstupňovaný přístup

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §153

Pro účely odstupňované připravenosti k odezvě na RMU se RMU zařazuje do kategorie:

RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST, STUPEŇ 1

Radiační mimořádná událost zvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti RMU vznikla.

RADIAČNÍ NEHODA

Radiační mimořádná událost nezvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti RMU vznikla, nebo vzniklá v důsledku nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje, která nevyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo.

RADIAČNÍ HAVÁRIE

Radiační mimořádná událost nezvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti RMU vznikla, nebo vzniklá v důsledku nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje, která vyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo.

15.2.2 KATEGORIE OHROŽENÍ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §153,
359/2016 ve znění pozdějších předpisů, §2

Podle velikosti možných dopadů radiační nehody nebo radiační havárie na území České republiky se jaderné zařízení, pracoviště se zdroji ionizujícího záření nebo činnosti v rámci expozičních situací zařazují do kategorie ohrožení A až E:

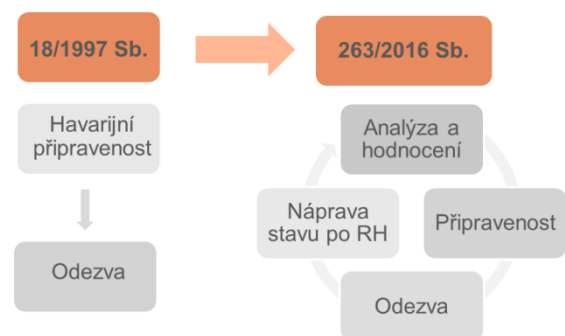
- do kategorie ohrožení **A** se zařazuje energetické jaderné zařízení,
- do kategorie ohrožení **B** se zařazuje jaderné zařízení, které nepatří do kategorie ohrožení A, a pracoviště IV. kategorie, kromě pracoviště s jaderným zařízením, na němž může vzniknout radiační havárie,
- do kategorie ohrožení **C** se zařazuje jaderné zařízení nebo pracoviště se zdroji ionizujícího záření, na němž nemůže vzniknout radiační havárie,
- do kategorie ohrožení **D** se zařazuje činnost v rámci expozičních situací, včetně nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje nebo přepravy radioaktivní nebo štěpné látky, která může být příčinou vzniku radiační nehody nebo radiační havárie na nepředvídatelném místě, a tím i havarijního ozáření.
- do kategorie ohrožení **E** se zařazují oblasti na území České republiky, na kterých mohou být realizována ochranná opatření pro obyvatelstvo v důsledku radiační havárie vzniklé na jaderném zařízení nebo pracovišti se zdroji ionizujícího záření umístěném na území státu sousedícího s Českou republikou.

15.3 ZVLÁDÁNÍ RMU

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §154 - §158

Systém postupů a opatření k zajištění

- analýzy a hodnocení RMU,
- připravenosti k odezvě na RMU,
- odezvy na RMU a
- nápravy stavu po radiační havárii.



15.3.1 ANALÝZA A HODNOCENÍ

359/2016 ve znění pozdějších předpisů, část druhá

Podle velikosti možných dopadů radiační nehody nebo radiační havárie na území České republiky se jaderné zařízení, pracoviště se zdroji ionizujícího záření nebo činnosti v rámci expozičních situací zařazují do kategorie ohrožení A až E.

Oznámení o zjištěné kategorii ohrožení musí být provedeno do 10 dnů ode dne nabytí právní moci příslušného rozhodnutí Úřadu o povolení.

Analýza a hodnocení:

- se provádí pro danou činnost a konkrétní období (zahájení výstavby/provozu do zahájení do vyřazování, nakládání s RaO, přepravu, ...).
- Obsahuje výčet RMU 1. stupně, RN a RH:
 - při prováděných činnostech,
 - pro přepravu.

- Obsahuje zjištění možných dopadů:
 - při prováděných činnostech,
 - pro přepravu.
- Zjištění možného ohrožení osob,
- Určení a výběr scénářů,
- ...

Požadavky na obsah analýzy a hodnocení RMU jsou uvedeny ve vyhlášce 359/2016, příloha 1.

15.3.2 PŘIPRAVENOST K ODEZVĚ NA RMU

359/2016 ve znění pozdějších předpisů, část třetí

Soubor organizačních, technických, materiálních a personálních opatření připravovaných podle pravděpodobného průběhu RMU k odvrácení nebo zmírnění jejích dopadů a zpracovaných ve formě:

- zásahových instrukcí,
- vnitřního havarijního plánu,
- vnějšího havarijního plánu a
- národního radiačního havarijního plánu a havarijního řádu.

Vyhláška 359/2016 ve znění pozdějších předpisů stanoví požadavky na postupy a opatření k zajištění:

- vzdělávání a odborné přípravy k odezvě,
- zjišťování vzniku RMU,
- vyhlášení RMU a vyrozumění dotčených orgánů,
- řízení a provádění odezvy
- omezení havarijního ozáření (shromáždění, ukrytí, jodová profylaxe, evakuace),
- zdravotnického zajištění (vyhledávání, první pomoc, neodkladná a odborná zdravotní péče)
- předběžného informování obyvatelstva,
- prověřování připravenosti osob k odezvě (havarijní cvičení),
- příjmu vnější pomoci,
- dokumentování připravenosti k odezvě (aktualizace min 1x/4 roky).

Vyhláška 359/2016 ve znění pozdějších předpisů stanoví způsob a četnost ověřování dokumentace týkající se zvládnutí RMU.

15.3.3 ODEZVA NA RMU

359/2016 ve znění pozdějších předpisů, část čtvrtá

Uplatnění souboru opatření ke zvládnutí situace související se vznikem RMU s cílem znovunabytí kontroly nad vzniklou situací a zabránění následkům vzniklé RMU, včetně neradiačních následků, nebo jejich zmírnění.

POVINNOSTI DRŽITELE POVOLENÍ

21/2017 Sb.

Držitel povolení při řízení a provádění odezvy musí:

- vyhlásit radiační mimořádnou událost a vyrozumět Úřad:
 - neprodleně po zjištění vzniku radiační havárie,
 - nejpozději do 4 hodin od zjištění vzniku radiační nehody,
 - nejpozději do 24 hodin od zjištění vzniku RMU prvního stupně,
- vyrozumět místně příslušné starosty obcí s rozšířenou působností a místně příslušného hejtmana kraje prostřednictvím územně příslušného operačního střediska HZS České republiky a další dotčené orgány stanovené vnitřním havarijním plánem nebo havarijním řádem a sousedící osobu, a to
 - neprodleně po zjištění vzniku radiační havárie,
 - nejpozději do 4 hodin od zjištění vzniku radiační nehody spojené s podezřením na možný únik radioaktivních látek nebo šíření ionizujícího záření z areálu jaderného zařízení nebo pracoviště se zdroji.
- omezovat havarijní ozáření,
- provádět zdravotnické zajištění,
- zpracovávat průběh odezvy,
- v případě radiační havárie neprodleně informovat obyvatelstvo, stanovit požadavky na příjem vnější pomoci a předávat údaje potřebné k hodnocení radiační havárie.

15.3.4 NÁPRAVA STAVU PO RADIAČNÍ HAVÁRII

359/2016 ve znění pozdějších předpisů, část čtvrtá

Na základě hodnocení výsledků monitorování navrhuje Úřad velikost vymezení kontaminované oblasti vně areálu jaderného zařízení nebo pracoviště IV. kategorie k provádění nápravy stavu po radiační havárii.

Držitel povolení při provádění nápravy stavu po radiační havárii v areálu jaderného zařízení nebo na pracovišti IV. kategorie musí:

- stanovit cíle nápravy stavu,
- posoudit potřebu a rozsah ochranných opatření vztahujících se na osoby provádějící nápravu,
- posoudit potřebu zamezení nebo kontroly přístupu do vymezené kontaminované oblasti,
- posoudit rozložení dávek osob,
- zvážit další potřebu a rozsah ochranných opatření vedoucích ke snížení veškerých ozáření, která stále překračují referenční úroveň,
- ...

15.4 OMEZOVÁNÍ OZÁŘENÍ HAVARIJNÍHO OZÁŘENÍ A OZÁŘENÍ U ZASAHUJÍCÍCH OSOB

Každý, kdo vykonává činnosti v rámci existující a nehodové expoziční situace, je povinen pro optimalizaci RO obyvatelstva, RP a zasahujících osob používat referenční úroveň a optimalizaci přednostně zaměřit na ozáření přesahující referenční úroveň.

15.4.1 OMEZOVÁNÍ OZÁŘENÍ U ZASAHUJÍCÍCH OSOB

AZ ve znění pozdějších předpisů, §104, odst. (4)
359/2016 ve znění pozdějších předpisů, příloha 9

V případech, kdy nelze vyloučit překročení limitů ozáření, optimalizuje se havarijní ozáření zasahující osoby za použití referenční úrovně, jedná-li se o případ záchrany lidských životů či zabránění rozvoje nehodové expoziční situace s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky.

	Referenční úroveň
Havarijní ozáření (zasahující osoby)	100 mSv/r nebo 500 mSv/ rok v případě záchrany lidských životů či zabránění rozvoje NES s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky.

15.4.2 OMEZOVÁNÍ HAVARIJNÍHO OZÁŘENÍ

„ZAMĚSTNANCI“

Pro omezení havarijního ozáření osob nacházejících se v areálu jaderného zařízení nebo na pracovišti IV. nebo III. kategorie, musí být připravena opatření a postupy pro shromáždění, ukrytí, použití jódové profylaxe a evakuaci.

OBYVATELSTVO

Pro omezení havarijního ozáření obyvatelstva v zóně havarijního plánování a složek integrovaného záchranného systému zasahujících při radiační havárii v zóně havarijního plánování musí být zajištěna antidota k jódové profylaxi.

PŘI PŘEPRAVĚ

Pro omezení havarijního ozáření osob v případě vzniku radiační mimořádné události při přepravě radioaktivní nebo štěpné látky musí být připraveny postupy, které se provedou neprodleně po zastavení přepravy, pro

- shromáždění účastníků přepravy a dalších dotčených osob na vhodném místě na návětrné straně vzhledem k místu vzniku RMU a v dostatečné vzdálenosti od ní,
- evidenci osob podle písmene,
- dozimetrickou kontrolu osob, provedení dekontaminace osob.

15.4.3 PŘETRVÁVAJÍCÍ OZÁŘENÍ V DŮSLEDKU NES

Při optimalizaci opatření k usměrnění přetrvávajícího ozáření v důsledku nehodové expoziční situace musí být v existující expoziční situaci zohledněno

- vnější ozáření v důsledku kontaminace životního prostředí a
- vnitřní ozáření v důsledku příjmu kontaminovaných potravin nebo kontaminované vody.
- Referenční úroveň k usměrnění přetrvávajícího ozáření v důsledku nehodové expoziční situace je nejvýše 20 mSv za 12 měsíců.

Opakování/Pozn.:

Do kdy a komu je třeba oznámit MU 1. stupně/radiační nehodu/radiační havárii?

Definujte pojem „Havarijní ozáření“

Definujte pojem „Referenční úroveň“.

Jaké jsou referenční úrovně pro zasahující osoby?

Jak provádíme omezení havarijního ozáření pro zaměstnance/obyvatelstvo/při přepravě?

Do kolika kategorií se zařazují JZ nebo pracoviště podle velikosti možných dopadů radiační nehody nebo radiační havárie na území České republiky?

Vyjmenujte jednotlivé fáze ke zvládnutí ZRMÚ.

16 DRUHY KONTAMINACE, DEKONTAMINACE

Kontaminace je nežádoucí znečištění radioaktivními látkami.

16.1 POVRCHOVÁ KONTAMINACE

V případě, že radioaktivní látky ulpěly na povrchu (osob, zařízení), mluvíme o povrchové kontaminaci, která se následně dá klasifikovat jako stíratelná (radioaktivní látky lze odstranit) a nestíratelná (radioaktivní látky nelze odstranit).

Vznikne-li při práci v KP podezření na kontaminaci oděvu nebo těla pracovníka, je nutno:

- přeměřit se na nejbližším přístroji pro měření povrchové kontaminace,
- oznámit tuto skutečnost pracovníkům RO provozu a postupovat dle jejich pokynů,
- nahlásit situaci osobě, která zajišťuje soustavný dohled,

pro přechod použít návleky na obuv, při významnější kontaminaci odložit oděv do pytle přímo na pracovišti.

Případná dekontaminace rukou, těla, obuvi a výměna oděvu se provádí v havarijní hygienické smyčce. Při přechodu do havarijní HS je nutno zamezit rozptýlení/roznášení radioaktivních látek do dalších prostorů. Postup dekontaminace je uveden v měřicí místnosti hygienické smyčky, je řízen pracovníkem radiační ochrany provozu.

16.2 VNITŘNÍ KONTAMINACE

Vnitřní kontaminací rozumíme ozáření osoby ionizujícím zářením z radionuklidů vyskytujících se v těle této osoby, zpravidla jako důsledek příjmu radionuklidů. Vnitřní kontaminace je samozřejmě nebezpečnější, protože při ní je organismus zářením zatěžován dlouhodobě a "zevnitř". V tomto případě radionuklid vstoupí do metabolismu a podle toho, jakou má chemickou povahu, se může hromadit v určitých cílových orgánech, které jsou pak bezprostředně vystaveny účinkům záření.

Z hlediska vnitřní kontaminace je nejnebezpečnější záření α , protože částice α mají vysoké energie, ale krátké dolety.

16.2.1 KRITICKÉ CESTY, BIOGENNÍ RADIONUKLIDY, KRITICKÉ ORGÁNY

K vnitřní kontaminaci může docházet nejen zažívacím ústrojím či dýchacím ústrojím, ale také průnikem přes pokožku. Abychom předešli kontaminaci, je nutno dodržovat pravidla hygieny, v kontrolovaném pásmu nejíst, používat ochranné rukavice, s těkavými radioaktivními látkami pracovat v digestoři atd.

Po vniknutí do organismu přechází radionuklid z plic nebo žaludku krevními tekutinami do celého těla. Většinu radionuklidů je naše tělo schopno rychle vyloučit, některé v sobě ukládá. Tyto radionuklidy nazýváme biogenní radionuklidy a orgány, ve kterých se kumulují biogenní radionuklidy, se nazývají kritické orgány. Kritické orgány mohou zadržovat značnou část daného radionuklidu, takže výsledná koncentrace konkrétního radionuklidu v daném orgánu může například tisíckrát přesahovat koncentraci v sousedním orgánu.

Kritický orgán	Neaktivní prvek	Biogenní radionuklidy ²⁷	Poločas rozpadu	Typ přeměny	vznik
Štítná žláza	jod	^{131}I , ^{132}I	8 dní	převážně gama, beta minus	štěpení uranu, plutonia
Kost	vápník	$^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y}$	28 let	beta minus	při pokusných výbuších
Svalovina	draslík	^{137}Cs	50-150 dní	převážně gama, beta minus	štěpení uranu, plutonia
Celé tělo	vodík	T (^3H)	12,3 roku	beta minus	důsledek jaderných pokusů, činnost JR

16.2.2 VYHODNOCOVÁNÍ VNITŘNÍ KONTAMINACE

Na pracovištích, kde může dojít k vnitřnímu ozáření pracovníků, se příjmy radionuklidů zjišťují zpravidla měřením jejich aktivity v těle nebo v exkretech pracovníka. Na pracovištích IV. kategorie je měření vnitřní kontaminace vyžadováno vždy.

Vnitřní kontaminaci lze monitorovat přímo měřením aktivity radionuklidu v těle nebo orgánu celotělovým počítačem nebo jednodušším zařízením nebo nepřímo měřením aktivity radionuklidů vyloučených v exkretech případně měřením pracovního prostředí.

16.2.3 VYHODNOCOVÁNÍ VNITŘNÍ KONTAMINACE – PŘÍMÉ METODY

Přímými metodami se rozumí stanovení aktivity radionuklidu měřením in vivo celého těla nebo orgánu či tkáně celotělovým počítačem nebo obdobným zařízením (například zařízení pro stanovení radioizotopů jódu ve štítné žláze).

Celotělové počítače jsou většinou spektrometry záření gama se scintilačními nebo polovodičovými detektory²⁸, jimiž se měří záření γ nebo charakteristické rentgenové záření, které emitují radionuklidy, přítomné v těle.

