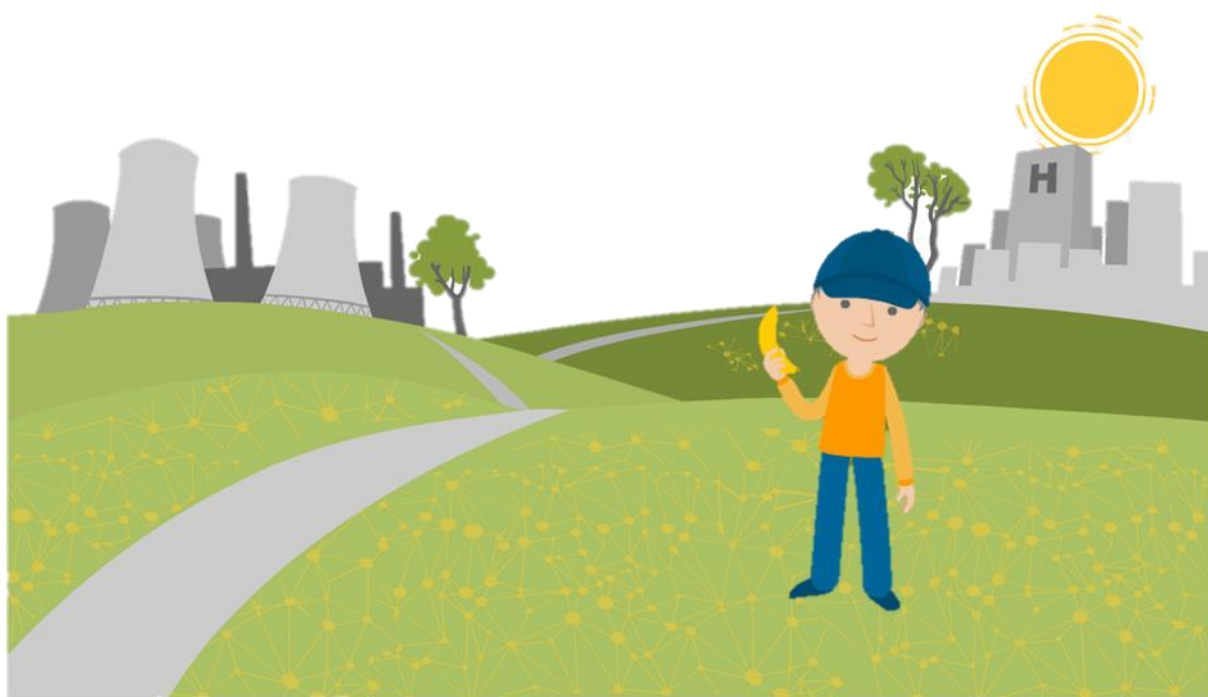




PRAVIDLA RADIAČNÍ OCHRANY

(příručka k e-learning kurzu)



Autor: Barbora Chvátalová, Dana Brounková
duben 2018

1. Úvod

Princip každé elektrárny spočívá v přeměně tepelné energie na mechanickou a následně na elektrickou. Tepelná energie se na jaderné elektrárně získává řízeným štěpením jader uranu.

Cílem tohoto kurzu je seznámit pracovníky se základy Radiační ochrany, které je nutné znát pro práci v kontrolovaném pásmu jaderných elektráren.

Podle platné legislativy ČR je jednou z nutných podmínek vstupu do KP minimálně jednou ročně absolvovat školení radiační ochrany a být z této tematiky prokazatelně proškolen.

Platná legislativa:

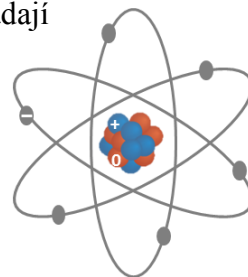
- [Atomový zákon](#)
- [Vyhláška 422/2016 Sb.](#)
- A další.

2. Struktura atomu

Pro pochopení podstaty problematiky radiační ochrany je potřeba si zopakovat některé základní fyzikální pojmy.

Svět kolem nás se skládá z **molekul** a ty zase z **atomů**. Atomy se skládají z **jádra** a **elektronového obalu**. Jádro je tvořeno **protony** a **neutrony**. Elektronový obal obsahuje **elektrony**.

- Protony jsou částice, které nesou kladný elektrický náboj.
- Neutrony jsou částice, které nenesou žádný elektrický náboj.
- Elektrony jsou částice, které nesou záporný elektrický náboj.



Obrázek 1 Struktura atomu

Kvíz 1: Označte správné varianty			
Částice nemá elektrický náboj.	☐	☐	☐
Částice má kladný elektrický náboj.	☐	☐	☐
Částice má záporný elektrický náboj.	☐	☐	☐
Částice obíhá kolem jádra.	☐	☐	☐
Částice je součástí jádra. (více správných odpovědí)	☐	☐	☐

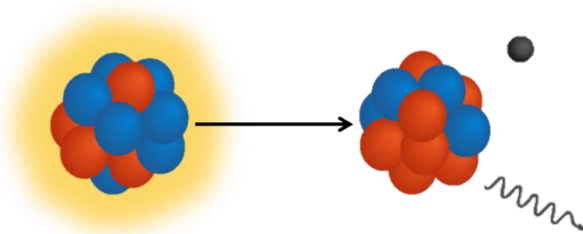
3. Stabilita jader - radioaktivita

Stabilita jader je dána poměrem počtu protonů a neutronů. Ne všechna jádra kolem nás jsou stabilní.

Nestabilní jádra se po určité době samovolně přeměňují na jádra jiná, stabilnější. Tento jev se nazývá **radioaktivita**.

Atom, jehož jádro je schopno se samovolně přeměnit, nazýváme **radionuklid**.

Samovolná přeměna je doprovázena uvolněním dalších částic, které nazýváme **ionizující záření**.



Obrázek 1 Samovolná přeměna

Ionizující záření je tok částic (protonů, neutronů, elektronů, aj.), popř. fotonů, prostorem, která se uvolňuje při samovolné přeměně jader. Toto záření prochází látkami (různými materiály i lidskou tkání) a dle své intenzity na ně působí. Pozor, **toto záření není rozpoznatelné lidskými smysly!**

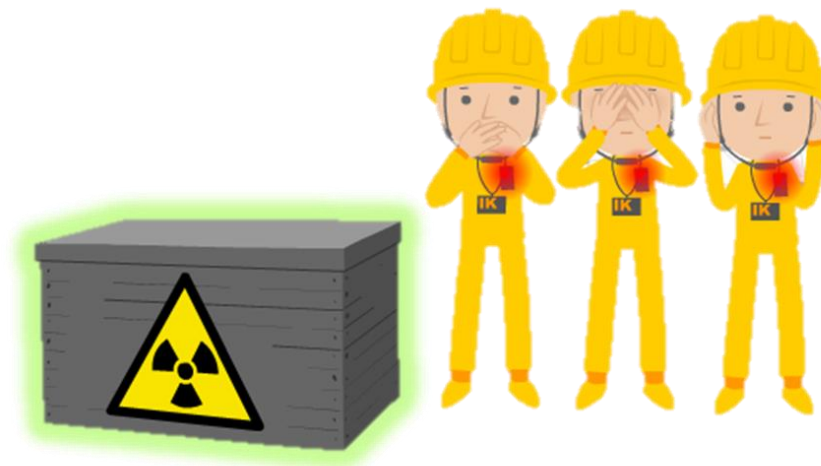
Kontrolní otázky:

- Co je to radioaktivita?
- Jak vzniká ionizující záření?
- Co je to ionizující záření?

4. Ionizující záření

Ionizující záření je energie, která se uvolňuje při samovolné přeměně atomů ve formě pohybujících se částic (protony, neutrony, elektrony, aj.), popř. fotonů.

Toto záření prochází prostředím a může působit na neživý (pracovní prostředí) i živý (lidská tkáň) materiál.





Pozor! **Ionizující záření není rozpoznatelné lidskými smysly! Přítomnost ionizujícího záření se dá zjistit pouze přístroji!**

4.1. Zdroje ionizujícího záření

Zdroje ionizujícího záření dělíme na přírodní a umělé.

Přírodní zdroje ionizujícího záření

Přírodní zdroje IZ jsou zdroje ionizujícího záření, které se vyskytují běžně v přírodě. Představují cca 87 % celkového ozáření člověka během jeho života. Patří sem například:

- **Zemské záření**, které pochází z hornin v zemské kůře. Některé minerály obsahují stopy uranu a thoria.
- **Kosmické záření**, což je proud částic pocházejících z vesmíru, které nesou vysokou energii. Jde o protony (85 %), jádra helia (11 %) atd.
- **Zdroje IZ v potravě**: vše co jíme a pijeme je mírně radioaktivní. Nejvíce je zastoupen radionuklid draslíku ^{40}K , méně pak tritium a další prvky.
- **Sluneční záření** pochází převážně ze slunečních erupcí. Je tvořeno z 99 % protony.
- Radionuklidy ve **vzduchu** tvoří více než polovinu ročního ozáření z přírodních zdrojů. Týká se zejména plynného radonu a jeho dceřiných produktů.