FASTSCAN

Monitoru rychlého měření vnitřní kontaminace. Měřením na FASTSCANu prochází všichni pracovníci vykonávající činnosti v KP vždy při žádosti o povolení vstupu do kontrolovaného pásma a poté minimálně jedenkrát za rok. Podrobnější určení vnitřní kontaminace je možno zjistit pomocí celotělového počítače a monitoru měření jódu ve štítné žláze.



²⁷ Radionuklidy deponované v organismu, jsou často zdroji záření o vysokém LET (Linear energy transfer – udává energii, kterou částice nebo foton předá, vztaženou na vzdálenost, kterou pronikne okolním prostředím. Hodnota LET se zvyšuje s nábojem a velikostí částice).

²⁸ Aby při celotělovém měření bylo dosaženo přibližně stejné detekční účinnosti pro všechna místa těla, používá se několika scintilačních detektorů větších rozměrů, rozmístěných kolem těla pacienta v uspořádání tzv. celotělového detektoru

CTP + MĚŘENÍ JÓDU

Vnitřní ozáření od radionuklidů s doprovodným zářením γ je možno určit na celotělovém počítači, kde je změřeno rozložení a aktivita jednotlivých radionuklidů v těle. Aktivita radioaktivního jódu ve štítné žláze se měří detektorem přiloženým ke štítné žláze. Aktivita tritia se sleduje ve vzorku moči.

16.2.4 VYHODNOCOVÁNÍ VNITŘNÍ KONTAMINACE – NEPŘÍMÉ METODY

Nepřímé metody jsou metody, které vedou k odhadu úvazku efektivní dávky či úvazku ekvivalentní dávky obvykle:

- prostřednictvím měření exkretů nebo
- jen z měření pracovního prostředí nebo
- ze znalostí hmotnostních aktivit radionuklidů v potravinovém řetězci.

Tyto metody se používají jednak v případě radionuklidů, které nelze měřit přímými metodami, dále při speciálním nebo havarijním monitorování, kdy je třeba získat více informací o chování radionuklidu v těle, a v případě, kdy není k dispozici celotělový počítač.

Pro hodnocení zátěže radiačních pracovníků se používají následující pojmy:

PŘÍJEM

Příjem je aktivita radionuklidu přijatá do lidského organismu z prostředí, zejména požitím nebo vdechnutím. Značí se I , jednotka je Bq.

KONVERZNÍ FAKTOR

Konverzní faktory jsou koeficient udávající efektivní dávku připadající na jednotkový příjem radionuklidu, jednotka je Sv/Bq. Konvenční hodnoty konverzních faktorů příjmu radionuklidu stanoví příloha č. 3, k vyhlášce č.422/2016 Sb.

BIOLOGICKÝ POLOČAS

Biologický poločas je doba, za kterou se vyloučí polovina z celkového množství radionuklidu z organismu. Značí se T_B , jednotka je sekunda, minuta, den atd.

EFEKTIVNÍ POLOČAS: T_E [S, MIN, D...]

Důležitý je fakt, že k poklesu aktivity přispívá jednak přirozený rozpad přijatého radionuklidu a jednak vylučování radionuklidu z těla. Doba, za kterou klesne aktivita radionuklidu na 50 % původní hodnoty, označujeme jako efektivní poločas. Je definován následujícím vztahem. Značí se T_{ef} . Jednotka je sekunda, minuta, den atd.

$$T_E = \frac{t_{1/2} \cdot T_B}{t_{1/2} + T_B}.$$

16.3 DEKONTAMINACE

Dekontaminace znamená snižování nebo odstraňování obsahu radioaktivních látek z povrchu nebo objemu.

16.3.1 DEKONTAMINACE OSOB

Dekontaminace osob se provádí v havarijní smyčce. Kontaminovaný pracovník je odveden do havarijní smyčky, kde si svlékne OOPP, osprchuje se a proměří kontaminaci povrchu těla. V případě přetrvávající kontaminace kontaminovaný pracovník informuje pracovníka radiační ochrany provozu a provede další dekontaminaci povrchu těla podle jeho pokynů. Pracovník radiační ochrany provozu provede šetření příčiny vzniku kontaminace a zjištěné skutečnosti dokumentuje.

16.3.2 ZÁSADY DEKONTAMINACE OSOB

Při kontaminaci povrchu těla je nutno dekontaminovat pokožku podle níže uvedených zásad, na nejnižší možné hodnoty, jichž lze opakovanými postupy dosáhnout bez porušení pokožky. Při provádění dekontaminace je třeba dbát, aby se kontaminace nerozšiřovala na čisté části těla.

- Nejdříve se dekontaminují ruce a teprve potom ostatní kontaminované části těla.
- Tělo se zásadně dekontaminuje od shora dolů.
- Při dekontaminaci je třeba dbát na to, aby se kontaminace nerozšiřovala na čisté části těla.
- Při dekontaminaci vlasů dávat pozor, aby voda se šamponem nestékala do obličejové části těla a nevnikla tak do tělních otvorů.
- Zvýšenou pozornost věnovat místům v okolí nehtů a mezi prsty, kde se kontaminace snáze zachytává.
- Pokožka se umývá s použitím mýdla 2 – 3 minuty ve vlažné vodě, namydlená místa opláchneme a osušíme. K odstranění kontaminace je vhodné použít měkký kartáček.
- Před dalším cyklem mytí udělat přestávku cca 10 minut, aby nedošlo k rozmočení pokožky. Po každém umytí a osušení provedeme změření kontaminace.
- Pokud je dekontaminace běžnými prostředky neúčinná, nařídí Dozimetrista použití speciálních prostředků (1% kyselinu citronovou apod.) resp. doporučí ostříhání nehtů, oholení ochlupení apod.).
- Není-li osoba schopna dekontaminovat povrch těla bez nebezpečí poškození povrchu pokožky, oznámí tuto událost Dozimetristům.
- Kontaminovaná osoba je po vyplnění Průvodního listu osoby odeslána:
 - v případě $As > 3Bq/cm^2$ ke speciální dekontaminaci na ZZS²⁹.
 - v případě nestíratelné $As < 3Bq/cm^2$ lokálního charakteru a v případě souhlasu kontaminované osoby odeslána s průvodním listem mimo KP³⁰.

Po dekontaminaci na ZZS se osoba před následujícím vstupem do KP dostaví do HS na kontrolu As.

²⁹ Po dekontaminaci na ZZS lékař vyplní průvodní list osoby / část lékařská a kopii předá na útvar řízení radiačních rizik. Lékař informuje telefonicky Dozimetristy na CDRK o výsledku dekontaminace a o dalším postupu v případě neúspěšné dekontaminace

³⁰ Dozimetrista poučí kontaminovanou osobu o povinnosti dostavit se následující pracovní den na kontrolní měření na PCM2 k obsluze HS

Opakování/Pozn.:

Jaký/který je nejnebezpečnější zdroj záření z hlediska vnitřní kontaminace?

V kterém orgánu se po vdechnutí kumulují radioisotopy jódu?

Jaký radionuklid kumuluje se ve štítné žláze?

Který/jaký radionuklid, který se nekumuluje při vnitřní kontaminaci v žádném orgánu?

Nadefinuj konverzní faktor.

Nadefinuj biologický poločas rozpadu.

Nadefinuj efektivní poločas rozpadu.

Na jakou hodnotu se sníží aktivita radionuklidu po jedné efektivní poločase rozpadu?

Co to jsou kritické cesty?

Co to je biogenní radionuklid?

17 PŘEPRAVA ZIZ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §141,
359/2016 ve znění pozdějších předpisů, §9
361/2016 ve znění pozdějších předpisů, §25,
ADR³¹
RID³²

17.1 POVINNOSTI PŘEPRAVCE

Převpravce je povinen

- zajistit přepravu a dopravu radioaktivní nebo štěpné látky podle prováděcího právního předpisu a jiných právních předpisů³³,

³¹ Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí – ADR (Accord européen au transport international des marchandises par route) přijatá v Ženevě 30. září 1957 byla vyhlášena MZV pod č. 64/1987 Sb. a Česká republika přijala dohodu s účinností od 1. ledna 1993. Úplné znění dohody bylo zveřejněno ve Sbírce mezinárodních smluv pod č. 65/2003, příloha A – Všeobecná ustanovení a ustanovení týkající se nebezpečných látek a předmětů, část 1- 7, příloha B – Ustanovení o dopravních prostředcích a přepravě, část 8 a 9, restrukturalizovaná pod č. 33/2005, 14/2007, 17/2009, 17/2011.

Na tento předpis navazují předpisy: zákon o silniční dopravě ve znění jeho novelizací, zákon o odpadech, chemický zákon, zákon o obalech a celá řada vyhlášek MŽP ČR o hodnocení a nakládání s odpady.

ADR vymezuje nebezpečné věci v zákoně o silniční dopravě, jako látky a předměty, pro jejichž povahu, vlastnosti nebo stav může být v souvislosti s jejich přepravou ohrožena bezpečnost osob, zvířat a věcí nebo ohroženo životní prostředí. Sama dohoda ADR definuje nebezpečné věci jako látky a předměty, jejichž přeprava je Dohodou ADR zakázána nebo povolena, a to pouze z podmínek v ní předepsaných. Jedná se tedy o látky a předměty, které mohou mít např. jednu nebo více následujících nebezpečných vlastností: výbušnost, tlak plynů, hořlavost kapalin či tuhých látek, samozápalnost, oxidační schopnost, jedovatost, infekčnost, radioaktivitu, žravost, rakovinnotvornost, jsou nebezpečné svou vysokou teplotou při přepravě, poškozují životní prostředí apod.

³² Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses - RID)) je přílohou C Úmluvy o mezinárodní železniční dopravě (francouzsky Convention relative aux transports internationaux ferroviaires – COTIF). Tento řád platí pro mezinárodní přepravu nebezpečných věcí po železničních tratích na území smluvních států RID. Řád také v příloze stanovuje nebezpečné věci, které jsou z mezinárodní přepravy vyloučeny.

³³ Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), vyhlášena pod č. 64/1987 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID) je mezinárodní smlouva určující podmínky pro přepravu nebezpečných látek po železnici. Tato úmluva byla přijata dne 9. května 1980 v Bernu a byla vyhlášena pod č. 8/1985 Sb.

Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách, ve znění pozdějších předpisů.

Úmluva o mezinárodní přepravě (COTIF), vyhlášena pod č. 8/1985 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 222/1995 Sb., o vodních cestách, plavebním provozu v přístavech, společné havárii a dopravě nebezpečných věcí, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

- zajistit zabezpečení radioaktivní látky, FO jaderného materiálu, zvládnutí RMU,
- určit přepravní index, index bezpečné podkritičnosti a kategorii radioaktivní zásilky, nefixovanou kontaminaci a příkony dávkového ekvivalentu,
- zajistit technické a organizační podmínky přepravy a dopravy radioaktivní nebo štěpné látky,
- zajistit dokumentaci nezbytnou k přepravě,
- informovat o dopravě Úřad, dotčené správní orgány, dopravce a další osoby,
- označit radioaktivní zásilku příslušnými údaji a
- opatřit radioaktivní zásilku bezpečnostními značkami,
- v případě radiační havárie nebo podezření na její vznik neprodleně informovat Úřad, příslušné operační středisko Policie České republiky a příslušné operační a informační středisko Hasičského záchranného sboru České republiky.
- ...

Při přijetí zásilky musí příjemce zkontrolovat celistvost zásilky, zámky a plomby a neprodleně poté zásilku protokolárně převzít a informovat odesílatele o jejím převzetí. Při přepravě jaderného materiálu musí být zřízeno operační centrum této přepravy, které musí zajišťovat spojení s dopravcem, odesílatelem, příjemcem, policií a Úřadem.

17.2 ZPŮSOB OZNAČOVÁNÍ DOPRAVNÍHO PROSTŘEDKU



Kategorie
I – BÍLÁ



Kategorie
II – ŽLUTÁ



Kategorie
III - ŽLUTÁ

Bezpečnostní značka musí být umístěna na všech čtyřech stranách kontejneru. Výjimkou je osobní auto, kde stačí umístění jedné značky.

17.3 OMEZENÍ OZÁŘENÍ PŘI PŘEPRAVĚ

Pro omezení havarijního ozáření osob v případě vzniku radiační mimořádné události při přepravě radioaktivní nebo štěpné látky musí být připraveny postupy, které se provedou neprodleně po zastavení přepravy, pro

- shromáždění účastníků přepravy a dalších dotčených osob na vhodném místě na návětné straně vzhledem k místu vzniku RMU a v dostatečné vzdálenosti od ní,
- evidenci osob podle písmene,
- dozimetrickou kontrolu osob, provedení dekontaminace osob.

Opakování/Pozn.:

Je potřeba povolení SÚJB k činnosti jako je přeprava RaL?

Provádí se omezení ozáření osob při přepravě IZ? Jak?

18 POŽADAVKY NA ZKOUŠKY ZIZ (HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ ZIZ)

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §68,
422/2016 §27, §28, §29, §30, §31

Pro hodnocení vlastností zdroje ionizujícího záření zkouškami zdroje ionizujícího záření ke schválení typu výrobku, posuzováním shody vlastností zdroje ionizujícího záření podle jiného právního předpisu, přejímací zkouškou zdroje ionizujícího záření s výjimkou otevřených radionuklidových zdrojů a zkouškou dlouhodobé stability zdroje IZ je nutné povolení Úřadu.

HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ ZIZ

Držitel povolení je povinen zajistit hodnocení vlastností ZIZ prostřednictvím:

- Přejímací zkoušky, pokud se nejedná:
 - o nevýznamný ZIZ, drobný ZIZ, který není určen pro lékařské ozáření,
 - o URZ, u kterého neuplynula doba delší než 6 měsíců od jeho výroby,
 - o ZIZ převzatý výhradně ke skladování,
 - o ZIZ vyrobený uživatelem pro vlastní využití (prototyp, ...)
- Zkouškou dlouhodobé stability, pokud se nejedná o:
 - o nevýznamný ZIZ, drobný ZIZ, ORZ,
 - o ZIZ vyrobený uživatelem pro vlastní využití (prototyp, ...).

OVĚŘOVÁNÍ VLASTNOSTÍ ZIZ

Držitel povolení je povinen provádět ověřování vlastností ZIZ prostřednictvím:

- zkoušky provozní stálosti, pokud se nejedná o nevýznamný ZIZ, ORZ,
- výsledky hodnotit,
- v případě nevyhovujících výsledků provést nápravná opatření.

18.1 PŘEJÍMACÍ ZKOUŠKA

422/2016 §26

Přejímací zkouška musí být provedena po instalaci zdroje ionizujícího záření před zahájením jeho používání. Nově se bude provádět po každé instalaci ZIZ = nahradí „výchozí zkoušku dlouhodobé stability“³⁴.

Pokud je nalezena jakákoli závada, přejímací zkouška je neúspěšná, ZIZ se nesmí používat, dokud není přejímací zkouška bez závad.

Přejímací zkouška musí zahrnovat

- vizuální kontrolu celistvosti a neporušenosti zdroje ionizujícího záření,
- v případě otevřeného radionuklidového zdroje ověření údajů uvedených v průvodním listu
- v případě uzavřeného radionuklidového zdroje ověření údajů uvedených v osvědčení uzavřeného radionuklidového zdroje a zkoušku těsnosti
- ...

³⁴ Explicitně uvedeno, že se přizpůsobuje účelu použití a specifickým vlastnostem ZIZ a jeho příslušenství, které má vliv na RO

- ověření údajů od výrobce, které jsou významné pro možný způsob použití zařízení z hlediska RO,

V případě zdroje IZ podléhajícího schvalování typu musí být přijímací zkouška prováděna v rozsahu podle rozhodnutí o schválení typu výrobku.

Osoba, která provádí přijímací zkoušku, musí přizpůsobit její rozsah konkrétnímu účelu použití a specifickým vlastnostem zdroje IZ a jeho příslušenství, které má vliv na RO.

18.2 ZKOUŠKA DLOUHODOBÉ STABILITY

422/2016 §27 - §29

Zkouška dlouhodobé stability musí zahrnovat vizuální kontrolu celistvosti a neporušenosti zdroje IZ. Další obsah souvisí s daným zdrojem IZ.

Osoba, která provádí zkoušku dlouhodobé stability, musí přizpůsobit její rozsah konkrétnímu účelu použití a specifickým vlastnostem zdroje ionizujícího záření a jeho příslušenství, které má vliv na RO.

Zkouška dlouhodobé stability může být prováděna v omezeném rozsahu =uzákonění možnosti částečné zkoušky dlouhodobé stability

- zaměřené jen na konkrétní problém,
- lze s její pomocí „dokončit“ načatou neúspěšnou zkouškou dlouhodobé stability,
- nenahrazuje periodicky prováděnou zkouškou dlouhodobé stability.

Zkouška dlouhodobé stability musí být prováděna

- pravidelně s četností nejméně jednou za dobu uvedenou ve vyhlášce 422/2016 §27,
- při každém důvodném podezření na nesprávnou funkci zdroje IZ nebo jeho příslušenství, které má vliv na RO,
- při podezření na netěsnost uzavřeného radionuklidového zdroje,
- pokud výsledky zkoušek provozní stálosti naznačují nebo poukazují na nesprávnou funkci
- zdroje IZ nebo jeho příslušenství, které má vliv na RO,
- po údržbě, opravě nebo jiném servisním zásahu,
- po výměně příslušenství zdroje IZ,
- po odstranění závady zjištěné při zkoušce dlouhodobé stability.

Zkouška dlouhodobé stability musí být provedena nejpozději v kalendářním měsíci, v jehož průběhu uplyne lhůta pro její provedení = zpřesnění četnosti, lhůta pro novou zkoušku nebude s přesností na 1 den, ale 1 kalendářní měsíc

HODNOCENÍ

422/2016 §30

Závady zjištěné při zkoušce dlouhodobé stability se kategorizují jako velmi závažné nebo méně závažné. Pravidla kategorizace závad zjištěných při zkoušce dlouhodobé stability stanoví příloha 12, 422/2016.

Závady:

- Velmi závažná závada
 - netěsnost URZ + určení při měření podle závažnosti zjištění (nebo kombinace),
 - nesmí se používat okamžitě od zjištění závady.
- Méně závažná závada
 - zdroj lze po určitou dobu stanovenou při zkoušce dlouhodobé stability používat, případně stanovit omezení provozu po tuto dobu,
 - max. 3 měsíce od zkoušky dlouhodobé stability,
 - nelze prodlužovat.

Pokud je během zkoušky dlouhodobé stability zjištěna velmi závažná závada, osoba, která zkoušku provádí, musí neprodleně sdělit písemně tuto skutečnost držiteli povolení a uvést ji v protokolu ze zkoušky dlouhodobé stability.

18.3 ZKOUŠKA PROVOZNÍ STÁLOSTI

422/2016 §31, §32

Držitel povolení musí uvádět rozsah, frekvenci a metodiku zkoušku provozní stálosti v závazné, posuzované dokumentaci (PZRO pro pracoviště II. kategorie, PSŘ na pracovišti III. kategorie):

- explicitně uvést, že zkouška provozní stálosti se týká také příslušenství
- obecně uvést, jak má držitel povolení stanoven rozsah a četnost a z čeho vychází:
 - stav, způsob použití a provoz ZIZ a jeho příslušenství,
 - instrukce výrobce, od schválení typu, od přejímací zkoušky, zkoušky dlouhodobé stability,
 - pravidla správné praxe = doporučení SÚJB, normy, ...
- URZ – zkouška těsnosti (vyhláška 422/2016 Sb., příloha 10)
 - ponořením do kapaliny,
 - otěrem uzavřeného radionuklidového zdroje,
 - otěrem na náhradní ploše, nebo
 - emanační zkouškou
 - stanoveny mezní hodnoty aktivity testovacího media
- zkoušku provozní stálosti v RT musí provádět
 - radiologický asistent, který v klinické praxi ZIZ používá, radiologický technik nebo radiologický fyzik

Rozsah a četnost zkoušek provozní stálosti musí stanovit držitel povolení tak, aby zahrnovaly

- vizuální kontrolu celistvosti a neporušenosti zdroje ionizujícího záření,
- ověření charakteristických provozních parametrů a vlastností zdroje IZ a jeho příslušenství, které má vliv na RO.

Ověření charakteristických provozních parametrů a vlastností zdroje ionizujícího záření a jeho příslušenství, které má vliv na RO se provádí:

- pravidelně s četností odpovídající vlivu ověřované skutečnosti na běžný provoz,
- při každém důvodném podezření na nesprávnou funkci zdroje IZ, nebo jeho příslušenství, které má vliv na RO,
- po údržbě, opravě nebo jiném servisním zásahu,
- po výměně příslušenství zdroje ionizujícího.

Opakování/Pozn.:

Kdo může řídit a vykonávat zkoušky dlouhodobé stability?

Jaké zkoušky znáte pro hodnocení vlastností ZIZ?

Patří hodnocení vlastností ZIZ mezi povolované činnosti?

19 VYŘAZOVÁNÍ Z PROVOZU

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §9, §19, §21, §54, §55

Vyřazováním z provozu se rozumí soubor administrativních a technických činností, jejichž cílem je úplné vyřazení jaderného zařízení, nebo vyřazení pracoviště III. kategorie nebo pracoviště IV. kategorie s omezením k použití k dalším činnostem souvisejícím s využíváním jaderné energie nebo činnostem v rámci expozičních situací.

19.1 POVOLENÍ

K jednotlivým etapám vyřazování z provozu jaderného zařízení jednotlivé etapy vyřazování z provozu pracoviště III. kategorie a pracoviště IV. kategorie je nutné povolení Úřadu.

Povolení se vydává na základě žádosti. Žadatel je jediným účastníkem řízení. Lhůta pro vydání rozhodnutí v řízení o vydání povolení je v 6 měsíců.

Povolení k jednotlivým etapám vyřazování z provozu pracoviště III. kategorie a pracoviště IV. kategorie, které je vydáváno na dobu nejvýše 10 let.

19.2 POŽADAVKY NA PROJEKT JZ

Jaderné zařízení musí být projektováno tak, aby po celou dobu jeho životního cyklu byla zajištěna JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání RMU, zabezpečení a nešíření jaderných zbraní.

Projekt jaderného zařízení musí stanovit požadavky mimo jiné i na technické postupy a organizační opatření vyřazování z provozu jaderného zařízení a pro uzavření úložiště radioaktivního odpadu, jde-li o úložiště radioaktivního odpadu.

19.3 POVINNOSTI DRŽITELE POVOLENÍ K PROVOZU JZ

Držitel povolení k provozu jaderného zařízení je povinen:

- před přechodem JZ do první etapy vyřazování z provozu vyvézt veškeré vyhořelé jaderné palivo do jiného JZ určeného k nakládání s jaderným palivem,
- zajistit vyřazování z provozu u JZ nebo uzavření úložiště radioaktivního odpadu neprodleně po ukončení jeho provozu

19.4 POVINNOSTI DRŽITELE POVOLENÍ K VYŘAZOVÁNÍ JZ Z PROVOZU

Držitel povolení k vyřazování z provozu jaderného zařízení je povinen mít zaveden

- systém nakládání s radioaktivními odpady,
- systém monitorování, který zohledňuje změny JZ v jednotlivých etapách vyřazování z provozu,
- systém kontrol, testování a údržby systémů, konstrukcí a komponent vyřazovaného JZ,
- systém sběru, vyhodnocení a uchovávání všech údajů nutných pro potřeby vyřazování z provozu.

Držitel povolení je povinen

- jednou ročně vypracovat a zaslat Úřadu hodnocení jednotlivých etap vyřazování z provozu včetně plnění časového harmonogramu,

- uchovávat údaje po dobu 20 let od úplného vyřazení nebo vyřazení s omezením k použití k dalším činnostem,
- zakončit vyřazování z provozu jaderného zařízení, je-li úložištěm radioaktivního odpadu, uzavřením úložiště radioaktivního odpadu.

Opakování/Pozn.:

20 UVOLŇOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍ LÁTKY Z PRACOVIŠTĚ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §76

20.1 ZÁKLADNÍ POJMY

RADIOAKTIVNÍ ODPAD

Věc, která je radioaktivní látkou nebo předmětem nebo zařízením ji obsahujícím nebo jí kontaminovaným, pro kterou se nepředpokládá další využití a která nesplňuje podmínky stanovené pro uvolňování radioaktivní látky z pracoviště.

UVOLŇOVACÍ ÚROVEŇ

Hodnota hmotnostní aktivity nebo celková aktivita, při jejichž nepřekročení mohou být radioaktivní odpady, radioaktivní látky a předměty nebo zařízení obsahující radionuklidy nebo jimi kontaminované uváděny do životního prostředí bez povolení Úřadu.

ÚLOŽIŠTĚ RADIOAKTIVNÍHO ODPADU

Prostor, objekt nebo zařízení sloužící k ukládání radioaktivního odpadu.

VYHOŘELÉ JADERNÉ PALIVO

Ozářené jaderné palivo, které bylo trvale vyjmuto z aktivní zóny jaderného reaktoru.

NAKLÁDÁNÍ S VYHOŘELÝM JADERNÝM PALIVEM

Všechny činnosti, které souvisí se shromažďováním, skladováním, přepracováním nebo uložením vyhořelého jaderného paliva, s výjimkou přepravy mimo prostor zařízení, ve kterém jsou tyto činnosti vykonávány.

SKLADOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍHO ODPADU

Předem časově omezené umístění RaO do prostoru, objektu nebo zařízení s úmyslem jej znovu vyjmout.

UKLÁDÁNÍ RADIOAKTIVNÍHO ODPADU

Trvalé umístění RaO do prostoru, objektu nebo zařízení bez úmyslu jej vyjmout.

20.2 POVOLENÍ ÚŘADU

K činnosti nakládání s RaO je nutné povolení Úřadu s výjimkou shromažďování, třídění a skladování radioaktivního odpadu přímo u původce RaO, uzavření úložiště RaO

20.3 POVINNOSTI DRŽITELE POVOLENÍ

Vést a uchovávat evidenci zdrojů ionizujícího záření, RaO a jaderných položek a evidované údaje předávat Úřadu.

20.4 UVOLŇOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍ LÁTKY Z PRACOVISTĚ

Radioaktivní látku lze uvolňovat z pracoviště, na němž se vykonává radiační činnost, bez povolení Úřadu³⁵, nejsou-li překročeny uvolňovací úrovně stanovené prováděcím právním předpisem.

Radioaktivní látku lze uvolňovat z pracoviště bez povolení Úřadu³⁶ v případě, že efektivní dávka každého jednotlivce z obyvatelstva způsobená v kalendářním roce uvolněním radioaktivní látky je menší než 0,01 mSv.

Každý, kdo uvolňuje radioaktivní látku z pracoviště, je povinen oznámit Úřadu nejméně 60 dní předem:

- druh uvolňované radioaktivní látky,
- aktivitu radionuklidů v uvolňované radioaktivní látce,
- místo, čas a způsob uvolňování a
- zhodnocení ozáření jednotlivce z obyvatelstva prokazující splnění podmínky uvolňování.

Opakování/Pozn.:

Čím se stává radioaktivní látka s obsahem radionuklidu nižším, než je uvolňovací úroveň?

Kdo je odpovědný za dočasné uložení odpadu?

Kdo je odpovědný za trvalé/konečné uložení odpadu?

Co to je uvolňovací úroveň?

³⁵ Výjimka neplatí pro pracoviště s jaderným zařízením,

³⁶ Výjimka neplatí pro vypouštění radioaktivní látky z pracoviště s jaderným zařízením do ovzduší nebo do vodoteče.

ORGANIZACE RO

1 \PRÁVNÍ PŘEDPISY

Zákon 263/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů, **atomový zákon**

Zákon 18/1997 Sb. – atomový zákon (hlava pátá – „odpovědnosti za škodu“)

Vyhláška

- 358/2016 Sb., **požadavky na zajišťování kvality a technické bezpečnosti**
 - 359/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů, **zajištění zvládání radiační mimořádné události**
 - 360/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů, **monitorování radiační situace**
 - 361/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů, **zabezpečení JZ a JM**
 - 408/2016 Sb. **požadavky na systém řízení**
 - 409/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů, **činnosti zvláště důležité z hlediska JB a RO, ZOZ**
 - 422/2016 Sb., **radiační ochrana a zabezpečení RN zdroje**
 - 21/2017 Sb. **zajišťování JB jaderného zařízení**
-
- předpisy Evropské unie a Euratomu (pro oblast RO je nejvýznamnější Směrnice Rady 2013/59/Euratom, která je výchozí pro atomový zákon),
 - doporučení Mezinárodní agentury pro atomovou energii (Mezinárodní agentura pro atomovou energii vydává řadu doporučení, které lze nalézt na jejich internetových stránkách),
 - jiná mezinárodní doporučení (Mezinárodní komise pro radiační ochranu), např. doporučení ICRP č. 103, ICRP č. 101 (v oblasti optimalizace se jedná o nový přístup. Hodnocení přínosů a nákladů je spíše potlačeno do pozadí, akcentuje se analýza a hodnocení dostupných možností – spíše dobrá praxe, nejlepší dostupné technologie, ale stále za rozumnou cenu
 - související normy

Technické požadavky na novou legislativu: povinnosti musí stanovit zákon, vyhláška stanoví podrobnosti na základě konkrétních zmocnění daných zákonem.,

Opakování/Pozn.:

2 SYSTÉM ŘÍZENÍ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §29, §30
408/2016

K zajišťování a zvyšování úrovně jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, technické bezpečnosti, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení musí být zaveden a udržován systém řízení. Na systém řízení je kladen požadavek odstupňovaného, integrovaného a procesního přístupu.

2.1 ODSUPŇOVANÝ PŘÍSTUP

Odstupňovaný přístup při zavádění a udržování systému řízení musí odpovídat

- složitosti procesů a činností, které ovlivňují JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení, jejich vstupů a výstupů a jejich významu z hlediska JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení,
- možným následkům neshody vykonávaných procesů a činností s dokumentovanými požadavky a jejímu vlivu JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události, zabezpečení a kvalitu výstupu z procesů a činností a potřebnosti a přiměřenosti zdrojů pro procesy a činnosti, jejich vstupů a výstupů.

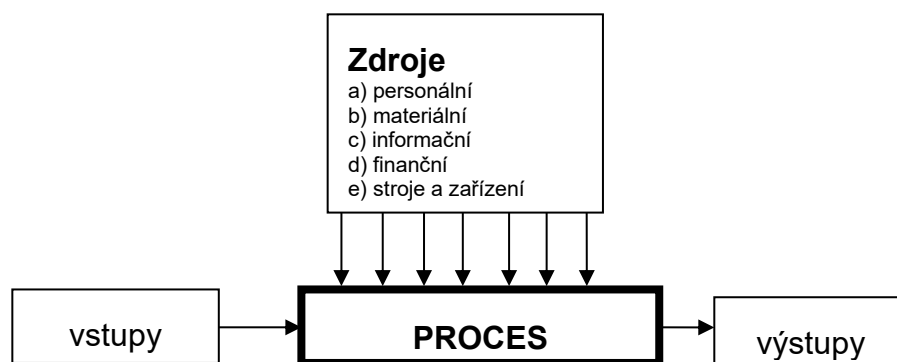
2.2 INTEGROVANÝ PŘÍSTUP

Integrovaný přístup znamená, že u všech procesů, činností a možných následků neshod mezi vykonáváním činností a předepsanými požadavky musí držitel povolení zohledňovat všech šest oblastí bezpečností: JB, TB, RO, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení.

2.3 PROCESNÍ PŘÍSTUP

Proces je soubor vzájemně souvisejících nebo vzájemně působících činností, které přeměňují vstupy na výstupy.

V rámci systému řízení je nutno zajistit a využívat personální, technické, materiálové a finanční zdroje, včetně vhodného pracovního prostředí, které jsou nezbytné k zajišťování a zvyšování úrovně JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení.



V rámci systému řízení je nutno:

- určit procesy a činnosti a plánovaně je řídit a provádět
- dokumentovat systém řízení a postupovat podle dokumentace systému řízení,
- určit organizační strukturu,
- stanovit vnitřní orgány nebo pracovníky, kteří mají obecnou povinnost zajistit zavedení a udržování systému řízení,

2.4 ZLEPŠOVÁNÍ

V rámci systému řízení povinná hledat možnosti jeho zlepšování a na základě takto nalezených možností systém řízení změnit opatřením, jehož průběh musí naplánovat, sledovat a dokumentovat a po provedení opatření ověřit jeho účinnost.