Umělé zdroje ionizujícího záření

Umělé zdroje ionizujícího záření jsou takové zdroje, které nějakým způsobem upravil nebo vytvořil člověk. Umělé zdroje představují cca 13 % celkového ozáření člověka během jeho života. Mezi tyto zdroje IZ patří například:

- **Urychlovače částic**, což jsou zařízení, v nichž dochází k umělému zrychlení elektricky nabitých elementárních částic nebo iontů. Využívají se v radioterapii nebo pro vědecké účely.
- **Radiofarmaka** – léčiva obsahující radionuklidy. Využívají se v různých formách k diagnostickým nebo terapeutickým účelům.
- **Terapeutická zařízení** – jedná se o rentgenová a CT (tomografická) zařízení využívaná k radiologii. Dále to pak mohou být cesiové nebo kobaltové gama ozařovače a gama-nože využívané v radioterapii.
- **Jaderné zbraně** – v průběhu 20. století proběhlo více než 2 000 zkoušek jaderných zbraní.
- **Jaderné reaktory** – jde jak o reaktory jaderných elektráren, tak o reaktory výzkumné (Řež, ČVUT). Radionuklidy z JE tvoří pouhé 0,1 % umělých zdrojů IZ.

Kontrolní otázky:

- Jak zaznamenáte přítomnost ionizujícího záření?
- Kde se můžete s ionizujícím zářením setkat?
- Které zdroje ionizujícího záření se nejvíce podílejí na celkovém ozáření člověka během jeho života?

Kvíz 2:

- Které zdroje ionizujícího záření jsou přírodní a které umělé?



4.2. Zdroje ionizujícího záření na jaderné elektrárně

Na jaderné elektrárně získáváme tepelnou energii řízeným štěpením jader uranu. Toto řízené štěpení je zároveň nejsilnějším zdrojem ionizujícího záření na jaderné elektrárně. Na jaderné elektrárně je možné se setkat i s dalšími zdroji ionizujícího záření:

- **Rentgenová kontrola vnášených předmětů**

Předmět, který projde rentgenovým rámem, není radioaktivní, protože v něm nedochází k jaderné reakci. V rentgenovém rámu nedochází ani ke kontaminaci předmětů radioaktivními látkami. Rentgenový rám slouží pouze jako technika, která pracovníkům fyzické ochrany zobrazí, co vnášíme do areálu jaderné elektrárny.



Obrázek 2 Rentgenová kontrola vnášených předmětů do areálu jaderné elektrárny

- **Defektoskopické práce**

Defektoskopie je řada metod, pomocí které na jaderné elektrárně kontrolujeme konstrukční materiály. Lze tak zjistit různé vady materiálu – např. vady ve svarech či ve struktuře materiálu. Jedna z těchto metod využívá zdroje ionizujícího záření, nazývá se také **rentgenování** nebo **RTG práce**. Ionizující záření se nechá procházet skrze kontrolovaný materiál a vyhodnocuje se pak jeho zeslabení a rozptýlení.

Pozor! S těmito pracemi je možné se setkat i mimo prostory kontrolovaného pásma.



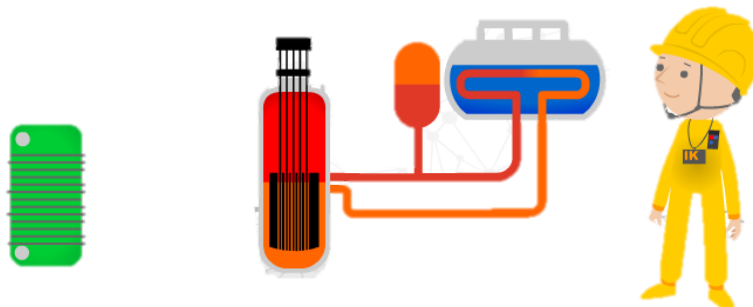
Obrázek 3 Rentgenové pracoviště

- **Potrubí primárního okruhu**

Radionuklidy putují technologiemi I.O. a usazují se na jejich stěnách a v záhybech.

- **Reaktor**

V reaktoru se používá jaderné palivo, v němž probíhá řízené štěpení jader uranu. Jedná se o nejsilnější zdroj ionizujícího záření na jaderné elektrárně.



Obrázek 4 Potrubí primárního okruhu, reaktor a obalový soubor CASTOR

- **Jaderné palivo používané i použité**

Jaderné palivo je hermeticky uzavřené v zirkoniovém obalu. Používané a použité palivo je v reaktoru a následně v bazénu skladování stíněno velkou vrstvou vody. Používané palivo je zdrojem alfa záření, které se z paliva do vody primárního okruhu může dostat pouze v případě nějaké netěsnosti v obalu paliva. Použité palivo je zdrojem gama záření a neutronů, je dočasně ukládáno v bazénu skladování vyhořelého paliva a poté je přemístěno a hermeticky uzavřeno do CASTORů, které jsou skladovány ve skladu vyhořelého jaderného paliva.

Kontrolní otázky:

- Kde je na jaderné elektrárně možné se setkat se zdroji ionizujícího záření?
- Co je na jaderné elektrárně nejsilnějším zdrojem ionizujícího záření?

4.3.

4.4. Typy ionizujícího záření

Rozlišujeme tyto základní typy ionizujícího záření:

Alfa, α

- **Co to je?**

Jedná se o **těžké nabité částice** – proud heliových jader, které jsou tvořeny **dvěma protony a dvěma neutrony**. Částice ALFA mají **vysoké energie** (4-10MeV) a **krátké dolety** (ve vzduchu v řádu centimetrů, v tkáni v řádu mikrometrů).

- **Jak mi to může ublížit?**

Vzhledem k vysokým energiím a krátkým doletům není záření ALFA při vnějším ozáření nebezpečné, **zachytí se v malé vrstvě kůže**. Při **vnitřní kontaminaci** je však nebezpečné.

- **Jak se chránit?**

Snadno se zachytí **malými vrstvami materiálu**, např. listem papíru nebo textilie.

- **Kde se s tím na jaderné elektrárně mohu potkat?**

Setkání se zářením ALFA na jaderné elektrárně je velmi **nepravděpodobné**. Zářiče ALFA jsou hermeticky uzavřeny **pouze v jaderném palivu**, do I.O. mohou proniknout pouze při netěsnosti paliva.

Beta, β

- **Co to je?**

Jedná se o **lehké nabité částice** – proud elektronů nebo pozitronů. Částice BETA jsou ve srovnání s částicemi ALFA relativně velmi lehké a velmi malé, proto mají delší dolet (ve vzduchu v řádu desítek centimetrů, v tkáni v řádu milimetrů) Jejich energie začíná na nižších hodnotách (10 keV - 2 MeV)

- **Jak mi to může ublížit?**

Poškození je menší než u částic ALFA. Záření částic BETA není schopno překonat vrstvu kůže a podkožního tuku.

- **Jak se chránit?**

Lze odstínit **lehkými materiály**, např. vrstva hliníku nebo plastu.

- **Kde se s tím na jaderné elektrárně mohu potkat?**

Setkání s částicemi BETA na jaderné elektrárně je pravděpodobné, například v **částech vyjmutých z potrubních tras I.O.**, protože na vnitřních stěnách potrubí I.O. se usazují radionuklidy.

Gama, γ

- **Co to je?**

Jedná se o elektromagnetické **vlnění** (lze popsat jako proud fotonů), které nenese elektrický náboj. Má velmi krátkou vlnovou délku, vysokou energii a dlouhý dolet. Je doprovodným jevem nejenom při štěpení, ale i při samovolných přeměnách.

- **Jak mi to může ublížit?**

Poškození je menší než u částic ALFA, ale z důvodu delších doletů je nebezpečné i z hlediska **zevního ozáření**. Vysokými energiemi, které nese, představuje zdravotní riziko. Záření gama při vnějším ozáření poškodit i **vnitřní orgány**.



- **Jak se chránit?**

Pro stínění se používají **těžké materiály**, např. olovo nebo ochuzený uran.

- **Kde se s tím na jaderné elektrárně mohu potkat?**

Setkání na jaderné elektrárně se zářením GAMA je **velmi pravděpodobné** (všechny technologie a potrubní trasy I.O.).

Neutronové záření, n

- **Co to je?**

Jedná se o **těžké nenabitě částice**, které **vznikají při štěpení jádra uranu** a dalších jaderných reakcí. Důležitou charakteristikou jejich chování je jejich energie (zlomky eV až desítky MeV).

- **Jak mi to může ublížit?**

Poškození lidského organismu je silně závislé na energii, kterou částice nese. Obecně se dá říci, že poškození je vyšší než u částic BETA a GAMA. Neutronové záření je schopno poškodit i **vnitřní orgány**.

- **Jak se chránit?**

Snadno proniká látkami. Před zachycením je potřeba neutrony zpomalit. Ke stínění se používá masa **vody**, betonu nebo parafínu.

- **Kde se s tím na jaderné elektrárně mohu potkat?**

Setkání s neutronovým zářením je pravděpodobné při **činnostech s jaderným palivem** (otevřený reaktor, CASTOR, SVJP, boroměry a riziková místa při provozu bloku na výkonu, kde se s nimi můžeme potkat - paluba HCC, box PG, kobky pod reaktorem).

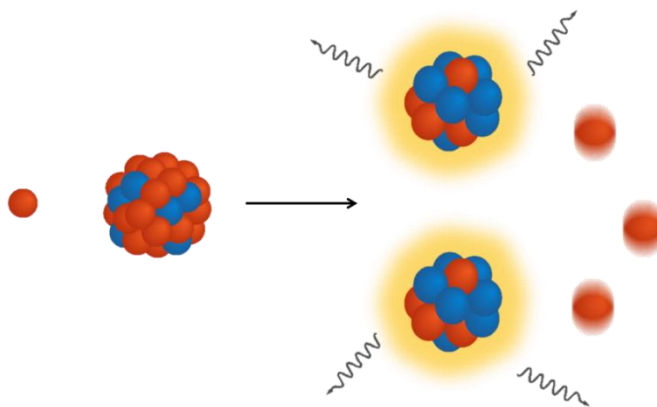
Kontrolní otázky:

- Jaké typy ionizujícího záření znáte?
- Kde se můžete s jednotlivými typy ionizujícího záření setkat?
- Co vás před jednotlivými typy ionizujícího záření (o)chrání?
- Proč jsou některé typy ionizujícího záření pro člověka nebezpečnější než jiné?
- Který typ ionizujícího záření způsobuje většinu dávek na JE?
- Se kterým typem ionizujícího záření se mohu nejpravděpodobněji v KP JE setkat?
- Kde na JE se mohu setkat s neutronovým zářením?

5. Štěpení

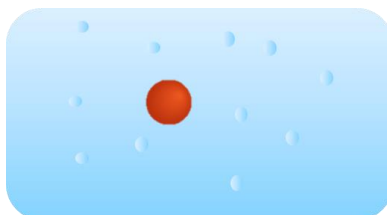
Tepelnou energii na jaderné elektrárně získáváme štěpením uranu na dvě menší jiná jádra a dva až tři neutrony. Tato nově vzniklá jádra jsou nestabilní, proto podléhají samovolné přeměně, při které se uvolňuje ionizující záření.

Nově vzniklá jádra a z nich uvolněné ionizující záření (částice a fotony) se pohybují materiálem paliva, dochází tak ke tření a následně vzniku tepelné energie.



Obrázek 5 Štěpení jader uranu

Štěpná reakce je řízena, tzn. část vzniklých neutronů je absorbována a část neutronů je zpomalována moderátorem (vodou) a využita k dalšímu štěpení.



Obrázek 6 Moderátor zpomalující neutrony

Kontrolní otázky:

- Proč se na jaderné elektrárně vyskytuje ionizující záření?

6. Kontaminace a ozáření

Kontaminace a ozáření jsou dva základní pojmy, které nás v souvislosti s prací v prostředí, kde se můžeme setkat s radioaktivními látkami, zajímají. Jestliže se chystám v takovémto prostředí pracovat, musím vědět, jestli není nějakým způsobem kontaminované (podlaha, technologie, předměty, aj.) a jaké mi v tomto prostředí hrozí ozáření.

6.1. Kontaminace

Už víme, že radioaktivní látka je jakýkoli materiál, který produkuje ionizující záření. Kontaminace znamená, že radioaktivní látka se dostala někam, kde nemá co dělat. Kontaminace je tedy znečištění radioaktivní látkou, které může být rozneseno.



Obrázek 7 Kontaminace a její roznesení

Kontaminaci dělíme na **povrchovou** a **vnitřní**. K tomu aby se snížilo riziko kontaminace, jak povrchové tak vnitřní, slouží ochranné pracovní pomůcky (viz kapitola 12).

Povrchová kontaminace

V případě povrchové kontaminace hovoříme o kontaminaci zařízení, podlahy, oděvů, atd. K tomu může dojít například v případě, že se v technologiích primárního okruhu vytvoří nějaká netěsnost a médium může unikat. Nebo pracovník pracuje na nějaké technologii primárního okruhu a může si radioaktivní materiálem potřísnit oděv nebo tělo.

Povrchovou kontaminaci vyjadřujeme veličinou plošná aktivita (v Bq/cm^2).



Obrázek 8 Povrchová kontaminace oděvu pracovníka

Sekundární kontaminace

Často si pracovníci při nesprávném sundávání ochranných pomůcek přenesou povrchovou kontaminaci z ochranných pomůcek na své tělo. K přenesení povrchové kontaminace dochází také v důsledku podvědomých pohybů – pracovník si otře pot z čela nebo se podrbe rukou v kontaminované rukavici apod. Přenesení kontaminace na tělo se říká sekundární kontaminace.

Je potřeba při práci s radioaktivními látkami dávat pozor na sekundární kontaminaci a dbát na správné používání a sundávání ochranných pracovních pomůcek.

Vnitřní kontaminace

O vnitřní kontaminaci hovoříme, jestliže se radioaktivní látky dostanou do organismu. K tomu může dojít vdechnutím, polknutím nebo prostupem radionuklidů skrze kůži (porušenou i neporušenou) či sliznici např. očí, nosu apod.

Při vnitřní kontaminaci je organismus zářením zatěžován dlouhodobě. Radioaktivní látka se může zadržovat v určitých orgánech, které jsou pak bezprostředně více vystaveny účinkům záření. Odstranění radioaktivních látek z organismu je složitější než např. odstranění látky z povrchu těla (pokožky).

Vnitřní kontaminace vede k vnitřnímu ozáření. Orgány jsou pak vystaveny přímému působení ionizujícího záření.



Obrázek 9 Pracovník s vnitřní kontaminací

6.2. Ozáření

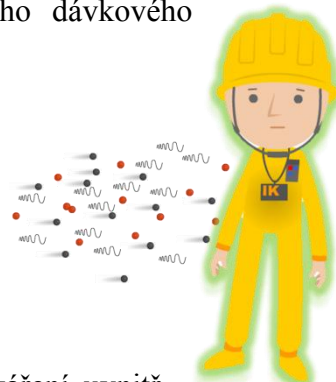
Ozáření je přímé působení ionizujícího záření na člověka. Vyjadřujeme ho veličinami dávka (v Sv) a dávkový příkon (v Sv/h).

Dávka a dávkový příkon jsou zjednodušené výrazy, které se běžně používají. Přesně se jedná o Osobní dávkový ekvivalent (Sv) a Příkon osobního dávkového ekvivalentu (Sv/h).

Ozáření dělíme na **zevní** a **vnitřní**.

Zevní ozáření

V případě zevního ozáření se nachází zdroj ionizujícího záření mimo tělo.



Vnitřní ozáření

V případě vnitřního ozáření se nachází zdroj ionizujícího záření uvnitř těla.

Obrázek 10 Ozáření

6.3. Jaké způsobují ozáření jednotlivé typy IZ?

- **Alfa**

Záření alfa nemůže proniknout přes kožní buňky, nepředstavuje tedy riziko pro člověka, dokud se radioaktivní materiál nedostane přímo do těla (např. vdechnutím nebo polknutím).

- **Beta**

Záření beta může způsobit poškození kůže, ale dále do těla se zvenku nedostane. V některých případech může poškodit oční čočku.

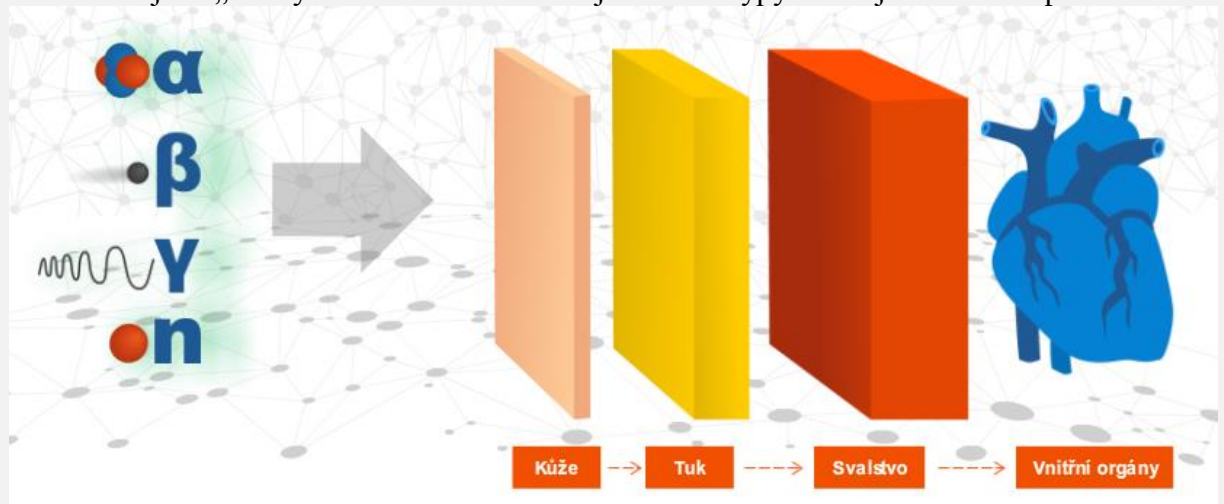
- **Gama a neutrony**

Neutrony a gama záření mohou proniknout skrz kůži až k vnitřním orgánům.

Obrázek 11 Působení IZ na lidský organismus

Kvíz 3:

- Do jaké „vrstvy“ lidského těla můžou jednotlivé typy ionizujícího záření proniknout?



7. Veličiny a jednotky

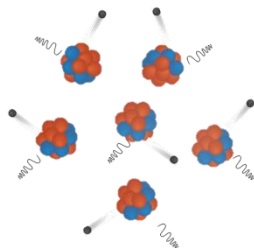
Pro popis a pochopení radiační situace v prostředí je nutné znát tři základní veličiny radiační ochrany – a to Aktivitu, Dávku a Dávkový příkon. S těmito veličinami se v praxi setkáváme v různých podobách na dozimetru, na tabulkách radiační situace, na R-příkazu a dalších.