SYSTÉM PDCA

Každý proces, respektive každá činnost by se měl řídit principem PDCA (Plan, Do, Check, Act), který vychází z obecného principu neustálého zlepšování procesu.

2.5 ŘÍZENÍ NESHODY

V rámci systému řízení je nutno zajistit řízení neshody, kterým je:

- soubor opatření k předcházení neshodě,
- odhalování neshody,
- neprodlené nápravě neshody
- předcházení opakování neshody.

2.6 VÝBĚR DODAVATELE – HODNOCENÍ SYSTÉMU

Dodavatelem výrobku nebo služby držiteli povolení může být jen osoba, která má zaveden a udržován systém řízení.

Držitel povolení je v rámci systému řízení povinen

- stanovit požadavky na výběr a kvalifikaci dodavatele výrobku nebo služby a
- řídit a sledovat dodávky výrobků nebo služeb.

Držitel povolení je v rámci systému řízení povinen pravidelně hodnotit systém řízení dodavatele.

Procesy a činnosti musí provádět pracovníci s kvalifikací odpovídající druhu a významu jimi prováděného procesu a činnosti tak, aby byla zajištěna JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání radiační mimořádné události a zabezpečení.

2.7 KULTURA BEZPEČNOSTI

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §30, odst. (7)

Soubor postojů a charakteristik/vlastností organizací i jednotlivců, který zajišťuje, že problémům bezpečnosti jaderných elektráren je věnována ta nejvyšší priorita, jakou si jejich významnost zaslouhuje.

Držitel povolení musí zavést systém řízení tak, aby jeho prostřednictvím byly trvale rozvíjeny a hodnoceny vlastnosti a postoje:

- osob, které vykonávají činnosti související s využíváním jaderné energie v rámci expozičních situací
- pracovníků, kteří zajišťují JB, RO, TB, monitorování, zvládání RMU
- odpovídající jejich významu.

ROZVÍJENÍ A HODNOCENÍ KULTURY BEZPEČNOSTI

408/2016, §13

K trvalému rozvíjení KB v systému řízení osoby zavádějící systém řízení musí být

- zajištěna srozumitelnost hlavních principů KB firmy, a informovanost,
- zajištěno vyhledávání informací o dosahování cíle systému řízení,
- vytvářeny podmínky pro informování o způsobu dosahování cíle systému řízení,
- posouzena přiměřenost, vhodnost a účinnost zdrojů.

Osoba zavádějící systém řízení musí zajistit, aby vůdčí pracovník přispíval k neustálému zlepšování a rozvíjení KB a prováděl pravidelné vlastní hodnocení KB,

Pravidelné hodnocení KB musí být prováděno nejméně jednou ročně a výsledek hodnocení KB a přijatá opatření musí být dokumentovány a oznamovány každému pracovníkovi osoby zavádějící systém řízení a jejího dodavatele výrobku nebo služby.

2.8 KULTURA ZABEZPEČNENÍ

AZ/2016, ve znění pozdějších předpisů, §159

Kultura zabezpečení je soubor vlastností, postojů a způsobů jednání osob a institucí zajišťující udržení, podporu a posílení zabezpečení.

Každý, kdo provádí zabezpečení, musí propojit kulturu zabezpečení a kulturu bezpečnosti; kultura bezpečnosti a kultura zabezpečení se musí doplňovat a nesmí se nevhodně ovlivňovat.

Každý, kdo provádí zabezpečení, musí zavést, trvale rozvíjet, udržovat a pravidelně hodnotit kulturu zabezpečení a zajistit její zavedení mezi svými organizačními jednotkami, pracovníky a jinými osobami podílejícími se na zabezpečení.

Kultura zabezpečení musí odpovídat v případě

- jaderného materiálu a jaderného zařízení nebezpečí plynoucímu z projektové základní hrozby,
- radionuklidového zdroje skutečně existující známé hrozbě spojené s radionuklidovým zdrojem.

2.9 DOKUMENTACE POPISUJÍCÍ SYSTÉM ŘÍZENÍ

PROGRAM SYSTÉMU ŘÍZENÍ

408/2016, §16

Program systémů řízení musí obsahovat

- předmět, místo výkonu a rozsah povolované činnosti,
- údaje přímého dodavatele výrobku nebo služby
- výčet procesů a činností, s ohledem na druh povolované činnosti, včetně vyznačení procesu, který bude zajišťován dodavatelským způsobem,
- identifikaci pracovníka, který je povinen zajistit koordinaci a udržování systému řízení a shodu systému řízení s požadavky této vyhlášky, a popis práv a povinností tohoto pracovníka,
- informace o systému řízení (zahrnující popis práv, povinností a vzájemných vztahů a vazeb pracovníků, kteří plánují, řídí, ověřují a hodnotí procesy a činnosti, způsob komunikace, způsob zajištění plnění požadavků této vyhlášky, hodnocení účinnosti systému řízení, ověřování schopnosti dodavatele, ... způsob a četnost aktualizace PSŘ).

PROGRAM ZAJIŠTĚNÍ RO

422/2016 §51

Program zajištění radiační ochrany musí obsahovat:

- popis povolované činnosti,
- místo výkonu povolované činnosti,
- specifikaci druhů zdrojů IZ v rámci povolované činnosti, popis organizační struktury, práva, povinnosti a vzájemné vztahy fyzických osob, které řídí, provádějí nebo hodnotí povolovanou činnost,
- popis způsobu řízení dokumentace a záznamů,
- popis způsobu předávání informací Úřadu,
- popis způsobu řešení neshod, včetně uplatnění nápravných opatření a vyhodnocení jejich účinnosti,
- popis systému informování a vzdělávání radiačního pracovníka v radiační ochraně a připravenosti k odezvě na RMU a ověřování jeho znalostí a
- popis rozsahu sledování, měření, hodnocení, ověřování a zaznamenávání veličin a skutečností důležitých z hlediska RO.

Opakování/Pozn.:

Vysvětlete pojem odstupňovaný přístup.

Vysvětlete pojem integrovaný přístup.

Nadefinujte pojem „kultura bezpečnosti“.

Jaký dokument popisuje systém řízení u držitele povolení pro poskytování služeb provozovateli KP na pracovišti IV. kategorie?

3 POŽADAVKY NA POVOLENÍ K ČINNOSTEM

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §9, §13, §15, §16, §24

Činnost zvláště důležitá z hlediska RO je činnost, která zajišťuje plnění požadavků AZ používáním technických a organizačních opatření a postupů bezpečného provozu zdrojů IZ a pracovišť s nimi nebo spočívající v provádění hodnocení vlastností zdrojů IZ anebo řízení služeb významných z hlediska radiační ochrany.

3.1 POVOLENÍ

Povolení se vydává na základě žádosti. Žadatel je jediným účastníkem řízení.

Povolení Úřadu je nutné k vykonávání činností:

- souvisejícími s využíváním jaderné energie,
- v rámci expozičních situací:
 - provoz pracoviště III. kategorie nebo pracoviště IV. kategorie,
 - vykonávání služeb významných z hlediska RO:
 - provádění osobní dozimetrie,
 - monitorování pracoviště III. kategorie nebo pracoviště IV. kategorie, výpustí z tohoto pracoviště, jeho okolí, okolí úložiště radioaktivního odpadu po uzavření úložiště radioaktivního odpadu a monitorování pro účely umístování nebo výstavby jaderného zařízení,
 - zajištění soustavného dohledu nad RO dohlížeckou osobou,
 - ...
 - poskytování služeb v KP provozovateli pracoviště IV. kategorie³⁷
 - ...
- v oblasti nakládání s odpadem
- k přepravě Ra látek
- nakládání s JM
- odborné přípravě vybraných pracovníků
- ...

3.1.1 NOVÉ ROZHODNUTÍ O VYDÁNÍ POVOLENÍ

Úřad zahájí nové řízení a vydá nové rozhodnutí o vydání povolení

- na základě žádosti držitele povolení,
- došlo-li k podstatné změně skutečností na základě kterých bylo původní povolení vydáno, nebo
- došlo-li ke změně při výkonu původně povolené činnosti, která je podstatná z hlediska JB, RO, TB, nešíření jaderných zbraní, monitorování radiační situace, zvládání RMU nebo zabezpečení.

³⁷ kromě případů, kdy je činnost vykonávána ojediněle nebo hrozí nebezpečí z prodlení a kdy provozovatel kontrolovaného pásma zajistí všechny požadavky radiační ochrany

3.1.2 ZRUŠENÍ POVOLENÍ

Úřad zruší povolení, jestliže

- držitel povolení závažným způsobem porušil povinnosti stanovené tímto zákonem nebo neodstranil závažné nedostatky v činnosti zjištěné Úřadem,
- držitel povolení přestal splňovat podmínky rozhodné pro vydání povolení, nebo
- držitel povolení o jeho zrušení písemně požádal a prokázal, že zajistil JB, RO, TB, bezpečné nakládání s jaderným materiálem a zvládání RMU.

Držitel povolení je před zánikem povolení povinen ukončit povolenou činnost nebo se souhlasem Úřadu zajistit osobu, která hodlá pokračovat v povolené činnosti.

3.2 PŘEDPOKLADY POVOLENÍ

Činnost podléhající povolení lze vykonávat za předpokladu, že

- fyzická osoba je plně svéprávná, bezúhonná a odborně způsobilá,
- fyzické osoby, které jsou členy statutárního orgánu právnické osoby, jsou plně svéprávné, bezúhonné a alespoň jedna z nich je odborně způsobilá,
- právnická osoba a právnická osoba, která je členem statutárního orgánu právnické osoby, je bezúhonná a
- fyzická osoba, která je zástupcem právnické osoby, která je členem statutárního orgánu právnické osoby, je plně svéprávná a bezúhonná.

3.2.1 BEZÚHONNOST

Za bezúhonnou se považuje osoba, která nebyla pravomocně odsouzena

- pro trestný čin, pokud souvisí s povolovanou anebo registrovanou činností, nebo
- trestu odnětí svobody v délce trvání delší 3 let, žádá-li o povolení.

Za bezúhonnou se pro účely tohoto zákona považuje též osoba, na kterou se hledí, jako by nebyla odsouzena.

Bezúhonnost fyzických osob se prokazuje výpisem z rejstříku trestů. Doklad o bezúhonnosti nesmí být staší 3 měsíců.

3.2.2 ODBORNÁ ZPŮSOBILOST

Odborná způsobilost se pro radiační činnosti, vykonávání služeb významných z hlediska radiační ochrany a nakládání s jaderným materiálem prokazuje dokladem o:

- ukončeném středním vzdělání s maturitní zkouškou nebo
- dokladem o ukončeném středním vzdělání s výučním listem a praxí v oboru v délce nejméně 3 roky,

Činnosti související s využíváním jaderné energie a činnosti v oblasti nakládání s radioaktivním odpadem:

- ukončené vysokoškolské vzdělání získané ve studijních programech v oblasti technických věd, technologií nebo aplikace přírodních věd a praxí v oboru v délce nejméně 3 roky.

3.3 DOKUMENTACE PRO POVOLOVANOU ČINNOST

Držitel povolení je povinen postupovat v souladu s dokumentací pro povolovanou činnost. Výčet dokumentace pro povolovanou činnost (včetně nutnosti jejích schválení) je uveden v příloze 1, AZ/2016, ve znění pozdějších předpisů.

Držitel povolení je povinen dokumentaci pro povolovanou činnost uchovávat po dobu výkonu povolované činnosti, a udržovat ji v souladu s požadavky tohoto zákona, zásadami správné praxe a skutečným stavem povolené činnosti.

3.3.1 ZMĚNY DOKUMENTACE

Změny dokumentace pro povolovanou činnost, která není schvalována, je držitel povolení povinen oznámit Úřadu 30 dnů nebo, hrozí-li nebezpečí z prodlení, 72 hodin před tím, než hodlá postupovat v souladu s nimi. Nejsou-li změny dokumentace pro povolovanou činnost, která není schvalována, v souladu s požadavky AZ, Úřad vyzve držitele povolení k odstranění nedostatků a stanoví k tomu přiměřenou lhůtu. Držitel povolení není oprávněn postupovat podle změněné dokumentace pro povolovanou činnost, pokud není v souladu s požadavky AZ.

Úřad na základě žádosti rozhodne o schválení změny schvalované dokumentace pro povolovanou činnost.

Opakování/Pozn.:

Co/kdo je držitel povolení?

Jaké jsou předpoklady pro vydání povolení?

Kde je uveden seznam činností, pro které je nutné povolení SÚJB?

Kde je uveden seznam dokumentace potřebný pro povolovanou činnost?

Co je to „odborná způsobilost“?

4 SYSTÉM VZDĚLÁVÁNÍ

408/2016, §12

K zajištění kvalifikace pracovníka provádějícího procesy a činnosti musí být

- stanoveny kvalifikační požadavky, včetně délky odborné praxe,
- užíván systém teoretické přípravy a praktického výcviku pracovníků provádějících procesy a činnosti,
- hodnocena účinnost systému teoretické přípravy a praktického výcviku pracovníků provádějících procesy a činnosti.

Kvalifikace pracovníka provádějícího procesy a činnosti musí být před prvním zahájením procesu a činnosti a následně pravidelně nezávisle ověřována a trvale udržována.

4.1 ODBORNÁ ZPŮSOBILOST

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §15

Odborná způsobilost se pro radiační činnosti, vykonávání služeb významných z hlediska radiační ochrany a nakládání s jaderným materiálem prokazuje dokladem o:

- ukončeném středním vzdělání s maturitní zkouškou nebo
- dokladem o ukončeném středním vzdělání s výučním listem a praxí v oboru v délce nejméně 3 roky,

Činnosti související s využíváním jaderné energie a činnosti v oblasti nakládání s radioaktivním odpadem:

- ukončené vysokoškolské vzdělání získané ve studijních programech v oblasti technických věd, technologií nebo aplikace přírodních věd a praxí v oboru v délce nejméně 3 roky.

4.2 INFORMOVÁNÍ A PŘÍPRAVA

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §68
422/2016 §50

Mezi povinnosti držitele povolení v oblasti RO patří:

- informovat radiačního pracovníka a fyzickou osobu, která se připravuje v kontrolovaném nebo sledovaném pásmu na výkon povolání, o skutečnostech důležitých z hlediska radiační ochrany týkajících se výkonu práce,
- zajistit průběžné vzdělávání radiačního pracovníka, jeho znalosti ověřovat a toto průběžné vzdělávání dokumentovat.

4.3 ZVLÁŠTNÍ ODBORNÁ ZPŮSOBILOST

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §31, §32
409/2016 ve znění pozdějších předpisů

Činnosti zvláště důležité z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany může vybraný pracovník vykonávat jen na základě oprávnění uděleného Úřadem.

Úřad rozhodne o udělení oprávnění k vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska JB nebo RO na základě žádosti vybraného pracovníka, pokud

- má požadované vzdělání, odbornou praxi a absolvoval odbornou přípravu, včetně ověření znalostí pracovníka získaných v procesu přípravy,
- úspěšně složil zkoušku ověřující zvláštní odbornou způsobilost.

Úřad uzná odbornou kvalifikaci získanou v jiném členském státě Evropské unie, jiném smluvním státě Dohody o Evropském hospodářském prostoru nebo ve Švýcarské konfederaci jako zvláštní odbornou způsobilost pro výkon činností zvláště důležitých z hlediska JB a RO.

4.3.1 POŽADOVANÉ VZDĚLÁNÍ A PRAXE

409/2016 ve znění pozdějších předpisů, §7, §8, §16, §18

Vykonávání soustavného dohledu musí být prováděno vybranými pracovníky z hlediska RO, tedy osobami se zvláštní odbornou způsobilostí. Může to být dohlížejší osoba, nebo osoba s přímým dohledem nad radiační ochranou.

Pro udělení oprávnění k vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany je požadováno následující vzdělání.

DOHLÍŽEJÍCÍ OSOBA:

- na pracovišti IV. kategorie, při vyřazování: VŠ + 1 rok praxe se ZIZ,
- při poskytování služeb v KP provozovateli pracoviště IV. kategorie: ÚSO + 1 rok praxe se ZIZ.

OSOBA S PŘÍMÝM DOHLEDEM NAD RO:

- střední vzdělání s maturitní zkouškou + 1 rok praxe se ZIZ (činnosti v rámci expozičních situací).