RADIAČNÍ SITUACE																																	
Oblast (Místnost)		Zařízení																															
DÁVKOVÝ PŘÍKON (H_p) PROSTŘEDÍ ($\mu\text{Sv/h}$)		POVRCHOVÁ KONTAMINACE (Bq/cm^2)	ANO/NE																														
		ZABALENO																															
DÁVKOVÝ PŘÍKON (H_p) KONTAKTNĚ ($\mu\text{Sv/h}$)		JINÁ VELIČINA																															
		*																															
Evidenční číslo Datum vystavení		Měřil (příjmení, os. číslo)																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #000080; color: white;">RIZIKO</th> <th colspan="2"></th> <th style="background-color: #000080; color: white;">OPATŘENÍ</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VELMI VYSOKÝ DÁVKOVÝ PŘÍKON – VNĚJŠÍ OZÁŘENÍ</td> <td>ANO</td> <td>NE</td> <td>OMEZENÍ DOBY POBYTU</td> <td>ANO</td> <td>NE</td> </tr> <tr> <td>POVRCHOVÁ KONTAMINACE</td> <td>ANO</td> <td>NE</td> <td>DOPLŇKOVÉ OOPP</td> <td>ANO</td> <td>NE</td> </tr> <tr> <td>VNITŘNÍ KONTAMINACE</td> <td>ANO</td> <td>NE</td> <td>RESPIRAČNÍ OCHRANA</td> <td>ANO</td> <td>NE</td> </tr> <tr> <td>* JINÉ</td> <td>ANO</td> <td>NE</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				RIZIKO			OPATŘENÍ			VELMI VYSOKÝ DÁVKOVÝ PŘÍKON – VNĚJŠÍ OZÁŘENÍ	ANO	NE	OMEZENÍ DOBY POBYTU	ANO	NE	POVRCHOVÁ KONTAMINACE	ANO	NE	DOPLŇKOVÉ OOPP	ANO	NE	VNITŘNÍ KONTAMINACE	ANO	NE	RESPIRAČNÍ OCHRANA	ANO	NE	* JINÉ	ANO	NE			
RIZIKO			OPATŘENÍ																														
VELMI VYSOKÝ DÁVKOVÝ PŘÍKON – VNĚJŠÍ OZÁŘENÍ	ANO	NE	OMEZENÍ DOBY POBYTU	ANO	NE																												
POVRCHOVÁ KONTAMINACE	ANO	NE	DOPLŇKOVÉ OOPP	ANO	NE																												
VNITŘNÍ KONTAMINACE	ANO	NE	RESPIRAČNÍ OCHRANA	ANO	NE																												
* JINÉ	ANO	NE																															

Obrázek 12 Tabulka radiační situace

7.1. Aktivita

Aktivita (A) vyjadřuje počet přeměněných jader za sekundu. Měří se v **becquerelech (Bq)**. V praxi nejčastěji hovoříme o **aktivitě plošné (As)** nebo **aktivitě objemové (Av)**.



Obrázek 13 Aktivita

Plošná aktivita (A_s) se udává v becquerelech na centimetr čtverečný (Bq/cm^2). Plošná aktivita je veličina popisující povrchovou kontaminaci.

Objemová aktivita (A_v) se udává v becquerelech na metr kubický (Bq/m^3). Objemová aktivita se využívá k popisu radioaktivity kapalin, plynů a aerosolů.

7.2. Dávka

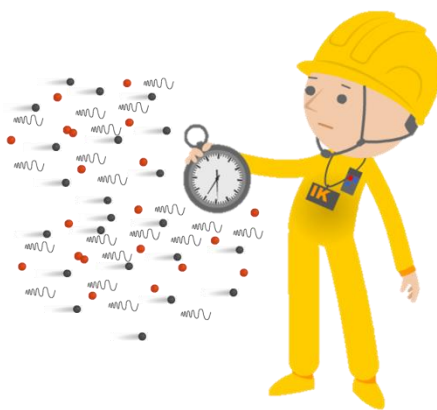
Jedná se o zjednodušený pojem, přesně jde o osobní dávkový ekvivalent. Dávka představuje energii předanou ionizujícím zářením na lidské tělo. Pomocí dávky vyjadřujeme ozáření člověka. Jednotkou je sievert [Sv]. V praxi se nejčastěji setkáme s milisievery [mSv] nebo mikrosievery [μSv].



Obrázek 14 Dávka

7.3. Dávkový příkon

Jedná se o zjednodušený pojem, přesně jde o příkon dávkového ekvivalentu. Dávkovým příkonem rozumíme přírůstek dávky za určitý časový interval. Pomocí dávkového příkonu vyjadřujeme radiační situaci prostředí. Jednotkou je sievert za hodinu [Sv/h]. V praxi jde opět nejčastěji o [mSv/h] nebo [$\mu Sv/h$]. Potkáte se také se značením: HP(0), HP(10), HP(50) – čísla uvedená v závorce představují vzdálenost v cm, kde je dávkový příkon měřen.



Obrázek 15 Dávkový příkon

Čím je zdroj silnější, tím vyšší je i dávka, kterou čerpáte.

Kvíz 4:

- Jaká je aktivita, jestliže se během jedné sekundy rozpadlo 6 atomových jader?
- Jakou obdržíte dávku, jestliže se pohybujete 2 hodiny v prostředí, kde je dávkový příkon 1 mSv/h?

Kvíz 5:

- Přiřaď správně veličině jednotku:

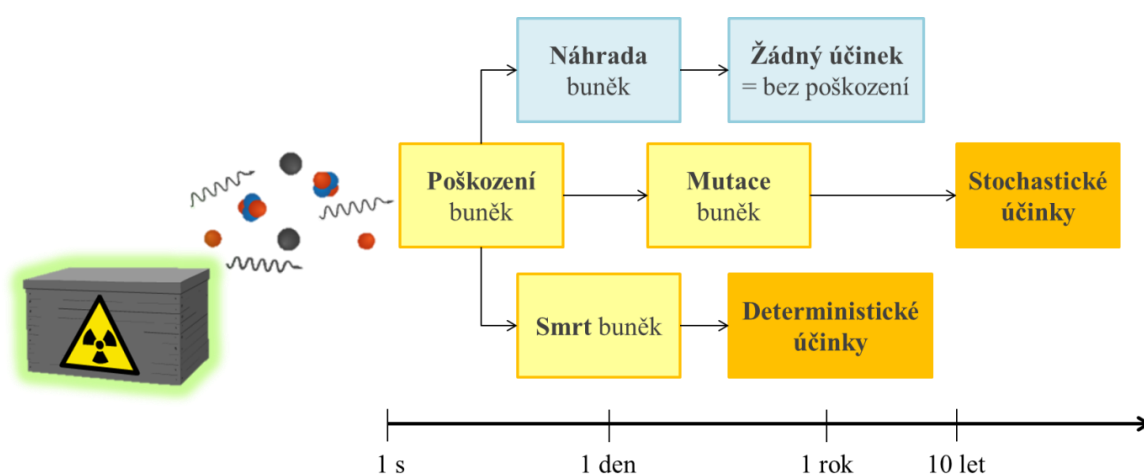
Bq/cm²		Aktivita
Sv/h		Plošná aktivita
Bq/m³		Objemová aktivita
Bq		Dávka
Sv		Dávkový příkon

8. Biologické účinky ionizujícího záření

Ionizující záření může negativně působit na zdraví lidí, způsobovat různé choroby a dokonce i smrt. Účinky IZ se dělí na deterministické a stochastické.

Veškerý živý materiál (tedy i celé lidské tělo) se skládá z buněk. Působením ionizujícího záření dochází k poškození buňky. V buňce může dojít následně ke třem procesům:

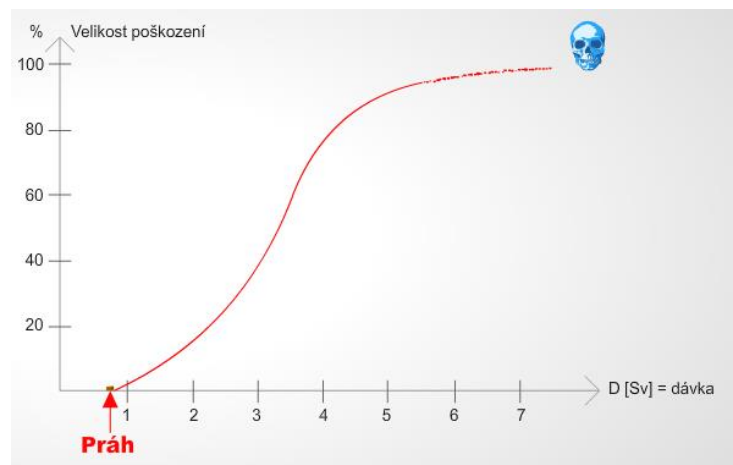
- může dojít k tomu, že buňka svými ochrannými reparačními mechanismy obnoví své poškozené části, anebo vzniknou úplně nové zdravé buňky. V tomto případě ionizující záření nemělo žádný účinek a tkáň zůstává bez poškození,
- může dojít k mutaci buněk a následně se mohou časem projevit stochastické účinky (např. onemocnění rakovinou),
- může dojít k úplnému usmrcení buněk, kdy se už tkáň nedokáže regenerovat a tvořit nové buňky. Pak se téměř okamžitě projeví deterministické účinky (např. v místě poškození dojde k zarudnutí pokožky).



Obrázek 16 Biologické účinky ionizujícího záření

8.1. Deterministické (určitelné) účinky IZ

Deterministické účinky jsou účinky projevující se od určité **prahové hodnoty dávky**. S **dávkou roste MÍRA poškození**, tzn., čím větší dávku člověk obdrží, tím větší je i poškození. Poškození se projevuje řádově ve dnech a na orgánu, který byl ozářen. V případě deterministických účinků lze jednoznačně určit, že poškození bylo způsobeno ionizujícím zářením.