4.3.2 ZÍSKÁNÍ ZOZ, UDRŽENÍ ZOZ

409/2016 ve znění pozdějších předpisů, §16, §18

ZÍSKÁNÍ KVALIFIKACE ZOZ Z HLEDISKA RO (ODBORNÁ PŘÍPRAVA):

Žadatel musí:

- splňovat podmínky na požadované vzdělání a praxi dle typu činností, které chce vykonávat (DO, PeDRO) a na typu pracoviště/zdroje, kde chce provádět soustavný dohled z hlediska RO,
- absolvovat odbornou přípravou pro činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany zakončeného úspěšným absolvováním závěrečného testu,
- úspěšně absolvovat zkoušku ZOZ z hlediska RO před komisí SÚJB.

Po úspěšném absolvování zkoušky získá žadatel oprávnění. Oprávnění se vystavuje na dobu neurčitou

UDRŽENÍ KVALIFIKACE ZOZ Z HLEDISKA RO (DALŠÍ ODBORNÁ PŘÍPRAVA):

Pro udržení kvalifikace ZOZ z hlediska RO musí držitel oprávnění absolvovat další odbornou přípravu. Další odborná příprava pro činnosti zvláště důležité z hlediska RO musí být absolvována každých 5 let, včetně ověřování znalostí pracovníka získaných v procesu přípravy.

ZRUŠENÍ OPRÁVNĚNÍ

Doba vedoucí ke zrušení oprávnění k vykonávání soustavného dohledu nad dodržováním požadavků RO jako DO, nebo PeDRO je více než 30 po sobě jdoucích let.

5 SYSTÉM ZDRAVOTNÍ PÉČE

AZ 263/2016 ve znění pozdějších předpisů, §79, §80

Zaměstnavatel radiačního pracovníka postupuje při zajišťování pracovně-lékařských služeb podle zákona upravujícího specifické zdravotní služby.

Radiační pracovník, který nevykonává práci v mezích základního pracovněprávního vztahu, je povinen zajistit pracovně-lékařské služby pro svou osobu u poskytovatele pracovně-lékařských služeb, se kterým uzavře smlouvu.

Pracovně-lékařské služby poskytované radiačním pracovníkům musí zahrnovat

- lékařskou prohlídku před zařazením radiačního pracovníka do kategorie A,
- periodickou lékařskou prohlídku nejméně jednou ročně, jde-li o radiačního pracovníka kategorie A,
- lékařskou prohlídku po skončení rizikové práce,
- mimořádnou lékařskou prohlídku,
- výstupní lékařskou prohlídku, jde-li o radiačního pracovníka kategorie A.
- ...

Opakování/Pozn.:

Co musí splňovat dohlízející osoba, respektive PeDRO, aby mohla vykonávat funkci DO nebo PeDRO?

Jakými osobami se zajišťuje soustavný dohled nad RO?

Jaké je požadované vzdělání a praxe pro PeDRO?

Jaké je požadované vzdělání a praxe pro DO na pracovišti IV. kategorie?

Jaké je požadované vzdělání a praxe pro DO „služby poskytované provozovateli KP na pracovišti IV. kategorie?

Jaké je požadované vzdělání a praxe pro prokázání odborné způsobilosti?

Jak často chodí RP na pracovně-lékařskou prohlídku?

6 POVINNOSTI DRŽITELE POVOLENÍ

6.1 OBECNÉ POVINNOSTI V OBLASTI ZAJIŠŤOVÁNÍ RO

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §25

- hodnotit JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání RMU a zabezpečení v rozsahu platných požadavků,
- sledovat, měřit, hodnotit, ověřovat a zaznamenávat veličiny a skutečnosti důležité z hlediska JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání RMU. vést a uchovávat evidenci zdrojů IZ, RaO a jaderných položek.
- oznamovat Úřadu neprodleně každou změnu nebo událost důležitou z hlediska JB, RO, TB, monitorování radiační situace, zvládání RMU, ..., a změnu všech skutečností rozhodných pro vydání povolení,
- zajistit výkon činností zvláště důležitých z hlediska JB A RO vybranými pracovníky,
- vyšetřit neprodleně každé porušení atomového zákona a přijmout opatření k nápravě a zabránění opakování takové situace,
- ověřovat pravidelně u fyzické osoby vykonávající citlivou činnost podle tohoto zákona, zda je oprávněna k výkonu této činnosti,
- poskytovat součinnost inspektorům při výkonu mezinárodní kontroly,
- ...

6.2 SPOLEČNÉ POVINNOSTI V OBLASTI ZAJIŠŤOVÁNÍ RO

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §68

Držitel povolení vykonávající činnost v rámci plánované expoziční situace je povinen

- vybavit RP osobními ochrannými pracovními prostředky s dostatečným stínícím účinkem a odpovídajícími ochrannými pomůckami,
- zajistit osobní monitorování RP a monitorování pracoviště,
- zajistit sledování součtu dávek, porovnávat s limity,
- neprodleně oznámit Úřadu překročení limitu ozáření,
- předávat výsledky osobního monitorování RP jinému držiteli povolení, pro kterého RP také vykonává pracovní činnost,
- zajistit průběžné vzdělávání RP, jeho znalosti ověřovat a toto průběžné vzdělávání dokumentovat,
- informovat RP a fyzickou osobu, která se připravuje v KP nebo SP na výkon povolání, o skutečnostech důležitých z hlediska RO týkajících se výkonu práce,
- umožnit nakládání se zdrojem ionizujícího záření pouze osobě oprávněné nakládat s ním podle tohoto zákona,
- na pracovišti, kde se vykonávají radiační činnosti, zpracovat a trvale zpřístupnit zásahové instrukce a vnitřní předpisy,
- ...

6.3 ZVLÁŠTNÍ POVINNOSTI V OBLASTI RO, ROČNÍ ZPRÁVA

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §69

Držitel povolení vykonávající činnost v rámci plánované expoziční situace je povinen, pokud nakládá se zdrojem ionizujícího záření nebo poskytuje službu v kontrolovaném pásmu provozovateli pracoviště IV. kategorie, provádět jednou ročně hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany vykonávané činnosti a hodnocení zaslat Úřadu do 30. dubna následujícího kalendářního roku.

Opakování/Pozn.:

7 DOKUMENTACE

(EVIDENCE ZIZ, VELIČIN, PARAMETRŮ A SKUTEČNOSTÍ DŮLEŽITÝCH Z HLEDISKA RO)

7.1 VELIČINY DŮLEŽITÉ Z HLEDISKA RO

AZ/2016ve znění pozdějších předpisů, §25
422/2016 §21

Veličinami důležitými z hlediska RO jsou veličiny

- používané pro stanovení osobní dávky fyzické osoby,
- charakterizující pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů na pracovišti,
- charakterizující výpusti radionuklidů do okolí pracoviště,
- charakterizující pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů v okolí pracoviště,
- používané při hodnocení vlastností zdroje ionizujícího záření,
- charakterizující zdroj ionizujícího záření a
- používané pro hodnocení ozáření z přírodního zdroje záření.

7.2 SKUTEČNOSTI DŮLEŽITÉ Z HLEDISKA RO

Skutečnostmi důležitými z RO ochrany jsou

- skutečnosti dokládající informování RP o riziku jeho práce,
- skutečnosti dokládající poučení fyzických osob vstupujících do KP,
- skutečnosti dokládající ověřování znalostí RP,
- závěry preventivních lékařských prohlídek k ověření zdravotní způsobilosti RP kategorie A,
- údaje o RP, pracovišti a výsledcích jeho osobního monitorování,
- údaje vedené v ORP,
- údaje o vstupech a době pobytu fyzických osob v KP,
- ochranné vlastnosti osobních ochranných prostředků a dalších ochranných pomůcek a zařízení pro práci se zdrojem ionizujícího záření,
- vlastnosti obalových souborů pro přepravu, skladování nebo ukládání radioaktivní nebo štěpné látky,
- vlastnosti příslušenství, které má vliv na radiační ochranu,
- vlastnosti zdroje ionizujícího záření,
- skutečnosti dokládající schválení typu v případě zdroje ionizujícího záření podléhajícího schvalování typu,
- skutečnosti uvedené v osvědčení uzavřeného radionuklidového zdroje,
- skutečnosti uvedené v průvodním listu otevřeného radionuklidového zdroje,
- informace o použitých metodách monitorování osob, pracoviště, okolí pracoviště a výpustí, a výsledky tohoto monitorování,
- výsledky inventarizace uzavřených radionuklidových zdrojů,
- ...

7.3 EVIDENCE

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §25
422/2016 §33

7.3.1 OSOBNÍ DÁVKY

Údaje musí držitel povolení uchovávat:

- po celou dobu trvání činnosti zahrnující ozáření IZ a dále
- do doby, kdy RP dosáhne nebo by dosáhl 75 let věku, nejméně však po dobu 30 let po ukončení činnosti, během které byl RP vystaven IZ.

Osobní dávky z výjimečného ozáření a z havarijního ozáření musí být zaznamenávány odděleně.

OZNAMOVÁNÍ ÚŘADU

Držitel povolení musí oznamovat Úřadu neprodleně:

- E (zevní ozáření) > 10 mSv, nebo H_T (oční čočka) > 10 mSv dávky, nebo H_T (končetiny, kůže) > 150 mSv,
- E (zevní ozáření) > 15 mSv, nebo HT (oční čočka) > 15 mSv dávky, nebo HT (končetiny, kůže) > 300 mSv,
- E (vnitřní ozáření) > 6 mSv,

včetně vyhodnocení příčin takové situace a přijatými závěry.

7.3.2 LÉKAŘSKÉ PROHLÍDKY

Držitel povolení je povinen uchovávat doklady o závěrech preventivních lékařských prohlídek k ověření zdravotní způsobilosti RP kategorie A do doby, kdy RP dosáhne nebo by dosáhl 75 let věku, nejméně však po dobu 30 let po ukončení činnosti, během které byl RP vystaven IZ.

7.3.3 VSTUP DO KP

Údaje musí provozovatel kontrolovaného pásma uchovávat po dobu 10 let.

7.3.4 MONITOROVÁNÍ PRACOVIŠTĚ IV. KATEGORIE

Výsledky monitorování pracoviště IV. kategorie, které je pracovištěm s jaderným zařízením, musí být uchovávány po dobu

- provozu tohoto pracoviště,
- vyřazování z provozu tohoto pracoviště a
- 10 let po vyřazení z provozu tohoto pracoviště.

7.3.5 OSTATNÍ VELIČINY DŮLEŽITÉ Z HLEDISKA RO

Není-li stanoveno jinak³⁸, veličiny a skutečnosti důležité z hlediska radiační ochrany musí být uchovávány po dobu 10 let.

³⁸ 422/2016 nebo 360/2016 ve znění pozdějších předpisů

Opakování/Pozn.:

Jak dlouho musí držitel povolení uchovávat výsledky pracovně-lékařských prohlídek?

Jak dlouho musí držitel povolení uchovávat výsledky monitorování?

Jak dlouho musí držitel povolení uchovávat ostatní veličiny důležité z hlediska RO?

Jak dlouho musí držitel povolení uchovávat výsledky pracovně-lékařských prohlídek?

Jak dlouho musí držitel povolení uchovávat výsledky osobního monitorování?

8 SOUSTAVNÝ DOHLED NAD RO

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §9,
409/2016, §3

Zajišťování soustavného dohledu patří mezi činnosti zvláště důležité z hlediska RO.

Soustavný dohled nad radiační ochranou musí být zajištěn v rozsahu odpovídajícím vykonávané činnosti, způsobu nakládání se zdrojem ionizujícího záření a míře možného ozáření včetně potenciálního ozáření.

8.1 ZPŮSOB ZAJIŠTĚNÍ SOUSTAVNÉHO DOHLEDU

8.1.1 NAKLÁDÁNÍ SE ZIZ, RAO, PROVOZ A VYŘAZOVÁNÍ

Držitel povolení je povinen zajistit soustavný dohled nad radiační ochranou dohlížejí osobou a také osobou s přímým dohledem nad radiační ochranou.

8.1.2 POSKYTOVÁNÍ SLUŽEB V KP PROVOZOVATELE IV. KATEGORIE

Držitel povolení je povinen zajistit soustavný dohled nad radiační ochranou dohlížejí osobou.

Provozovatel KP, ve kterém je činnost vykonávána, je povinen zajistit soustavný dohled nad radiační ochranou osobou s přímým dohledem nad radiační ochranou.

8.1.3 ENERGETICKÉ JADERNÉ ZAŘÍZENÍ

K vykonávání soustavného dohledu nad radiační ochranou na energetickém jaderném zařízení musí držitel povolení k provozu pracoviště IV. kategorie zřídit specializovaný útvar radiační ochrany organizačně nezávislý na provozních a výrobních útvarech držitele povolení.

8.2 OSOBY ZAJIŠŤUJÍCÍ SOUSTAVNÝ DOHLED

8.2.1 DOHLÍŽEJÍCÍ OSOBA

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §72
422/2016 §43

Dohlížejí osoba může být ustanovena pouze s jejím písemným souhlasem.

Dohlížejí osoba na pracovišti, kde je vymezeno KP, musí být RP kategorie A. Musí být osoby se zvláštní odbornou způsobilostí

Dohlížejí osoba musí vykonávat dohled nad RO:

- sledováním a hodnocením plnění povinností držitele povolení,
- zajištěním spolupráce s držitelem povolení.

POVINNOSTI DOHLÍŽEJÍCÍ OSOBY

Dohlížejí osoba musí zajišťovat pro držitele povolení zejména

- vedení dokumentace pro povolovanou činnost, včetně programu systému řízení nebo programu zajištění radiační ochrany,
- provádění hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany,
- dohled nad zajištěním poskytování pracovně-lékařských služeb,

- evidenci osobních dávek, všech pracovních činností RP,
- vzdělávání RP,
- informování RP a osoby připravující se v KP nebo SP na výkon povolání o skutečnostech důležitých z hlediska RO,
- provádění optimalizace radiační ochrany a stanovení dávkových optimalizačních mezí,
- metodické vedení osob s přímým dohledem nad RO a koordinaci jejich činností,
- přípravu programu monitorování, provádění monitorování a hodnocení výsledků monitorování podle programu monitorování,
- zajišťování, předávání ORP u externích pracovníků + informování ODK o změnách u osob externích pracovníků,
- ...

8.2.2 OSOBA S PŘÍMÝM DOHLEDEM NAD RO

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §72
422/2016 §44

Osoba s přímým dohledem nad RO na pracovišti, kde je vymezeno KP musí být radiačním pracovníkem kategorie A.

POVINNOSTI OSOBY S PŘÍMÝM DOHLEDEM NAD RO

Osoba s přímým dohledem nad RO musí trvale dohlížet na provádění radiační činnosti na pracovišti držitele povolení:

- spolupracovat s dohlížejí osobou,
- plánovat a připravovat pracovní postupy a zpracovávat dokumenty pro prováděnou činnost,
- informovat RP o aktuální RaS a opatřeních reagujících na vzniklou situaci,
- prověřovat, zda RP a jiná fyzická osoba vstupující do KP při vykonávání radiační činnosti plní požadavky ochrany zdraví a technické a administrativní požadavky k zajištění radiační ochrany,
- podílet se na šetření RMU,
- podílet se na řešení neshody v oblasti RO, která není RMU,
- ...

8.2.3 SPECIALIZOVANÝ ÚTVAR RO

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §72
422/2016 §44

Specializovaný útvar RO zajišťující soustavný dohled nad RO na energetickém jaderném zařízení musí zajišťovat a kontrolovat plnění požadavků na zajištění RO a dále zejména zajišťovat

- přímý dohled nad RO pro všechny fyzické osoby vstupující do KP,
- posuzování a provádění opatření za účelem zajištění RO všech fyzických osob vstupujících do kontrolovaného pásma,
- přípravu návrhů změn dokumentace a vnitřních předpisů držitele povolení vztahujících se k RO,
- hodnocení vlivu výпустů na reprezentativní osobu a kontrolu plnění autorizovaných limitů,
- součinnost s jinými útvary držitele povolení při zvládání RMU,
- ...

8.3 EXTERNÍ PRACOVNÍK

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §60, §79

Externí pracovník je radiační pracovník, který není zaměstnán provozovatelem SP nebo KP, ale vykonává v tomto pásmu pracovní činnost, včetně žáka nebo studenta.

8.3.1 MOŽNOSTI ZAJIŠTĚNÍ RO (ORP) U EXTERNÍHO PRACOVNÍKA

Radiační ochranu u externího pracovníka včetně jeho vybavení ORP je povinen v plném rozsahu zajistit:

- zaměstnavatel externího pracovníka (držitel povolení), nebo
- externí pracovník sám (OSVČ), nebo
- provozovatel SP nebo KP.

8.3.2 POVINNOSTI PROVOZOVATELE KP

Provozovatel KP, ve kterém externí pracovník kategorie A vykonává práci, je povinen:

- ověřit, že je externí pracovník správně kategorizován jako radiační pracovník kategorie A,
- zajistit externímu pracovníkovi při výkonu práce v KP úroveň RO jako by byl jeho zaměstnancem,
- před započítáním práce externího pracovníka v KP ověřit, zda je zdravotně způsobilý pro práci, kterou bude v KP vykonávat,
- zajistit vyhodnocení osobní dávky obdržené externím pracovníkem v KP v souladu s programem monitorování,
- zaznamenat obdrženou dávku do ORP externího pracovníka nebo informaci o obdržené dávce neprodleně (po vyhodnocení) předat osobě mající povinnost zajistit radiační ochranu externího pracovníka
- poučit externího pracovníka o specifických podmínkách práce v daném KP.

8.3.3 POVINNOSTI OSOBY ZAJIŠŤUJÍCÍ RO EXTERNÍHO PRACOVNÍKA

- kontrolovat osobní radiační průkaz a pravidelně v něm aktualizovat údaje,
- průběžně sledovat celkovou osobní dávku externího pracovníka a porovnávat ji se stanovenými limity pro RP,
- zajistit odbornou přípravu a informování externího pracovníka,
- zajistit externímu pracovníkovi pracovní-lékařské služby,
- ve spolupráci s provozovatelem KP stanovit pro externího pracovníka pro dané období dávkové optimalizační meze,
- pokud je externím pracovníkem žena, tak neprodleně poté, co žena, oznámí
 - těhotenství, upravit podmínky její práce k omezení ozáření plodu (viz limity)
 - že kojí dítě, upravit podmínky její práce k omezení ozáření kojence (viz limity),
- oznámit Úřadu, že externí pracovník má více ORP nebo obdobných zahraničních dokladů.

8.3.4 POVINNOSTI ZAMĚSTNAVATELE EXTERNÍHO PRACOVNÍKA

Nemá-li provozovatel SP nebo KP, ve kterém externí pracovník vykonává práci, údaje potřebné k zajištění RO externího pracovníka, zaměstnavatel externího pracovníka je povinen mu tyto údaje poskytnout.

8.3.5 POVINNOSTI EXTERNÍHO PRACOVNÍKA

Externí pracovník je povinen

- dbát, aby ORP nebyl poškozen, ztracen nebo odcizen,
- oznámit osobě mající povinnost zajistit jeho RO každou skutečnost, která by mohla snížit úroveň zajištění,
- včetně toho, že je vybaven více než jedním ORP nebo obdobným zahraničním dokladem.

8.4 OSOBNÍ RADIAČNÍ PRŮKAZ

AZ/2016, ve znění pozdějších předpisů, §79
422/2016, §35, §36

Externí pracovník kategorie A, který vykonává radiační činnost v kontrolovaném pásmu, musí být vybaven osobním radiačním průkazem.

Osoba povinná zajistit radiační ochranu externího pracovníka musí požádat Úřad o vydání ORP před zahájením provádění radiační činnosti tímto pracovníkem. K žádosti o vydání ORP musí žadatel připojit fotografii o velikosti 3,5 × 4,5 cm.

Osobní radiační průkaz se skládá z:

- části A sloužící k průběžné evidenci dávek a platné do zaplnění údajů, nejdéle však 10 let od vydání osobního radiačního průkazu, a
- části B sloužící k evidenci dávek v kalendářním roce a platné po tento kalendářní rok.

8.4.1 MOŽNOSTI ZAJIŠTĚNÍ ORP U EXTERNÍHO PRACOVNÍKA

ORP pro externího pracovníka včetně zajištění jeho RO v plném rozsahu je povinen zajistit:

- zaměstnavatel externího pracovníka (držitel povolení), nebo
- externí pracovník sám (OSVČ), nebo
- provozovatel SP nebo KP.

8.4.2 PLATNOST ORP

Platnost osobního radiačního průkazu končí

- smrtí externího pracovníka, nebo
- zánikem povolení, je-li externí pracovník současně držitelem povolení.

8.4.3 POVINNOSTI OSOBY ZAJIŠŤUJÍCÍ RO EXTERNÍHO PRACOVNÍKA

Osoba povinná zajistit radiační ochranu externího pracovníka musí:

- požádat Úřad o vystavení ORP (žádost, foto, kolek),
- zaznamenávat v části A ORP:
 - dávky obdržené za předchozí čtyřleté období tak, aby bylo možné vždy sledovat pětiletou celkovou osobní dávku externího pracovníka,
 - celkové osobní roční dávky externího pracovníka,
 - výsledky lékařské prohlídky externího pracovníka
 - informování a přípravu externího pracovníka.
- zaznamenávat v části B ORP,
 - všechny osobní dávky obdržené externím pracovníkem tak, aby bylo možno vyhodnotit celkovou roční osobní dávku externího pracovníka,
 - zaznamenávat v části B ORP měsíční souhrny osobních dávek externího pracovníka
- požádat Úřad o novou část B ORP nejpozději do 30. listopadu předcházejícího kalendářního roku,
- zaslat Úřadu nejpozději do 28. února následujícího kalendářního roku řádně vyplněnou a potvrzenou část B ORP,
- zaslat část A ORP Úřadu po jejím zaplnění,
- požádat Úřad o vydání nového ORP nejpozději 30 dnů před předpokládaným uplynutím termínu platnosti ORP,
- zaslat Úřadu ORP nejpozději 30 dnů po ukončení pracovního poměru externího pracovníka,
- neprodleně oznámit Úřadu ztrátu ORP,
- neprodleně požádat Úřad o vystavení nového ORP v případě pozbytí ORP,

8.4.4 POVINNOSTI PROVOZOVATELE KP

Provozovatel KP, ve kterém externí pracovník vykonává činnost, musí zajistit v souladu s programem monitorování pro jeho KP vyhodnocení osobní dávky obdržené externím pracovníkem při vykonávání činnosti v jeho KP.

Vyhodnocenou dávku musí zaznamenávat průběžně, nejdéle však v jednoměsíčních intervalech, do části B ORP externího pracovníka.

Pokud nemá provozovatel KP všechny výsledky měření před ukončením činnosti externího pracovníka v jeho KP, musí písemně zaslat tyto výsledky osobě povinné zajistit RO externího pracovníka neprodleně po vyhodnocení dávky.

8.5 ROČNÍ ZPRÁVA (ZVLÁŠTNÍ POVINNOSTI V OBLASTI RO)

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §69

Držitel povolení vykonávající činnost v rámci plánované expoziční situace je povinen, pokud nakládá se zdrojem ionizujícího záření nebo poskytuje službu v kontrolovaném pásmu provozovateli pracoviště IV. kategorie, provádět jednou ročně hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany vykonávané činnosti a hodnocení zaslat Úřadu do 30. dubna následujícího kalendářního roku,

8.5.1 OBSAH ROČNÍ ZPRÁVY / HODNOCENÍ

422/2016, § 54

Níže je uveden minimální rozsah hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany (držitele povolení pro poskytování služeb v KP provozovateli pracoviště IV. kategorie)

- popis posouzení optimalizace radiační ochrany na základě výsledků osobního monitorování nebo monitorování pracoviště,
- přehled plnění povinností držitele povolení, a to zajišťování poskytování pracovně-lékařských služeb radiačním pracovníkům,
- vzdělávání radiačních pracovníků a ověřování způsobilosti radiačních pracovníků k bezpečnému výkonu radiační činnosti,
- posouzení vybavenosti ochrannými prostředky a pomůckami,
- popis hodnocení uskutečněného havarijního cvičení,
- ...

Je-li držitel povolení právnickou osobou, musí být hodnocení způsobu zajištění radiační ochrany (roční zpráva) schváleno držitelem povolení nebo jeho statutárním orgánem.

Opakování/Pozn.:

Kdo může zajistit u RO radiačnímu pracovníkovi?

Kdo může zajistit u ORP externímu pracovníkovi?

Do kdy a komu musí být předložena roční zpráva (hodnotící zajištění RO u držitele povolení)?

Kdo zapisuje údaje do ORP?

Pomocí kterých osob může být zajištěn soustavný dohled?

Jak je zajištěn soustavný dohled u držitele povolení pro poskytování služeb provozovateli KP na pracovišti IV. kategorie?

Jak je zajištěn soustavný dohled u držitele povolení pro poskytování služeb provozovateli KP na pracovišti, kde je provozováno jaderně energetické zařízení?

Musí být dohlízející osoba radiačním pracovníkem A?

SPECIFICKÁ RO (VVZ, SL)

1 ZDROJE IZ NA PRACOVIŠTI IV. KATEGORIE, RIZIKO OZÁŘENÍ

1.1 ZDROJE IZ

Na pracovišti IV. kategorie jsou následující ZIZ:

- rentgenová kontrola vnášených předmětů,
- defektoskopická pracoviště (v KP, mimo KP),
- čerstvé, používané a vyhořelé jaderné palivo,
- zařízení a média I.O.

1.2 RIZIKO OZÁŘENÍ

Vnitřní prostory KP jsou definovány jako místnosti, případně oblasti, a rozdělené dle obvyklého nebo očekávaného rizika ozáření do 4 kategorií. Základním kritériem pro rozdělení vnitřních prostor je dávkový příkon, zohledněny byly také A_v a A_s .

Kategorie	Dávkový příkon ($\mu\text{Sv/h}$)
ZELENÁ	< 25
ŽLUTÁ	25 – 250
ORANŽOVÁ	250 – 1000
ČERVENÁ	> 1000

Informace o zařazení místnosti/oblasti do příslušné kategorie jsou dostupné v řídicí dokumentaci provozovatele, dále SW systémech provozovatele, v kterých je administrován R příkaz. Ve vybraných místech KP ETE, EDU (místnosti terminálů DosiServ na ETE a terminálů SEOD na EDU) jsou volně dostupná schémata objektů a seznamy místností/oblastí obsahující informaci o zařazení do konkrétní kategorie.

Osoby nesmí vstupovat do oblastí s vyšší kategorií, než odpovídá R-příkazu nebo omezení v mimořádném povolení vstupu. Při aktivaci EPD je nastavena signalizační úroveň podle příslušného R-příkazu

Místa s dávkovým příkonem vyšším, než odpovídá příslušné oblasti, jsou označena tabulkou s nápisem: „Nebezpečné neviditelné záření. Nezdržuj se zde“.

V případě dlouhodobé změny radiační situace může provozovatel KP přistoupit ke změně kategorizace dotčené místnosti, oblasti.

1.3 ZNAČENÍ RO NA LOKALITÁCH EDU, ETE

Dotčená dokumentace:

- ČEZ_TST_0060 Bezpečnostní značení v JE
- ČEZ_ME_1059 Pravidla RO v KP JE
- ČEZ_ME_1062 Řízení prací s dopadem na RO v JE
- ČEZ_ME_0434 Provozní úrovně RO v JE

1.3.1 ŽLUTO-ČERNÁ BAREVNÁ KOMBINACE

Žluto-černá barevná kombinace zůstává tam, kde to požadují obecné předpisy (hranice KP a SP, přechodná pracoviště, zdroje IZ).



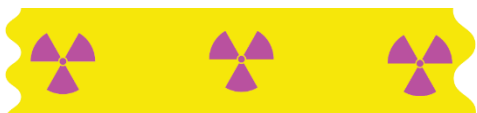
1.3.2 ŽLUTO-FIALOVÁ (ZELENÁ) BAREVNÁ KOMBINACE

Značení ve žluto-fialové kombinaci (popř. žlutozelené kombinaci) bude použito **pouze uvnitř kontrolovaného pásma**. Jedná se o upřesňující informace pro pracovníky vykonávající v KP činnosti v rámci expozičních situací.

Takovýmto způsobem budou označeny:

- sanitární uzly, hot spoty (tedy místa se zvýšeným dávkovým příkonem),
- kontaminace,
- místa radiačně bezpečná (budou značena zeleně).

Tabulky lze kombinovat s vymežující páskou + je zde možnost doplnění popisu

ZVÝŠENÝ DÁVKOVÝ PŘÍKON 	
POZOR ! VYSOKÝ DÁVKOVÝ PŘÍKON 	
POZOR ! KONTAMINACE 	POZOR ! KONTAMINACE 
POZOR ! AKTIVITA VE VZDUCHU 	POZOR ! KONTAMINACE 

Pozn.: Značení radiačních rizik na pracovištích uvnitř KP není legislativně řízeno, proto je možné použít symbol v barevné kombinaci žluto-fialová. Tato kombinace se používá v některých zahraničních elektrárnách (v USA standardně). Jedná se o sjednocení přístupu lokalit ke značení, zjednodušení a větší srozumitelnost pro pracovníky v KP.

ZVLÁŠTNÍ ODBORNÁ ZPŮSOBILOST
VVZ, SL

SPECIFICKÁ RO

Opakování/Pozn.:

2 ORGANIZACE PRÁCE

Z důvodu minimalizace rizika spojeného s přípravou a používáním radionuklidů si provozovatel KP stanovuje pravidla radiační hygieny.

Radiační hygiena má za cíl minimalizovat kontaminaci pracovníků v KP i mimo něj. Kromě vlastní hygieny sem patří i povinné převlékání do speciálního pracovního oděvu, určeném pro KP. V kontrolovaném pásmu pracovišť s velmi významnými zdroji a pracovišť s otevřenými radionuklidovými zářiči se pracuje po převléknutí, při výstupu z nich se provádí kontrola znečištění radionuklidy a případná osobní očista.

Vstup osob je přísně regulován a organizován. Vstup do prostoru KP EDU a ETE a výstup z něj je možný pouze přes hygienickou smyčku, a to za podmínek dále uvedených. Technologické a nouzové východy z KP jsou z venkovní strany viditelně označeny předepsaným varovným symbolem.

2.1 ZÁSADY RADIAČNÍ HYGIENY

- Do KP lze vstupovat pouze s platným povolením vstupu.
- Do KP nesmí vstupovat a pracovat osoby s otevřeným poraněním, oděrkami nebo popáleninami.
- Do KP lze vstupovat pouze přes hygienickou smyčku, s použitím stanovených OOPP a s aktivovaným osobním dozimetrem.
- Do KP je zakázáno vnášet předměty, které nesouvisí s danou pracovní činností (například noviny, peníze, šperky, cigarety, kosmetické prostředky); se šperky je možné vstupovat, pouze pokud je nelze jednoduše sejmout, ČEZ neposkytuje náhradu při jejich kontaminaci.
- V KP je nutno minimalizovat vnášení a používání dřeva na nezbytně nutnou míru.
- Do KP je zakázáno vnášet potraviny a nápoje. Pití a konzumace potravin je možná pouze na určených místech a podle stanovených pravidel.
- V KP je zakázáno žvýkat.
- V KP je povoleno používat pouze papírové kapesníky.
- Před použitím WC je nutno umýt si ruce a provést kontrolu kontaminace rukou.
- V KP je zakázáno vstupovat do prostor, pokud nesouvisí s pracovní činností, a bezdůvodně se zdržovat v prostorech označených jako místa se zhoršenou RaS.
- Je zakázáno bezdůvodně se dotýkat stěn, zařízení, osob a předmětů; zákaz se netýká drobného odpadu, který lze s použitím běžných OOPP odložit na sběrná místa odpadu.
- Je zakázáno vylévat do WC, umyvadel a výlevek jakékoliv kapaliny mající původ v KP.
- Osoby v KP jsou povinny neprodleně oznamovat Dozimetrům:
 - vznik poranění s otevřenou ranou,
 - zjištění úniku jakýchkoli technologických médií,
 - poškozené nebo nefunkční zařízení RK,
 - ztrátu nebo nález osobního dozimetru,
 - porušování pravidel RO.
- Vedoucí práce jsou povinni předem nahlásit Dozimetrům roztěšňování zařízení primárního okruhu a vyjímání předmětů z primárního okruhu.
- Je nutné dbát na to, aby nebyla činností pracovníků kontaminována RA látkami sekundární strana technologie v KP.