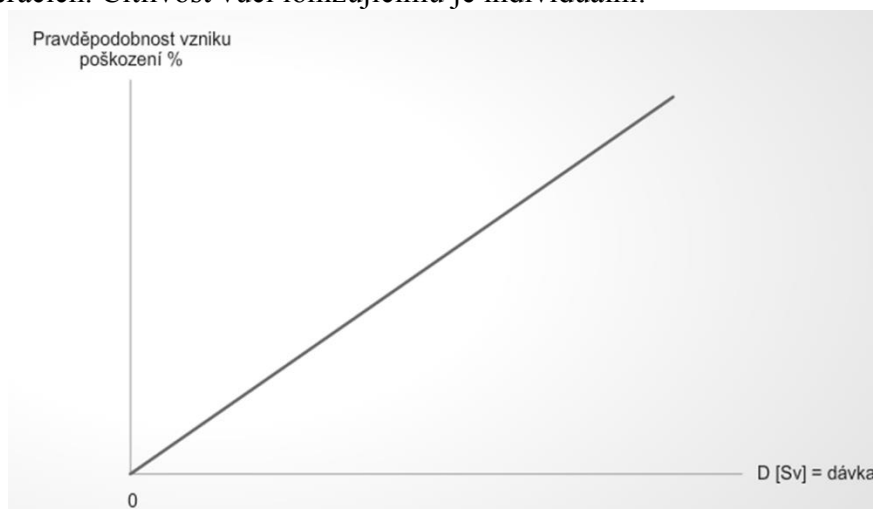
Obrázek 17 Deterministické účinky

Cílem radiační ochrany je zcela vyloučit deterministické účinky ionizujícího záření. K tomu slouží **limity ozáření**. Limity jsou hodnoty stanovené legislativou popř. vnitřní dokumentací firmy, které nesmí být přesáhnuty. V případě, že radiační pracovník vyčerpá limit, je mu vstup do KP zakázán.

- Roční limit ozáření pro obyvatelstvo z průmyslových zdrojů IZ: 1 mSv/rok.
- Roční limit pro radiační pracovníky: 20 mSv/rok.

8.2. Stochastické (nahodilé) účinky

U poškození nelze jednoznačně určit, že dané poškození vzniklo v důsledku působení ionizujícího záření. Časem (během celého života) narůstá dávka ze zdrojů ionizujícího záření. **S rostoucí dávkou roste PRAVDĚPODOBNOST vzniku poškození.** Poškození se může projevit s prodlením v řádu let a na jiném než ozářeném místě. Poškození se může projevit i v dalších generacích. Citlivost vůči ionizujícímu je individuální.



Obrázek 18 Stochastické účinky

U radiačních pracovníků rizika vzniku stochastických účinků optimalizujeme principem ALARA.

Kontrolní otázky:

- Jestliže jedinec obdrží velmi vysokou dávku IZ a mnoho let po té se u některého z jeho dětí projeví efekty, o jaké biologické účinky se jedná?
- Jaký je roční limit pro obyvatelstvo z průmyslových zdrojů IZ?
- Jaký je roční limit pro radiační pracovníky?

9. Ochrana před zevním ozářením – ALARA

Pokud je to možné snižujeme dávku na minimum pomocí nástrojů ALARA.

ALARA je princip optimalizace. Zkratka ALARA vychází z anglického *As Low As Reasonably Achievable*, což v překladu znamená - *tak nízko, jak je rozumným způsobem dosažitelné*.

Dávku se snažíme snižovat pomocí:

Času stráveného prací.

Vzdáleností od zdroje ionizujícího záření.

Stíněním ionizujícího záření.

9.1. Čas

Čím kratší dobu jsme v blízkosti zdroje ionizujícího záření, tím menší čerpáme dávku. Proto se při práci v blízkosti zdroje ionizujícího záření chováme následovně:

- Práci si předem nastudují a nacvičí. Musím si být jistý, kam jdu a co tam jdu dělat.
- Urychlí-li to průběh práce, pracujeme ve dvou a více lidech.
- Vystřídáme se s kolegy, snížíme tak dávku na jednotlivce.
- Pokud je to možné využíváme nástrojů a prostředků urychlujících práci (př. šroubovák versus vrtačka).

Jestliže se pracuje ve více lidech (popř. se střídá) je práce rychleji hotová, čas se sníží a tím pádem i dávka, kterou jednotliví pracovníci obdrží.

9.2. Vzdálenost

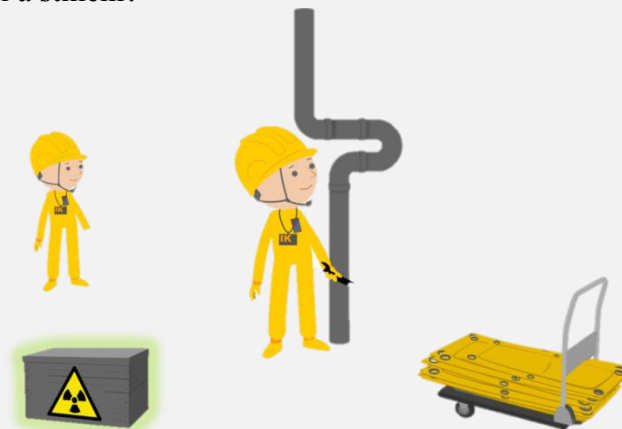
- Pracuji co nejdál od zdroje ionizujícího záření, jak je to možné.

9.3. Stínění

- Využíváme stínících prostředků, př. olověné rohože.
 - Umožňuje-li to druh práce či prostor, ve kterém pracuji, vykovávám tuto práci za něčím (př. zdí).

Kvíz 6:

- Jakým způsobem přesunete na pracovišti tři objekty tak, abyste snížili dávku pomocí času, vzdálenosti a stínění?



10. Podmínky vstupu do KP

V kontrolovaném pásmu ČEZ, a.s. může pracovat pouze radiační pracovník kategorie A.

Radiačním pracovníkem kategorie A se rozumí každá fyzická osoba vystavená profesnímu ozáření, která:

- je starší 18 let,
- je prokazatelně informovaná a poučená (nejméně jednou ročně formou školení vstupu do KP),
- je zdravotně způsobilá (nejméně jednou ročně lékařská prohlídka),
- absolvovala měření vnitřní kontaminace na pracovišti osobní dozimetrické kontroly (nejméně jednou ročně),
- má prokazatelně zajištěný soustavný dohled a zajištěnou radiační ochranu.

Těhotné a kojící ženy nesmí vstupovat do KP a mají povinnost změnu zdravotního stavu nahlásit svému zaměstnavateli a na oddělení osobní dozimetrické kontroly.



Obrázek 19 Radiační pracovníci

Kontrolní otázky:

- Smí v kontrolovaném pásmu pracovat zdravotně způsobilá osoba ve věku 17 let? Proč?
- Smí v kontrolovaném pásmu pracovat těhotná žena, která absolvovala školení vstupu do KP před méně než jedním rokem? Proč?
- Smí v kontrolovaném pásmu pracovat osoba ve věku 70 let, která není zdravotně způsobilá? Proč?
- Smí v kontrolovaném pásmu pracovat zdravotně způsobilá osoba ve věku 35 let, která absolvovala školení vstupu do KP před více než jedním rokem? Proč?

11. Základní pravidla chování v KP

V kontrolovaném pásmu je zapotřebí se chovat dle obecných bezpečnostních a hygienických pravidel. Je zde zapotřebí respektovat pravidla radiační ochrany a pokyny pracovníků radiační ochrany. Ze základních:

- Dozimetr a osobní ochranné prostředky používej pouze správným způsobem.
- Do KP nevnášejte nic, co nesouvisí s vaší prací.
- Vždy se seznamte s radiační situací.
- V KP nejezte, nepijte, nekuřte.
- Respektujte varovné symboly a značení.
- Využívejte ochranu časem, vzdáleností a stíněním.
- Oznamujte neoznačené úniky a kontaminace.
- Předměty vynášené z KP vždy správně přeměřte.
- V KP s e ničeho zbytečně nedotýkejte.

Dozimetr a osobní ochranné prostředky používej pouze správným způsobem.

V kontrolovaném pásmu ČEZ, a.s., je nutné používat **osobní ochranné prostředky** a **prostředky dozimetrické kontroly** ve správném rozsahu a správným způsobem.

Osobní ochranné prostředky používáme tak, aby zakrývali pokožku (popř. základní OOP) celým svým povrchem – dopnutá kombinéza, natažené rukávy a nohavice apod. Při nesprávném používání osobních ochranných prostředků hrozí **riziko kontaminace kůže**.

Základním prostředkem osobní dozimetrické kontroly je **elektronický osobní dozimetr**. Přihlášený elektronický osobní dozimetr se připíná na kombinézu na referenční místo (levá strana hrudi). Přihlášený dozimetr musí být připnutý po celou dobu pobytu v KP. Při nesprávném používání prostředků dozimetrické kontroly hrozí nesprávné **vyhodnocení ozáření pracovníků**.

Kvíz 7:

- Na obrázku najdi chyby v dodržování uvedeného pravidla a zdůvodni je.



Do kontrolovaného pásma nevnášíte nic, co nesouvisí s vaší prací.

Do kontrolovaného pásma ČEZ, a.s., nevnášíte nic, co nesouvisí s výkonem pracovní činnosti.

Předměty, které **mohou souviset** s pracovní činností, jsou například tužka a blok.

Předměty, které s prací **nesouvisí**, jsou například noviny, krabička cigaret, náramky a řetízky.

Brýle a jim podobné pomůcky se řadí mezi **předměty osobní potřeby**, které do kontrolovaného pásma vnášet smíme.

Kvíz 8:

- Které předměty na obrázku smí pracovníci vnášet do kontrolovaného pásma a které předměty nesmí vnášet do kontrolovaného pásma?

**Vždy se seznamte s radiační situací.**

Vždy je třeba seznámit se s aktuální radiační situací v místě práce. S aktuální radiační situací v místě práce je možné se seznámit u okénka CDRK nebo telefonicky kontaktovat obsluhu CDRK.



Obrázek 20 Seznámení se s aktuální radiační situací

V kontrolovaném pásmu nejezte, nepijte, nekuřte.

V kontrolovaném pásmu platí přísný zákaz kouření a konzumace potravin a nápojů vyjma prostorů k tomu určených – hrozí riziko vnitřní kontaminace.



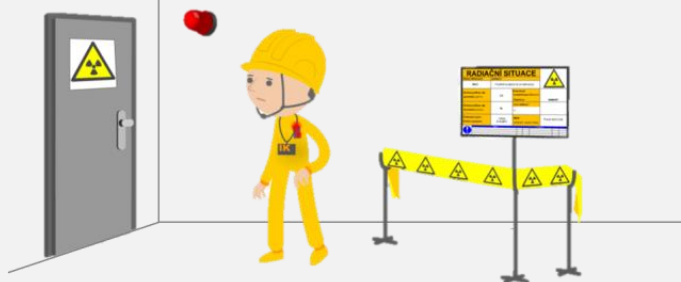
Obrázek 21 Zákaz konzumace potravin, jídla a kouření v KP

Respektujte varovné symboly a značení.

V kontrolovaném pásmu si vždy všimněte varovných symbolů a značení a respektujte je – hrozí riziko kontaminace nebo neplánovaného ozáření.

Kvíz 9:

- Na obrázku najdi 5 varovných symbolů či značení.



Využívejte ochranu časem, vzdáleností a stíněním.

Ochrana časem, vzdáleností a stíněním snižuje vaši dávku.

ČAS: Čím kratší dobu jste u zdroje, tím čerpáte menší dávku (využívejte nástroje a prostředky pro urychlení práce).

VZDÁLENOST: Kdykoli je to možné, zvyšte při práci odstup od zdroje IZ.

STÍNĚNÍ: Ke stínění se při práci blízko zdroje IZ používají např. olověné rohože.

Kvíz 10:

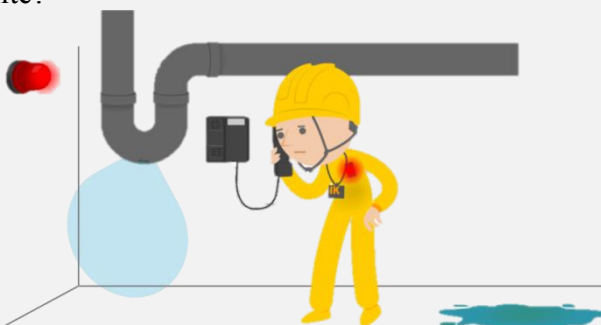
- Na pracovišti přemístěte tři objekty tak, abyste snížili dávku pomocí času, vzdálenosti a stínění.

**Oznamujte neoznačené úniky a kontaminace.**

Pokud se setkáte s neoznačeným únikem nebo kontaminací prostředí (ovzduší, podlahy i předmětů), neprodleně tuto skutečnost oznamte na **CDRK**.

Kvíz 11:

- Na obrázku najděte objekty, z nichž lze usuzovat na kontaminaci. Komu podezření na kontaminaci oznámíte?



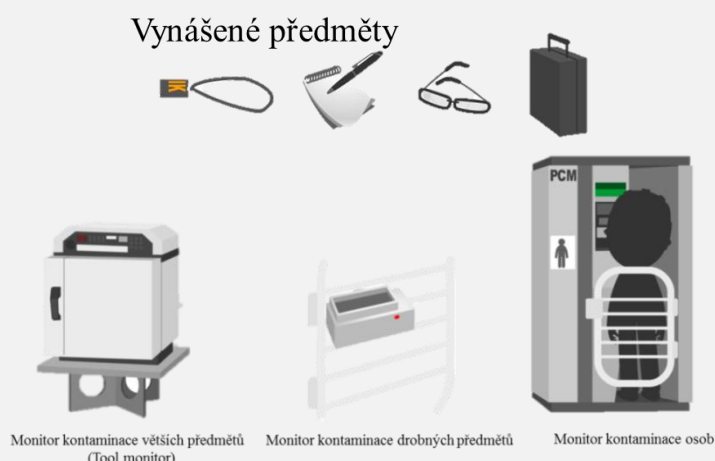
Předměty vynášené z kontrolovaného pásma vždy správně přeměříte.

Když opouštíte kontrolované pásmo, je třeba zkontrolovat veškeré vynášené předměty, zda nebyly kontaminovány. K tomu slouží monitory povrchové kontaminace větších (Tool monitor) a drobných předmětů (předmět nesmí přesahovat plochu monitoru).

Předměty osobní potřeby (př. brýle) a identifikační kartu se měří spolu s osobou v monitoru kontaminace osob.

Kvíz 12:

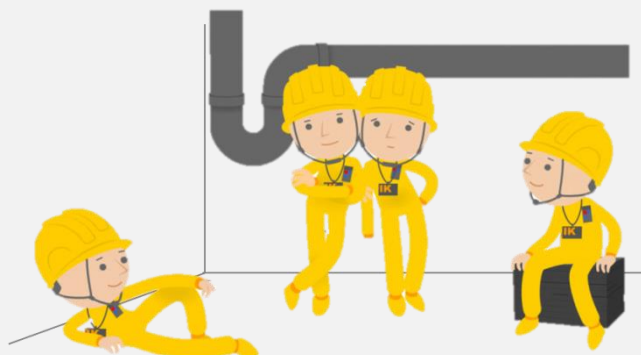
- Roztřídíte vynášené předměty do monitorů kontaminace tak, aby byly správným způsobem přeměřeny.

**V kontrolovaném pásmu se ničeho zbytečně nedotýkejte.**

Ničeho ani nikoho se v kontrolovaném pásmu nedotýkejte, pokud to není nezbytně nutné. Zbytečný kontakt s prostředím, objekty i lidmi v kontrolovaném pásmu může způsobit kontaminaci osoby.

Kvíz 13:

- Chovají se osoby na obrázku správně? Své tvrzení zdůvodni.



12. Základní vybavení pracovníka do KP

Při vstupu do KP musíte být vybaveni základními ochrannými prostředky, přihlášeným dozimetrem a identifikační kartou.

Základní ochranné prostředky se vydávají samoobslužně v hygienické smyčce, dozimetr je možné vyzvednout a přihlásit u CDRK.

Přilba žluté barvy
s podbradním řemínkem



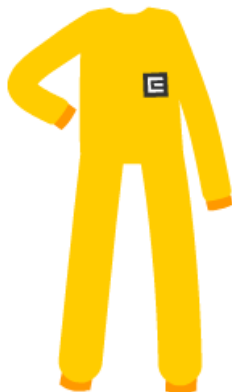
Nátělník žluté barvy



Identifikační karta a osobní elektronický dozimetr – nosit na referenčním místě (levá strana hrudi)



Pracovní oděv označený
nápisem KP a logem ČEZ
– žlutá **kombinéza** (u
speciálních profesí např. u
elektrikářů či svářečů jde o
zelenou kombinézu)



Spodní prádlo žluté barvy



Vlastní spodní prádlo – je
povoleno, avšak v případě
kontaminace a nutnosti
likvidace neposkytuje ČEZ
náhradu.



Ponožky žluté barvy



Obuv do KP



Vatový žlutý **kabát**



Kvíz 14:

- Který z následujících pracovníků používá osobní elektronický dozimetr?



13. Doplnkové OOP do KP

Připomeňme si také doplňkové OOP, které se přidělují v závislosti na radiační situaci. Výdej tohoto vybavení probíhá v okénku CDRK. OOP se musí používat nepoškozené a tak, aby celým svým povrchem zakrývaly pokožku, popř. základní OOP.

Při nasazování a snímání OOP si musíme počínat tak, abychom se nekontaminovali. Musíme se vyvarovat doteku holé kůže o vnější část použité OOP. V následujících tabulkách jsou názorné návody na vhodné používání OOP.

Nejčastěji používanými doplňkovými OOP jsou **rukavice**, a to rukavice textilní, rukavice proti radioaktivní kontaminaci a rukavice gumové (tenké). Textilní rukavice jsou určeny především pro preventivní ochranu před znečištěním radioaktivními látkami. Rukavice proti radioaktivní kontaminaci jsou určeny pro provádění údržby, kontrol a prací na zařízení JE, používají se ve vlhkém nebo mokřém prostředí, popř. pro práci na zařízení s vysokou úrovní kontaminace. Gumové (tenké) rukavice se používají ve vlhkém nebo mokřém prostředí.

Rukavice snímáme tak, že nejprve sejmeme jednu rukavici. Následně holou ruku vsuneme pod druhou rukavici a srolováním ji sejmeme.

Rukavice	Snímání				
textilní					
proti rad. kontaminaci (silné)					
gumové (tenké)					

Návleky na obuv chrání obuv, zvláště podrážky před znečištěním radioaktivními látkami. Návleky nasazujeme i snímáme v rukavicích, abychom zabránili kontaminaci rukou.

Návleky na obuv	Nasazování	Snímání
PVC 		

TYVEK		
--------------	---	---

Rukávník chrání předloktí a paže před znečištěním radioaktivními látkami. Používají se ve spojení s rukavicemi proti radioaktivní kontaminaci v případě potřeby ochrany rukou a předloktí a zabránění vniknutí kontaminace do rukavic.

Rukávník	Nasazování	
TYVEK		

Respirátor chrání dýchací cesty před vdechnutím radioaktivních aerosolů. Při použití respirátoru musíme dbát na to, aby nám správně těsnil. Těsnost ověříme tak, že při nádechu nám neproudí vzduch bokem respirátoru.

Při snímání respirátoru používáme rukavice, aby nedošlo ke kontaminaci holé kůže na rukou.

Respirátor			
	nasazování		
	snímání		

Ochranný oděv TYVEK chrání celé tělo kromě obličejové části hlavy před znečištěním radioaktivními látkami. Obvykle se používá ve spojení s respirátorem, popř. jinou ochranou dýchacích cest, a dalších doplňkových OOP.

Ochranný oděv TYVEK

	nasazování	1. Obléct textilní rukavice. 2. Nasadit respirátor. 3. Obléct ochranný oděv TYVEK 4. Nasadit návleky na obuv. 5. Nasadit přilbu. 6. Obléct rukavice proti radioaktivní kontaminaci. 7. Přelepít rukavice k ochrannému oděvu lepicí páskou.
	snímání	1. Odlepit lepicí pásku z rukavic. 2. Sejmout rukavice proti radioaktivní kontaminaci. 3. Sejmout použité textilní rukavice. 4. Nasadit čisté textilní rukavice. 5. Odložit přilbu. 6. Sejmout ochranný oděv. 7. Sejmout návleky z obuvi. 8. Sejmout respirátor. 9. Sejmout textilní rukavice. 10. Nasadit přilbu.

Kvíz 15:

- Odhalte chyby v používání doplňkových osobních ochranných pomůcek u následujících pracovníků.



KONEC KURZU

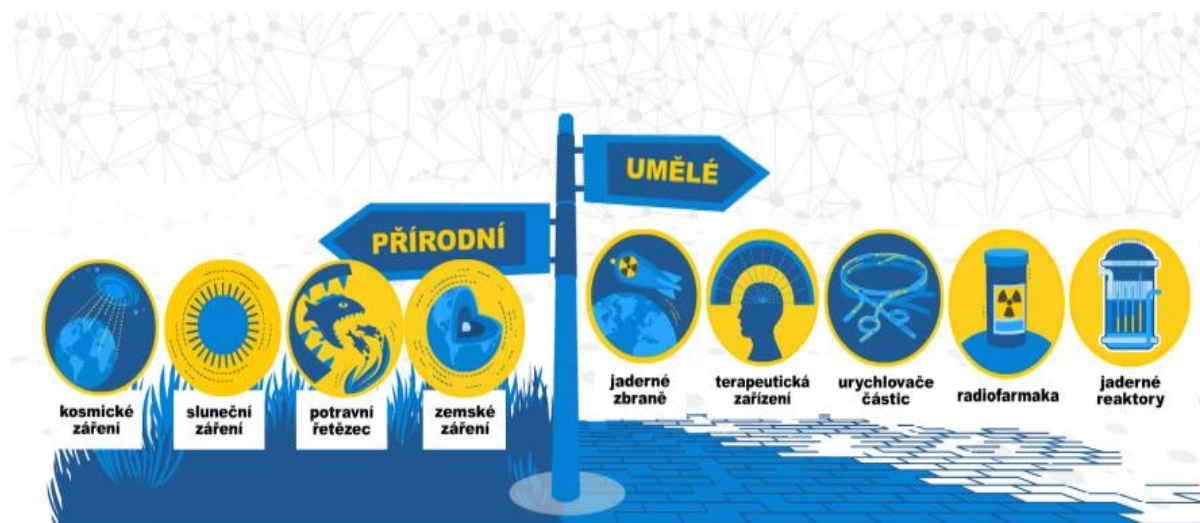
Děkujeme za projití kurzu Pravidla radiační ochrany.

SPRÁVNÉ ŘEŠENÍ KVÍZŮ:

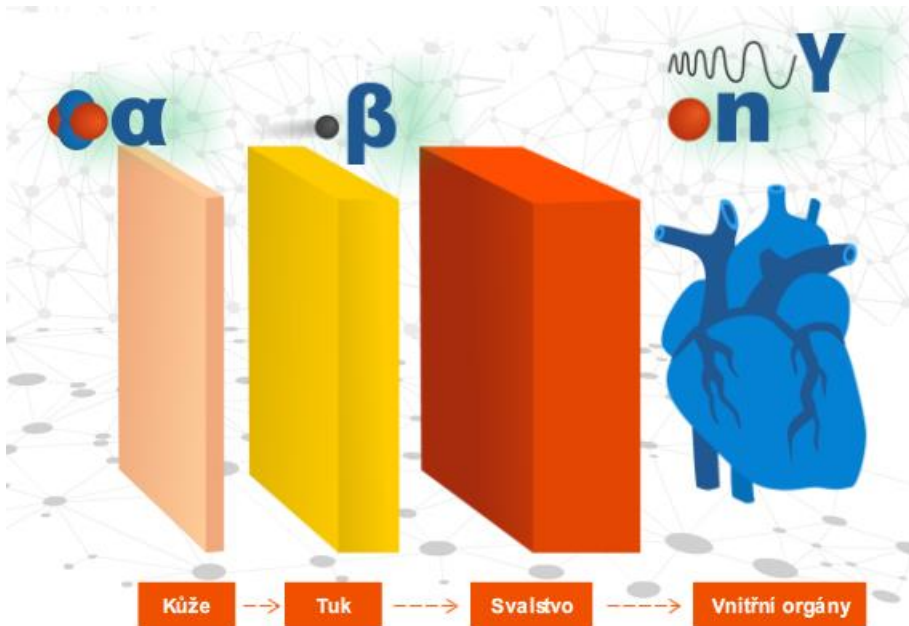
Kvíz 1

	Proton	Neutron	Elektron
Částice nemá elektrický náboj	☐	☒	☐
Částice má kladný elektrický náboj	☒	☐	☐
Částice má záporný elektrický náboj	☐	☐	☒
Částice obíhá kolem jádra	☐	☐	☒
Částice je součástí jádra <i>(více správných odpovědí)</i>	☒	☒	☐

Kvíz 2:



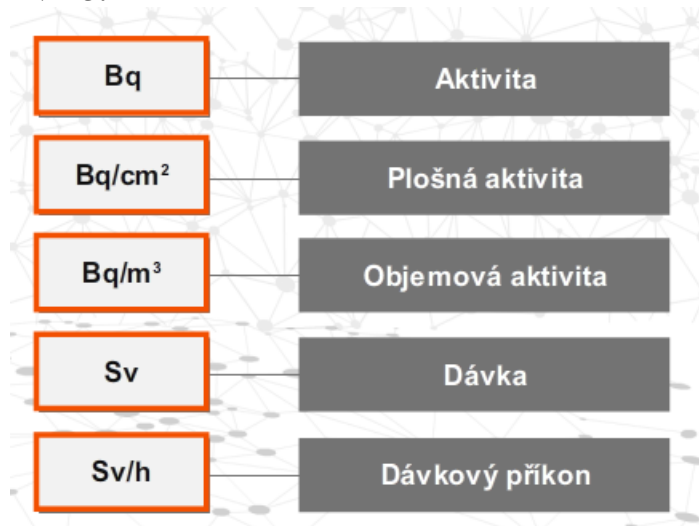
Kvíz 3:

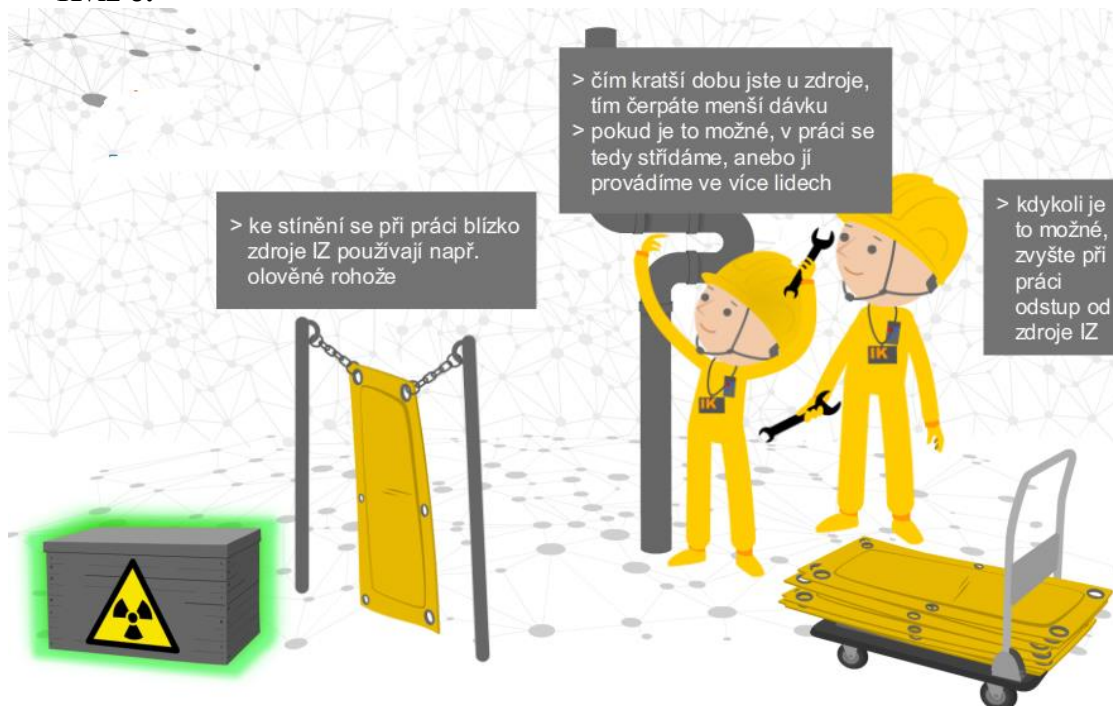
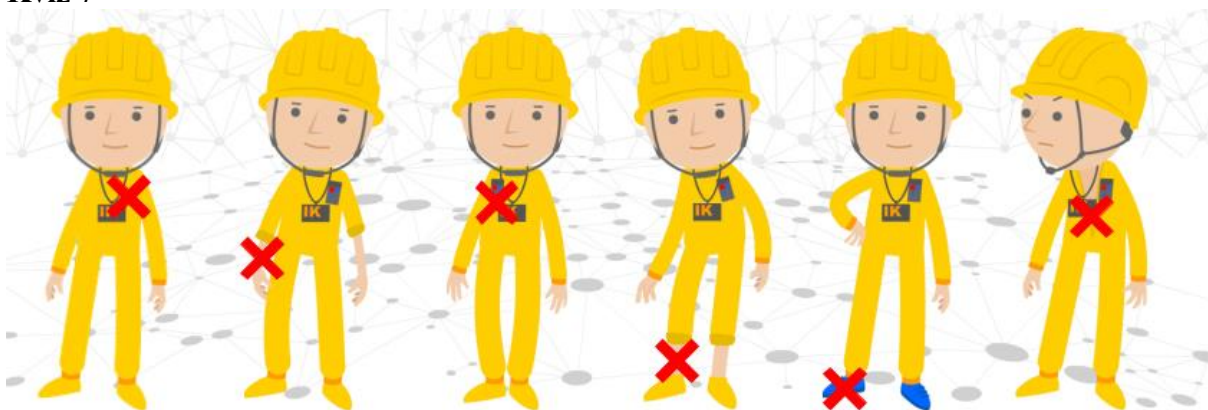


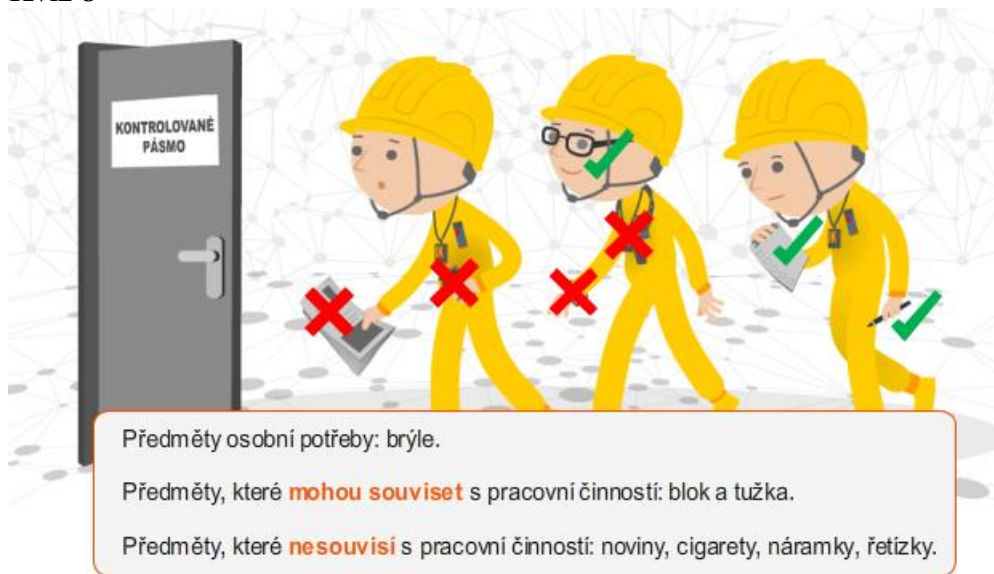
Kvíz 4:

- Jaká je aktivita, jestliže se během jedné sekundy rozpadlo 6 atomových jader?
6 Bq
- Jakou obdržíte dávku, jestliže se pohybujete 2 hodiny v prostředí, kde je dávkový příkon 1 mSv/h?
2 mSv

Kvíz 5:

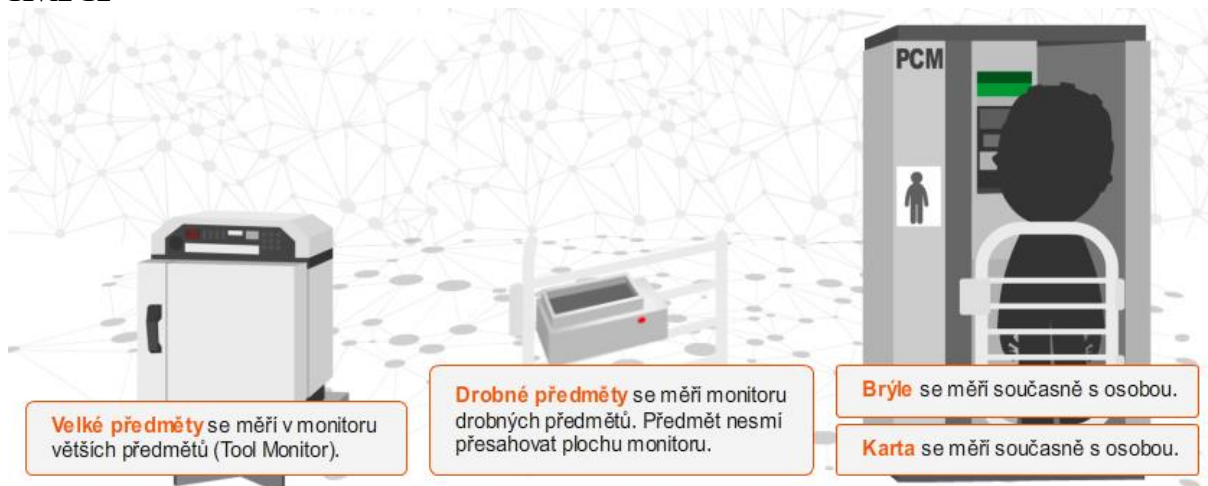


Kvíz 6:**Kvíz 7**

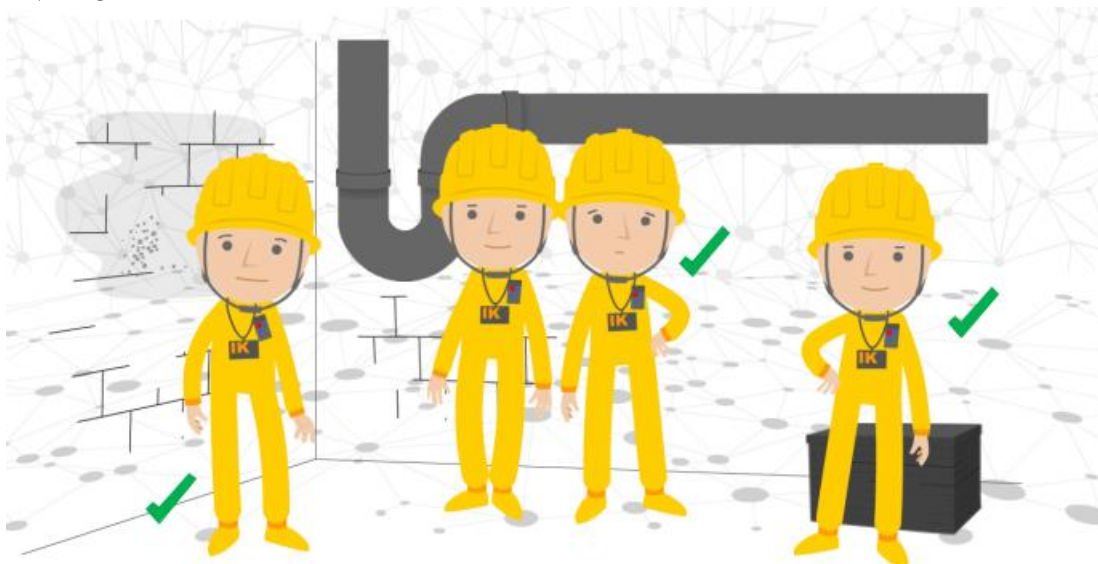
Kvíz 8**Kvíz 9**

Kvíz 10**Kvíz 11**

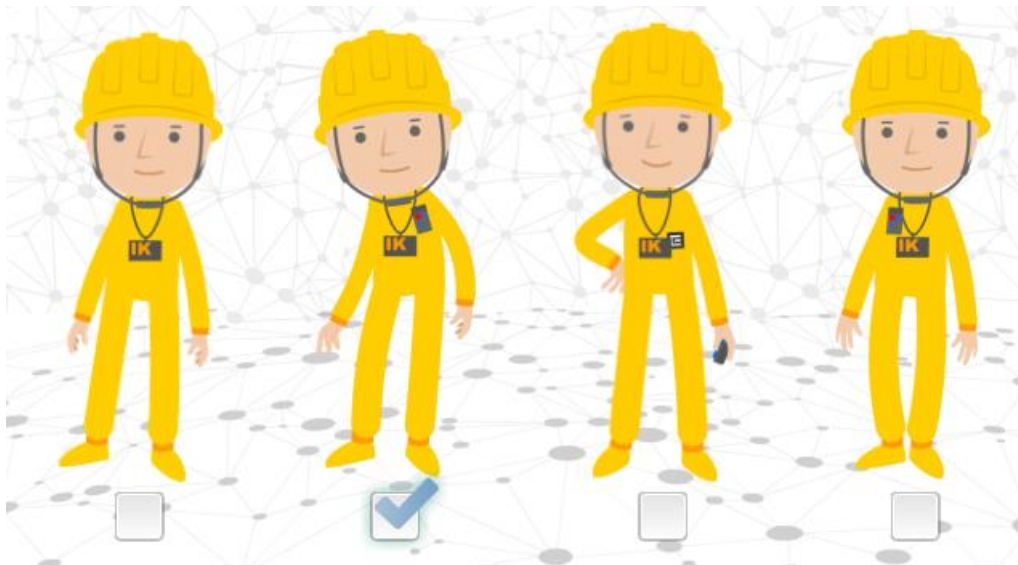
Kvíz 12



Kvíz 13



Kvíz 14





Kvíz 15