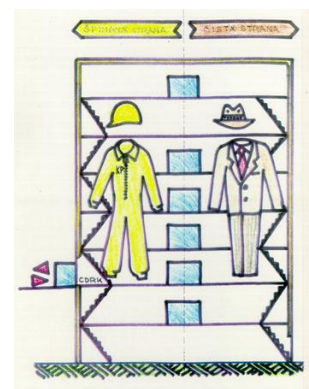
- V KP je nutno používat doplňkové a speciální OOPP v rozsahu podle R-příkazu a nařízení Dozimetristů,
- Z KP lze vystupovat pouze přes hygienickou smyčku, po umytí rukou, odložení OOPP, kontrole kontaminace a odhlášení osobního dozimetru. Výstup z KP jiným způsobem je povolen pouze v případě ohrožení; po výstupu z KP je osoba povinná neprodleně telefonicky informovat řídicí centrum TSFO a CDRK a řídit se pokyny Bezpečnostních pracovníků a Dozimetristů.
- Z KP lze vynášet předměty a materiál pouze po předchozí kontrole kontaminace.
- V KP SVJP je nutno dodržovat specifická pravidla.

2.2 HYGIENICKÁ SMYČKA

Hygienická smyčka je stavební úprava, která rozděluje kontrolované pásmo od čistého prostoru. Je určena:

- k převlékání osob z civilního oděvu do oděvu, určeném pro KP a opačně,
- k osobní hygieně,
- ke kontrole kontaminace osob při odchodu z KP,
- pro případnou dekontaminaci osob pracujících v KP.

Měření povrchové kontaminace osob v hygienické smyčce slouží k zabránění šíření kontaminace mimo KP.



2.3 SANITÁRNÍ UZLY

Při pracích se zvýšeným rizikem rozšíření kontaminace se na pracovišti zřizuje sanitární uzel. Vstup na tato pracoviště je povolen pouze s použitím doplňkových OOPP. Sanitární uzel se zřizuje v následujících prostorech:

- trvalá odstávková pracoviště (sanitární uzel je zřízen po dobu odstávky),
- dočasná pracoviště (sanitární uzel je zřízen při práci na konkrétní R-příkazy).



Za zřízení sanitárního uzlu a jeho udržování odpovídá Vedoucí práce, který začíná práce v prostoru, kde je nutné zřídit sanitární uzel.

2.3.1 SLOŽENÍ SANITÁRNÍHO UZLU

Sanitární uzel vždy tvoří:

- Označení sanitárního uzlu
- Plastová přepravka pro umístění čistých OOPP.
- Čisté OOPP umístěné v plastové přepravce.
- Vanička s plastovou rohoží nebo hadrem pro dekontaminaci obuvi.
- Dekontaminační roztok/voda ve vaničce.
- Suchý hadr na podlaze za miskou ve směru výstupu.
- Červený PE pytel k odložení použitých OOPP.

Podle dispozice pracoviště a míry rizika může dále obsahovat:

- Stojan pro umístění červeného pytle
- Žlutá ohraničovací páska pro vymezení pracoviště se SU
- Stojánky k upevnění ohraničovací pásy
- Omyvatelná lavička
- Místo vyložené žlutou PE fólií k vysvlékání použitých OOPP
- Přístroj k přeměření kontaminace

2.4 SANITÁRNÍ BOD

Sanitární bod je místo s povinnou kontrolou kontaminace při výstupu z určených/vybraných prostor.

Sanitární bod je místo sloužící ke kontrole kontaminace. Sanitární bod je vždy vybaven přístrojem pro měření kontaminace obuvi a rukou a dále vaničkou pro dekontaminaci obuvi. Osoby jsou povinny při výstupu z vybraných prostor provést kontrolu kontaminace podrážek obuvi a rukou. Při signalizaci kontaminace jsou povinny postupovat podle pravidel v kapitole.

Sanitární body zřizuje a udržuje útvar řízení provozu.

2.4.1 SANITÁRNÍ BODY NA EDU

- A, B520/1,2 – výstup z reaktorového sálu,
- A,B0036 z A,B501/1,2 – výstup z RS do nákladního výtahu (výtahová šachta)
- A,B608/1,2 – výstup z dílen oprav
- A,B253/1,2 – u výstupu z hermetického boxu A,B201/1,2 a přilehlých prostor,
- A,B207/1,2 – u výstupu z A,B211/1,2,

2.4.2 SANITÁRNÍ BODY NA ETE

- HVB, v místnosti A908, AV618 - při výstupu z KTMT,
- BAPP01, v místnosti 101a - při výstupu z aktivních dílen
- BAPP03, v místnosti C459 - při výstupu z pracoviště fragmentace

Opakování/Pozn.:

3 PLÁNOVÁNÍ ČINNOSTÍ S OHLEDEM NA RAS

3.1 RADIAČNÍ PŘÍKAZ (R-PŘÍKAZ)

Definice: Radiační příkaz je bezpečnostní dokument regulující vstup a provádění radiačních činností v kontrolovaných pásmech pracovišť IV. kategorie ČEZ EDU/ETE.

Charakteristika: R-příkaz stanovuje doplňková opatření nad rámec obecných opatření RO.

Obecná opatření RO platí pro pracovníka počínaje vstupem do KP a končí výstupem z KP. Jsou obsahem školení pro vstupu do KP na JE. Doplňková opatření R-příkazu platí pro danou radiační činnost (resp. platí ve stanovené místnosti) a pracovník je s nimi seznámen prostřednictvím právě R-příkazu.

Každý pobyt v KP ETE, EDU je zahájen přihlášením osobního elektronického dozimetru na terminálu DosiServ na ETE a terminálu SEOD na EDU. Oba dva typy terminálu zahrnují výběr kódu R-příkazu. Dle zvoleného kódu R-příkazu jsou automaticky nastaveny signalizační úrovně na prostředcích osobní dozimetrie.

Pracovník je povinen znát a dodržovat pokyny R-příkazu.

DRUHY R-PŘÍKAZU

- Typový
- Obyčejný
- Zvláštní

3.1.1 TYPOVÝ R-PŘÍKAZ

Typový R-příkaz je uveden v příloze příslušné dokumentace³⁹.

Typový R-příkaz je vystaven útvarem RO. Může být připojen k pracovnímu příkazu (čárový kód na konci pracovního příkazu) nebo je použit k tzv. samoobslužnému režimu pro pracovníky vykonávající činnosti bez pracovního příkazu. Pracovník se na něj přihlásí kódem při přihlašování elektronického dozimetru a jeho obsah si přečte v souboru vytištěných typových R-příkazů u terminálu ED. Volba vhodného typového R-příkazu je závislá na skutečně prováděné činnosti (např. RTG práce, izolační práce, apod.).

Typový R-příkaz obsahuje zejména definici pracovní činnosti, nastavení alarmových úrovní dozimetrů, použití OOP, způsob likvidace odpadů a zádržných bodů, bez jejichž splnění nesmí pracovník pokračovat v práci.

V případě použití typového R-příkazu v oranžové, červené kategorii, nebo pokud mají být práce vykonávány v prostoru vymezeném žlutou páskou radiační ochrany a označeným tabulkou radiační situace je nutná konzultace podmínek práce před nástupem na pracoviště.

V případě nevyhovující RaS, příp. změny podmínek práce povolených typovým R-příkazem, platí povinnost použití obyčejných nebo zvláštních R-příkazů.

³⁹ Aktuálně ČEZ_ME_1062

3.1.2 OBYČEJNÝ R-PŘÍKAZ

Obyčejný R-příkaz je určen pro činnosti, na které není vyhotoven typový R-příkaz. O jeho vytvoření požádá přípravař útvar RO.

Otevření: Při nástupu na práci si vyzvedne vedoucí práce vytisknutý R-příkaz na pracovišti RO provozu (např. CDRK), Dozimetrista jej seznámí s obsahem včetně radiační situace na pracovišti⁴⁰, vedoucí práce jej podepíše a s obsahem seznámí ostatní členy pracovní skupiny, kteří toto potvrdí podpisem. Při přihlášení ED volí kód 00 a konkretizují daný R-příkaz⁴¹.

Uzavření: Před ukončením práce na R-příkaz je vedoucí práce povinen před opuštěním pracoviště přivolat pracovníka RO provozu a nechat provést kontrolu radiační situace pracoviště. Dozimetrista přebere pracoviště a R-příkaz podepíše. Následně se celá skupina odhlásí ze systému ED.

Platnost obyčejného R-příkazu je 12 hodin. Pokud nejsou provedeny všechny práce, požádá vedoucí práce Dozimetristy o revizi, což je prodloužení platnosti na následující den (případně později).

3.1.3 ZVLÁŠTNÍ R-PŘÍKAZ

Zvláštní R-příkaz je obdobou obyčejného R-příkazu. Je určený pro činnosti s vyšším rizikem v oblasti RO. Celý proces začíná přípravnou schůzkou pracovníka RO a zástupce firmy. Na základě dohodnutého postupu a opatření je vytvořen útvarem ŘRR Program zajištění radiačních rizik (PZRR), který je přílohou R-příkazu a detailněji popisuje doplňková opatření.

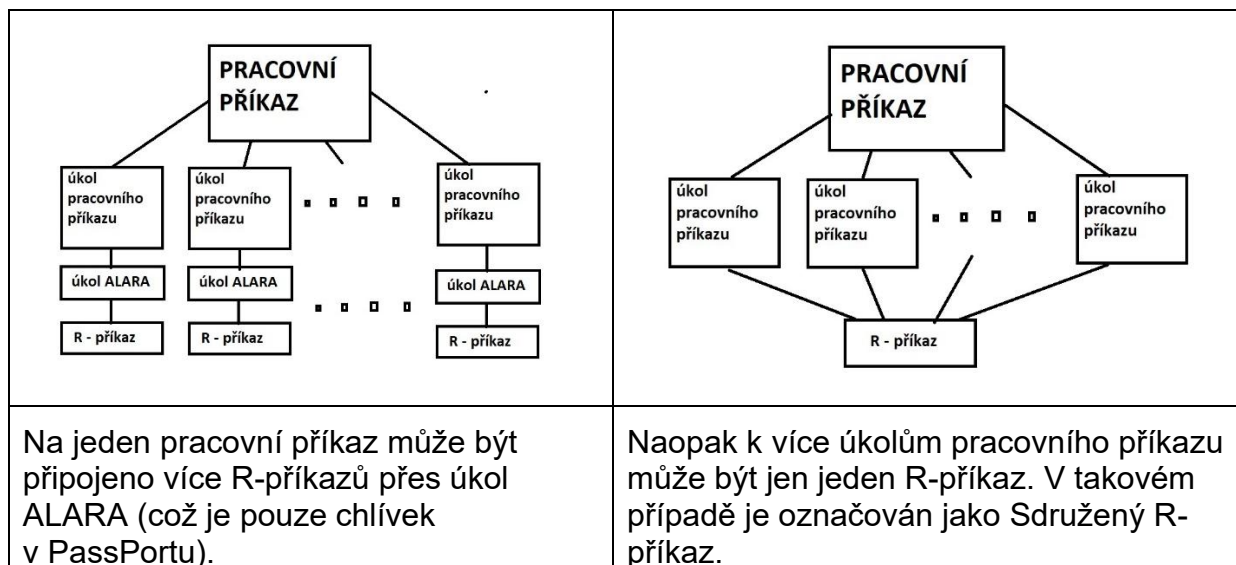
Typickými doplňkovými opatřeními jsou:

- Přidělení doplňkových ochranných pomůcek;
- Omezení doby práce;
- Zřízení sanitárního uzlu apod.

⁴⁰ Kontrolu RaS na pracovišti provádí RO provozu před otevřením R-příkazu. Hodnoty aktuální RaS na pracovišti jsou uvedeny v R-příkazu.

⁴¹ Buď přiložením čarového kódu, nebo výběrem ze seznamu na terminálu.

3.1.4 ZPŮSOB PROPOJENÍ OBYČEJNÉHO A ZVLÁŠTNÍHO R-PŘÍKAZU S PRACOVNÍM PŘÍKAZEM



3.2 PODMÍNKY PRÁCE V PROSTŘEDÍ ZVÝŠENÉHO RADIAČNÍHO RIZIKA

V prostorách se zvýšeným radiačním rizikem se používají R-příkazy obyčejné a zvláštní.

3.2.1 VÝKON ČINNOSTÍ OVLIVŇUJÍCÍ RAS NA PRACOVÍŠTI

Pro provádění činností, které mohou způsobit zvýšení dávkového příkonu na pracovišti a v jeho okolí (např. defektoskopické práce, transporty vnitro reaktorových částí, transporty aktivních předmětů, OS, použití zdrojů IZ k ověření detektorů atd.) platí následující postup:

- Vedoucí práce zajistí vymezení (uzavření, popř. uzamčení a označení prostoru tabulkami s výstražnými symboly na jeho hranicích).
- Před zahájením činností Vedoucí práce informuje SMRK a SI (v případě odstaveného bloku příslušného VRB).
- SI (VRB) nařídí přerušení prací v určených prostorech a nařízení nechá vyhlásit blokovým rozhlasem.
- Osoby jsou povinny práce v těchto prostorech přerušit a tyto prostory opustit. Nemohou-li práce přerušit, oznámí to ihned SI.
- Vedoucí práce zajistí kontrolu opuštěnosti prostoru.
- SI (VRB) je oprávněn povolit a Vedoucí práce započít práce až po realizaci opatření pro zamezení pohybu neoprávněných osob v těchto prostorech.
- Po ukončení činností Vedoucí práce informuje SMRK a SI.

Při činnostech, které jsou prováděny poprvé, popř. nejsou popsány v provozní dokumentaci, jsou opatření RO doplněna do příslušného operativního programu v části Bezpečnostní a organizační opatření.

3.2.2 MÍSTA RADIAČNĚ BEZPEČNÁ – ALARA KOUTKY

Pro zvýšení úrovně RO jsou v KP zřízeny tzv. koutky ALARA nebo také místa radiačně bezpečná. Takto označená místa upozorňují pracovníky v KP na místa s příznivou RaS. Na místech radiačně bezpečných se pracovník zdržuje, pokud nemusí být přítomen na pracovišti, ale z pracovních důvodů nemůže opustit objekt.

3.2.2.1 MÍSTA RADIAČNĚ BEZPEČNÁ NA EDU

Místa radiačně bezpečná – koutky ALARA – jsou zřizována v prostorách velkých rozměrů, kde jsou v různých částech těchto prostor velmi rozdílné radiační situace: R-sál, barbotážní koridor, paluba HCČ.

3.2.2.2 MÍSTA RADIAČNĚ BEZPEČNÁ NA ETE

Na podlaží 13.2 v BaPP m a 36.6 m v HVB.

3.3 OCHRANNÉ POMŮCKY A PROSTŘEDKY

Pro pobyt v kontrolovaném pásmu musí být každý radiační pracovník vybaven ochrannými pracovními pomůckami přiměřenými způsobu nakládání se zdroji ionizujícího záření. OOPP pro pobyt a práci v KP slouží jako bariéra proti povrchové kontaminaci těla a jako zábrana proti vniknutí radioaktivních látek do organismu. Mimo níže uvedené základní a doplňkové OOPP mohou pracovníci v KP používat i jiné OOPP, např. pro svařování. Tyto OOPP je zakázáno vynášet z KP bez dozimetrické kontroly, pokud jsou tyto OOPP trvale umístěny v KP, musí být viditelně a trvale označeny nápisem „KP“.

3.3.1 KATEGORIZACE OOPP – DLE MÍSTA VÝDEJE

ZÁKLADNÍ OCHRANNÉ POMŮCKY

Základní OOPP poskytuje pracovníkům zdarma provozovatel KP. Základní OOPP mají povinnost používat všechny osoby, včetně účastníků základních školení, návštěv, exkurzí a pracovníků na Mimořádné povolení vstupu, při každém standardním pobytu v KP. Tyto pomůcky si pracovník vyzvedne ve volných regálech v nečisté šatně. Jsou určeny pro ochranu před povrchovou kontaminací a pro výrazné odlišení od běžného pracovního či civilního oděvu a tím je zabráněno vycházení a vstupování do KP bez předchozího převlečení. Jedná se o:

- ochranný oděv (používá se žlutá kombinéza s černým označením KP)
- spodní prádlo (minimálně 1 vrstva),
- ponožky žluté barvy,
- uzavřená speciální pracovní obuv pro KP,
- při nízkých teplotách pracovní kabát žluté barvy.

DOPLŇKOVÉ OCHRANNÉ POMŮCKY

Doplňkové OOPP poskytuje pracovníkům zdarma provozovatel KP. Útvar RO provozu má pravomoc nařídit použití doplňkových OOPP. Doplňkové OOPP si vyžádá vedoucí pracovní skupiny nebo samostatný pracovník u útvaru RO provozu podle pokynů v R-příkazu, podle charakteru vykonávané práce, podle skutečné radiační situace a podle radiační situace, která může při práci nastat. Doplňkové OOPP jsou pracovníci povinni používat pouze pro určenou činnost a pouze

v určených prostorech. Při výdeji doplňkových OOPP útvar RO provozu poučí pracovníky o jejich správném použití. Doplňkové ochranné pomůcky chrání pracovníka před povrchovou kontaminací a před kontaminací vnitřní. Seznam nařízených doplňkových osobních ochranných pomůcek je vždy uveden na R-příkazu. Veškeré doplňkové OOPP jsou předepisovány pouze pracovníkem radiační ochrany provozu. Jedná se např. o:

- návleky na nohy, rukavice (bavlněné, gumové),
- ochranné obleky TYVEK,
- gumové holínky,
- respirátory, ochranné masky.

Při použití TYVEKu se identifikační karty, klíče, mobilní telefony apod. umísťují pod TYVEK.

V případě porušení doplňkových OOPP si pracovník na nejbližším monitoru povrchové kontaminace zkontroluje kontaminaci a vezme si samoobslužné náhradní OOPP.

SPECIÁLNÍ OCHRANNÉ POMŮCKY

Slouží pro některé speciální typy ochran. Seznam speciálních osobních ochranných pomůcek je vždy uveden na R-příkazu. Veškeré doplňkové OOPP jsou předepisovány pouze pracovníkem radiační kontroly provozu. Oblékají se a svlékají při vstupu/odchodu na pracoviště.

- skafandr – do prostředí s vysokou kontaminací povrchů či prostředí,
- stínící kryty a stínící štíty – k odstínění ionizujícího záření,
- dálkové manipulátory – ke zvětšení vzdálenosti mezi pracovníkem a pracovním místem.

3.3.2 KATEGORIZACE OOPP – DLE MOŽNOSTI A OPAKOVATELNOSTI POUŽITÍ

OCHRANNÉ POMŮCKY SPOTŘEBNÍHO CHARAKTERU

OOPP spotřebního charakteru vyhodí uživatel do příslušné sběrné nádoby.

OCHRANNÉ POMŮCKY TRVALÉHO CHARAKTERU

OOPP trvalého charakteru. Použité OOPP tohoto druhu jsou po použití vráceny uživatelem pracovníkovi RO provozu. Před odevzdáním je nutné je dekontaminovat.

3.3.3 SNÍMÁNÍ OOPP

Při nesprávném postupu odkládání OOPP vzniká tzv. sekundární kontaminace. Při odkládání OOPP je nutno dodržovat následující postup:

- Z doplňkových OOPP jsou sundávány rukavice jako poslední.
- Při odkládání návleků na nohy není vhodné dotýkat se rukou nášlapné části návleku.
- Při odkládání základních OOPP se postupuje opatrně a OOPP se obrací „naruby“.
- Pokud se OOPP odkládají v havarijní smyčce, svlékají se na určeném místě.

ZVLÁŠTNÍ ODBORNÁ ZPŮSOBILOST
VVZ, SL

SPECIFICKÁ RO

Opakování/Pozn.:

SPECIFICKÁ RO (VZ, DEF)

1 USMĚRŇOVÁNÍ VSTUPU OSOB DO VYMEZENÝCH PROSTOR PŘECHODNÝCH PRACOVIŠŤ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, § 77
422/2016 §58, §59

POTENCIONÁLNÍ OZÁŘENÍ

Potenciální ozáření je ozáření, o němž se nepředpokládá, že nastane, ale které může nastat jako důsledek události pravděpodobnostní povahy.

ZÁSAHOVÁ INSTRUKCE

Obsah ZI

- účel a cíl dané odezvy při řízení nebo provádění odezvy.
- určení osoby odpovědné za realizaci činnosti
- výčet havarijních akčních úrovní
- popis činnosti v návaznosti na příslušnou havarijní akční úroveň
- organizační zajištění
- seznam technického, přístrojového, zdravotnického a dalšího materiálového vybavení potřebného k řízení odezvy (včetně místa jeho uložení),
- seznam OOPP potřebných k řízení odezvy (včetně místa jeho uložení),
- způsob a rozsah dokumentování činností

1.1 PŘECHODNÉ PRACOVIŠTĚ

Držitel povolení k používání zdroje IZ je oprávněn vykonávat činnost na předem nespecifikovaném přechodném pracovišti určeném pro používání zdroje IZ po dobu nejdéle 30 dnů, zajistí-li radiační ochranu obyvatelstva, pracovníků a okolí přechodného pracoviště.

1.1.1 VYMEZENÍ A OZNAČENÍ

Hranice kontrolovaného pásma na přechodném pracovišti musí být vyznačena

- výstražnou páskou,
- znakem radiačního nebezpečí,
- upozorněním „Kontrolované pásmo se zdroji IZ, nepovolaným vstup zakázán“
- v případě snížené viditelnosti světelnou signalizací.

1.1.2 ZAJIŠTĚNÍ RO

Držitel povolení používající zdroj IZ na přechodném pracovišti musí zajistit RO obyvatelstva, pracovníků a okolí přechodného pracoviště

- směřováním primárního svazku ionizujícího záření tak, aby bylo zabráněno ozáření fyzické osoby,
- volbou doby vykonávání činnosti s ohledem na pohyb fyzických osob v okolí,
- informováním fyzické osoby, která by mohla být dotčena činností,
- využitím přirozených bariér zabraňujících vstupu.

V pracovní skupině zajišťující činnosti na přechodném pracovišti, kde je vymezeno KP, musí být v okamžiku výkonu činnosti přítomni alespoň dva RP kategorie A způsobilí k bezpečnému výkonu příslušné radiační činnosti, z nichž jeden je dohlížejší osobou nebo osobou s přímým dohledem nad radiační ochranou v příslušné odborné oblasti používání zdroje IZ.

Pracovní skupina musí být vybavena měřidlem k monitorování pracoviště v rozsahu odpovídajícím používaným zdrojům IZ.

Může-li příkon prostorového dávkového ekvivalentu na přechodném pracovišti překročit 1 mSv/h, musí být radiační pracovník vybaven operativním osobním dozimetrem s funkcí zřetelné signalizace překročení nastavené úrovně.

1.1.3 OZNÁMENÍ

Výkon činnosti na přechodném pracovišti je držitel povolení k používání zdroje ionizujícího záření povinen předem oznámit Úřadu.

Držitel povolení k používání zdroje IZ, který je významným zdrojem, defektoskopickým rentgenovým zařízením nebo karotážním zařízením s uzavřeným radionuklidovým zdrojem, musí oznámit Úřadu písemně nejméně den předem (jednoznačné určení místa výkonu práce, termín zahájení prací, popis prací a osobu, která bude vykonávat soustavný dohled se zdrojem ionizujícího záření).

Držitel povolení k používání zdroje ionizujícího záření musí neprodleně písemně oznámit Úřadu ukončení prací na přechodném pracovišti.

1.1.4 OVĚŘOVÁNÍ ZÁSAHOVÉ INSTRUKCE NA PŘECHODNÝCH PRACOVIŠTÍCH

Ověřování zásahové instrukce pro vykonávání činností při používání zdrojů IZ na přechodných pracovištích, na nichž se má provádět defektoskopie s mobilním defektoskopem obsahujícím uzavřený radionuklidový zdroj, musí být provedeno jejím nácvikem nejméně jedenkrát za 4 roky.

Opakování/Pozn.:

2 PRAVIDLA BEZPEČNÉHO PROVOZU PRACOVÍŠŤ, KDE SE POUŽÍVAJÍ ZIZ PRO PRŮMYSLOVÉ POUŽITÍ

AZ/2016 ve znění pozdějších předpisů, §75
422/2016 §56

2.1 BEZPEČNÝ PROVOZ PRACOVÍŠŤ

Držitel povolení vykonávající činnost v rámci plánované expoziční situace,

- je povinen zajistit, aby pracoviště, kde má být vykonávána radiační činnost, bylo navrženo, postaveno a uvedeno do provozu způsobem, který umožní bezpečné nakládání se zdrojem IZ při provozu a zajistí dostatečnou RO fyzických osob na pracovišti a fyzických osob pobývajících v jeho okolí,
- je povinen dodržovat podmínky bezpečného provozu pracoviště se zdrojem IZ

Držitel povolení k provozu pracoviště III. kategorie nebo pracoviště IV. kategorie je povinen

- informovat Úřad, rozhodne-li se ukončit provoz pracoviště, a před ukončením provozu podat žádost o povolení jednotlivých etap vyřazování z provozu provozovaného pracoviště,
- vytvářet rezervu na vyřazování z provozu⁴² provozovaného pracoviště a peněžní prostředky rezervy použít pouze na přípravu a realizaci vyřazování z provozu a po schválení Správou
- provést vyřazování z provozu provozovaného pracoviště.

Držitel povolení k jednotlivým etapám vyřazování z provozu pracoviště III. kategorie a pracoviště IV. kategorie je povinen zpracovat návrh čerpání peněžních prostředků rezervy na vyřazování z provozu v souladu se schváleným plánem vyřazování z provozu a peněžní prostředky rezervy použít pouze na přípravu a realizaci vyřazování z provozu a po schválení Správou.

2.2 PODMÍNKY BEZPEČNÉHO PROVOZU

Uzavřený radionuklidový zdroj musí být používán pouze po dobu nezbytně nutnou k dosažení požadovaného účelu.

Není-li zdroj používán, musí být uložen ve stínícím krytu nebo jinak stíněn tak, aby

- při skladování příkon prostorového dávkového ekvivalentu
 - na povrchu krytu, kontejneru, stíněných skladovacích prostor, trezorů a stíněných boxů nepřekročil hodnotu 100 $\mu\text{Sv/h}$ a
 - ve vzdálenosti 1 m od povrchu krytu, kontejneru, stíněných skladovacích prostor, trezorů nebo stíněných boxů nepřekročil hodnotu 10 $\mu\text{Sv/h}$.
- při přenášení zdroje na pracovišti příkon prostorového dávkového ekvivalentu ve vzdálenosti 1 m od povrchu přepravního krytu nepřekročil hodnotu 100 $\mu\text{Sv/h}$.

Po skončení práce nebo před vstupem do vymezeného nebo stíněného ozařovacího prostoru musí být měřením nebo signalizací ověřeno, zda je zdroj řádně stíněn nebo zasunut do stínícího krytu.

⁴² Povinnost vytvářet rezervu na vyřazování z provozu pracoviště III. kategorie a pracoviště IV

Při manipulaci se zdrojem, u něhož nelze vyloučit jeho uvolnění z ozařovacího zařízení nebo jeho ztrátu, musí být používáno měřidlo, které umožňuje za všech podmínek stanovit polohu tohoto zdroje.

Funkčnost příslušenství mobilního zařízení obsahujícího uzavřený radionuklidový zdroj musí být ověřována pravidelně nejméně jednou ročně.

V případě zjištění netěsnosti zdroje musí být zajištěno odstavení zdroje a zařízení s ním z provozu a jejich řádná ochrana proti zneužití.

Jde-li o značnou netěsnost⁴³, musí být uzavřeno okolí zdroje a zařízení s ním do doby, než je provedena zkouška radioaktivní kontaminace a v případě potřeby účinná dekontaminace.

Opakování/Pozn.:

⁴³ s více než stonásobkem mezní hodnoty podle přílohy 10 bodu 2, 422/2016

3 POTENCIONÁLNÍ RIZIKO PŘI NAKLÁDÁNÍ S DANÝM TYPEM RADIONUKLIDOVÉHO ZDROJE

POTENCIÁLNÍ RIZIKO

Potencionální riziko, je riziko, o němž se nepředpokládá, že nastane, ale které může nastat jako důsledek události pravděpodobnostní povahy.

použitý ZIZ	potencionální riziko
nevýznamný	nemůže dojít k měřitelnému ozáření
drobný	může dojít k měřitelnému ozáření, ale nedojde k překročení limitů
jednoduchý	může dojít k překročení limitů, ale nedojde ke vzniku tkáňových reakcí
významný	může dojít k překročení limitů a k projevům tkáňových reakcí, ale nedojde k radiační havárii
velmi významný	může dojít k radiační havárii

3.1 PRÁCE NA PŘECHODNÝCH PRACOVIŠTÍCH

Mezi jednu z nejrizikovějších činností lze zařadit práce defektoskopů, zejména je-li ztracena kontrola nad zdrojem záření. K tomu může dojít, když

- zdroj záření zůstane v projekčním kolimátoru
- zdroj zůstane někde ve výjezdové hadici
- zdroj je zpátky v krytu, ale není ve správné poloze

V těchto případech je vždy nutno postupovat s platnou dokumentací a je vhodné přivolat externí odborníky (servis, výrobce).

3.2 PRÁCE STABILNÍMI RADIONUKLIDOVÝMI ZDROJI

Základním požadavkem je zabránění neautorizovaného vniknutí do primárního svazku. Dalším důležitým faktorem je zabránění neoprávněnému nakládání se zdrojem.

3.3 PRÁCE S GENERÁTORY ZÁŘENÍ

Zvláštní bezpečnostní požadavky se kladou na stínění krytu zářiče a funkčnost blokovacího zařízení.

Opakování/Pozn.:

4 OMEZENÍ OZÁŘENÍ (NERADIAČNÍ PRACOVNÍCI)

Každý, kdo vykonává činnost v rámci plánované expoziční situace, je povinen omezit ozáření fyzické osoby tak, aby celkové ozáření způsobené kombinací ozáření z těchto činností bylo odůvodněné, optimalizované a nepřekračovalo v součtu limity.

4.1 NERADIAČNÍ PRACOVNÍCI VSTUPUJÍCÍ DO KP

V KP může vykonávat práce pouze radiační pracovník kategorie A. Jiná fyzická osoba může v kontrolovaném pásmu provádět nezbytnou a nahodilou činnost.

Tato osoba zde může vykonávat činnost

- po dobu nezbytně nutnou
- pod dohledem radiačního pracovníka kategorie A určeného provozovatelem KP

V praxi jaderných elektráren jsou rozlišovány dvě kategorie vstupu neradiačních pracovníků:

- exkurze a návštěva,
- mimořádné povolení pro výkon práce.

4.2 OBYVATELSTVO

V situaci, kdy pracoviště se zdrojem ionizujícího záření (III. nebo IV. kategorie), je nutno hodnotit vliv na obyvatelstvo. Je zastoupeno reprezentativní osobou z kritické skupiny obyvatel.

Reprezentativní obsahuje příslušné příspěvky ze všech možných expozic (cest):

- úvazek efektivních dávek z plyných výpustí,
- úvazek efektivních dávek z kapalných výpustí,
- zevní ozáření.

Opakování/Pozn.:

5 ZNALOST POSTUPU A ZÁSAHOVÉ INSTRUKCE PRO PŘÍPAD RMU

359/2016 ve znění pozdějších předpis

Řízení a provádění odezvy musí být provedeno podle zásahových instrukcí, vnitřního havarijního plánu nebo havarijního řádu a s uvážením výsledků monitorování vzniklé radiační situace prováděného podle programu monitorování nebo národního programu monitorování a vývoje radiační mimořádné události.

5.1 ZAJIŠTĚNÍ PROVĚŘOVÁNÍ OSOB K ODEZVĚ

Viz kap. 15.3.2 v části „OBECNÉ INFORMACE“

5.1.1 NÁCVIK

Při nácviku musí být prověřena činnost podle zásahové instrukce nebo dílčí činnost podle vnitřního havarijního plánu a zásahové instrukce nebo národního radiačního havarijního plánu.

5.1.2 DOKUMENTOVÁNÍ

Připravenost k odezvě musí být dokumentována.

- vnitřním havarijním plánem, havarijním řádem a zásahovou instrukcí a jejich aktualizacemi nejméně jedenkrát za 4 roky,
- záznamy o seznámení fyzické osoby se zásahovou instrukcí, které se provádí bezprostředně po jejím určení k výkonu činnosti při zásahu podle této instrukce.

Opakování/Pozn.: