



Radiační rizika a nemoc z ozáření

Úvod

- ▶ Atomy všech látek jsou tvořeny ze 3 druhů částic:
 - ▶ protony, neutrony, elektrony
 - ▶ protony + neutrony = jádro atomu (prakticky všechna hmotnost atomu)
 - ▶ elektrony = obíhají kolem jádra po kruhových drahách
- ▶ stabilní jádra
 - ▶ libovolně dlouho neměnná jádra (bez ohledu na změny kterým atom prochází)
- ▶ atomy jejichž jádra mají přebytek energie, nejsou v čase stabilní a samovolně se přeměňují nazýváme **radioaktivní**
- ▶ **nuklid**
 - ▶ látka, jejíž všechny atomy mají stejný počet protonů i stejný počet nukleonů
- ▶ **izotop**
 - ▶ nuklidy se stejným atomovým číslem, ale jiný počet neutronů (stejně chemické, ale jiné jaderné vlastnosti)

Radioaktivní látky

- ▶ **Radioaktivní látky:**
 - ▶ látky, které obsahují nestabilní izotopy prvků
 - ▶ jádra těchto prvků (**radionuklidy**) se přeměňují v jádra jiných izotopů a přitom vysílají (emitují) ionizující záření především ve formě:
 - ▶ částic alfa
 - ▶ částic beta
 - ▶ záření gama
 - ▶ neutronů
 - ▶ radioaktivita přirozená a radioaktivita uměle vytvořená člověkem

Částice alfa

▶ Částice alfa:

- ▶ prostá heliová jádra složená ze dvou protonů a dvou neutronů (kladný elektrický náboj)
- ▶ při interakci s atomy předávají část své energie elektronům, ty jsou převážně ionizovány (odloučí se od atomu za vzniku iontu, nebo excitují) přejdou do vyšší energetické hladiny a zpravidla se vrací do původního místa na orbitě za vyzáření části své energie pomocí fotonů
- ▶ emitované elektrony mohou předávat část své energie i dále a způsobit sekundárně další ionizaci
- ▶ vzhledem k husté interakci alfa části s elektrony **není jejich dolet velký:**
 - ▶ ve vzduchu několik mm, v pevných látkách zlomky mm

Částice beta

▶ Částice beta:

- ▶ vznikají při štěpení atomových jader
- ▶ mají záporný elektrický náboj
- ▶ stejně jako částice alfa mohou předávat svojí energii orbitálním elektronům
- ▶ dalším způsobem interakce beta části s hmotou je tzv. **brzdné záření**:
 - ▶ vzniká při nárazu beta částic do atomových jader
 - ▶ beta částice přitom předají část své energie a zpravidla se od jádra odrazí, atomová jádra pak svou přijatou energii vyzáří ve formě fotonu
- ▶ dolet: ve vzduchu až několik metrů, ve vodě až desítky mm, u těžších materiálu mm až centimetry

Gama záření

▶ **Gama záření:**

- ▶ je vyzařováno samotnými atomovými jádry
- ▶ má velmi malou vlnovou délku
- ▶ v elektrickém poli je neutrální (tzn. bez náboje, není možné jej elektricky nebo elektromagneticky vychylovat)
- ▶ vzhledem k nízké hustotě ionizace atomů má **velmi vysoký dolet** záření:
 - ▶ ve vzduchu několik set metrů
 - ▶ v kompaktních materiálech beton, zemina až desítky centimetrů

Neutrony

▶ Neutrony:

- ▶ Elektricky neutrální částice, stavební kameny atomových jader
- ▶ Ačkoliv neutrony interagují s orbitálními elektrony, důležitý je jejich účinek po nárazu do atomových jader, ty mohou neutron:
 - ▶ zcela pohltnit (záchyt neutronu)
 - ▶ provázen vznikem nestability jádra působící další radioaktivní rozpad, tento mechanismus vysvětluje vznik indukované radioaktivity, zejm. epicentrum jaderných výbuchů
 - ▶ odrazit jej v různých úhlech (emituje fotony = gama záření)
 - ▶ nebo dojde působením neutronu k rozštěpení jádra
 - ▶ vznikají dva nestabilní a různě velké fragmenty, které reagují s okolní hmotou
 - ▶ praktickou využitelnost mají velmi těžká jádra (Uran-235, Plutonium-239), při štěpení těchto jader jsou uvolňovány další 2 až 3 neutrony, které aktivně rozštěpí okolní atomy, následná tepelná energie je využívána k mírovým i vojenským účelům

Úvod pokračování

- ▶ **Hmotové (nukleonové) číslo:**

- ▶ udává počet stavebních částic (nukleonů) v jádru atomu

- ▶ **Poločas rozpadu:**

- ▶ časový údaj, který určuje dobu za kterou se rozpadne polovina všech jader daného radionuklidu
- ▶ jsou radionuklidy s poločasem rozpadu v řádu sekund, ale i nuklidy s poločasem několik tisíc let
- ▶ většina radionuklidů emituje beta a gama záření, Uran-235 a Plutonium-239 významné množství alfa částic

Úvod pokračování

▶ **Aktivita:**

- ▶ fyzikální veličina, která udává počet radioaktivních přeměn za sekundu
 - ▶ udává se v jednotkách – **Becquerel [Bq]**
 - ▶ $1 \text{ Bq} = 1 \text{ jaderná přeměna za } 1 \text{ s}$
 - ▶ míra aktivity se u radionuklidů liší
-
- ▶ komplexní úpravu otázek spojených s mírovým využíváním jaderné energie a ionizujícího záření obsahuje **Atomový zákon č. 263/2016 Sb.**

Úvod pokračování (důležité radiobiologické veličiny)

▶ Absorbovaná dávka

- ▶ vyjadřuje energii, která je absorbovaná jedním kilogramem hmotnosti terče (např. člověk)
- ▶ jednotkou je **Gray [Gy]**
- ▶ $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J na kilogram}$, tzn. pokud 80kg člověk absorbuje záření o velikosti 80 J, jde o ozáření rovné 1 Gy)

▶ Dávkový příkon

- ▶ vyjadřuje absorbovanou dávku za jednotku času (Gy za čas)

▶ Efektivní dávka

- ▶ určuje míru postižení organismu stochastickými účinkami
- ▶ jednotkou je **Sievert [SV]**, $1 \text{ SV} = 1 \text{ J na kilogram}$

Zdroje ionizujícího záření

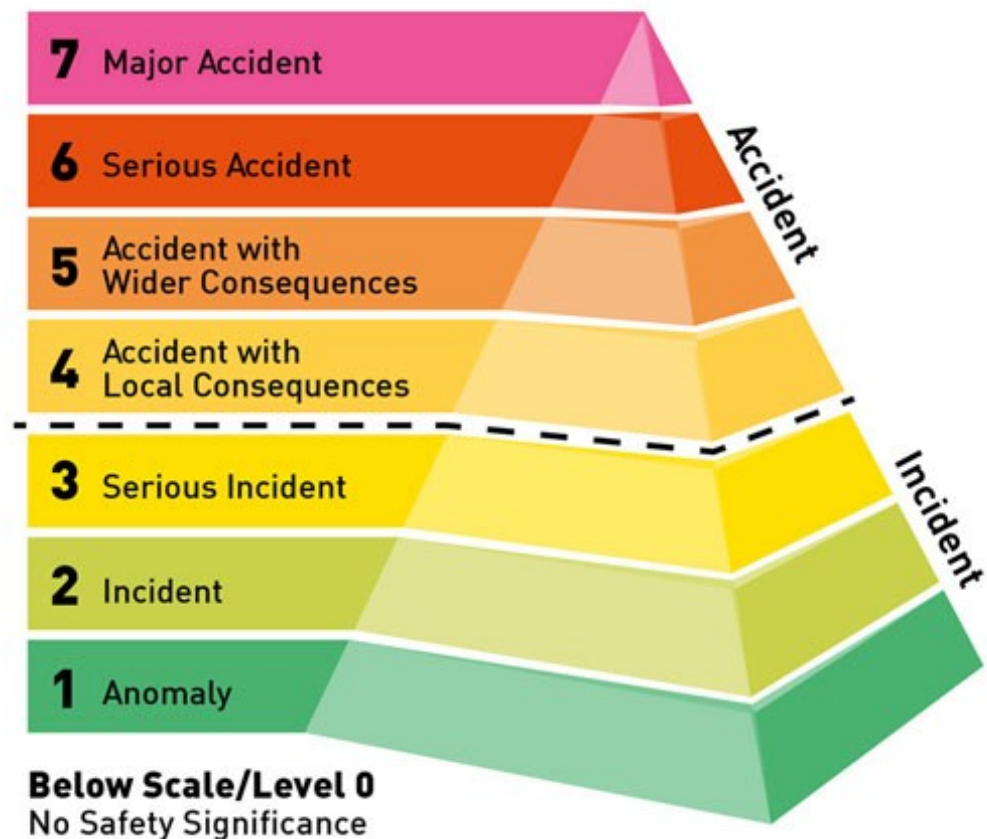
- ▶ přírodně se vyskytující radionuklidy, kosmické záření
- ▶ generátory, rtg přístroje
- ▶ cyklotrony (vysokofrekvenční urychlovač), monitory
- ▶ jaderné reaktory, jaderné zbraně
- ▶ obecně má jakákoliv část hmoty kolem nás nepatrné množství radionuklidů (de facto jsou zářiči)
- ▶ nebezpečné jsou určené radioaktivní látky, před kterými je třeba ochrany (de iure – podle práva)

Radiační nehoda a havárie

- ▶ riziko vzniku v dnešní době spíše minimální, nicméně pravděpodobnost stále existuje
- ▶ **Radiační nehoda:**
 - ▶ stav, při kterém jsou hodnoty expozic jsou vyšší než limitní
- ▶ **Radiační havárie:**
 - ▶ stav, při kterém dojde k úniku radioaktivních látek do životního prostředí a je nutné uplatnit významná opatření pro ochranu obyvatel
- ▶ škála událostí v jaderných zařízeních podle IAEA (International Atomic Energy Agency)

Škála událostí v jaderných zařízeních podle IAEA

The International Nuclear and Radiological Event Scale



Hodnotící stupeň	Popis typu události	Příklad
INES 1	Anomálie od schváleného režimu, ale se zbývající významnou hloubkovou ochranou. K tomu může dojít v důsledku poruchy zařízení, lidské chyby nebo nedostatků postupů a mohou nastat v jakékoliv oblasti, kterou stupnice pokrývá, například provoz jaderné elektrárny, transport radioaktivního materiálu, manipulace s jaderným palivem a skladování odpadů.	Mezi příklady patří: porušení technických podmínek nebo přepravních předpisů, nehody bez přímých důsledků, které odhalí nedostatky v organizačním systému nebo kultuře bezpečnosti, defekty v potrubí, menší než předpokládá kontrolní program.
INES 2	Nehoda s významným selháním bezpečnostních opatření, ale se zbývající dostatečnou hloubkovou ochranou k vypořádání se dodatečnými poruchami. To zahrnuje události, kde by skutečné události byly klasifikovány stupněm 1, ale odhalují významné dodatečné organizační nedostatky.	Mihama-2, jaderná elektrárna, Japonsko, 1991
	Událost, která vyústila v dávku pracovníkovi, překračující povolený roční limit nebo událost, která vede k přítomnosti významných množství radioaktivity uvnitř zařízení v prostorách, kde to projekt nepředpokládal, a které vyžadují nápravná opatření.	Pickering A-B, jaderná elektrárna, Kanada, 2003
INES 3	Únik radioaktivních materiálů do okolí s následkem dávky pro kritickou skupinu v řádu desetin milisievertů. Při takovém úniku nemusí být vnější ochranná opatření zapotřebí.	Vandellós, jaderná elektrárna, Španělsko, 1989
	Událost uvnitř zařízení s důsledkem takového ozáření zaměstnanců, že by způsobilo akutní zdravotní následky nebo událost s výsledkem těžkého rozšíření kontaminace, například několika tisíc TBq aktivity uvolněné v sekundárním kontejnmentu, kde lze materiál vrátit do vyhovujících skladovacích prostor.	Davis Besse-1, jaderná elektrárna, USA, 2002
	Nehoda, při níž by další porucha bezpečnostních systémů mohla vést k havarijním podmínkám, nebo situace, ve které by nebyly bezpečnostní systémy schopné zabránit havárii, pokud by nastaly určité iniciační události.	Paks, jaderná elektrárna, Maďarsko, 2002
INES 4	Únik radioaktivních materiálů do okolí s následkem dávky pro kritickou skupinu v řádu několika milisievertů. S takovým rozsahem úniku by pravděpodobně obecně nebyly spojovány žádné vnější ochranné zásahy s výjimkou místní kontroly potravin.	Windscale Pile, přepracovatelský závod, Velká Británie, 1973
	Významné poškození zařízení. Taková havárie může zahrnovat poškození vedoucí k velkým potížím uvnitř zařízení, jako je částečné tavení aktivní zóny v energetickém jaderném reaktoru a srovnatelné události v zařízeních bez reaktoru.	Saint Laurent, jaderná elektrárna, Francie, 1980
	Takové ozáření jednoho nebo více zaměstnanců, že je vysoká pravděpodobnost rychlého úmrtí.	Tokaimura, závod na výrobu paliva, Japonsko, 1999

INES 5	<p>Únik radioaktivních materiálů do okolí (s aktivitou stovek až tisíců TBq ¹³¹ I). Takový únik by pravděpodobně vyústil do částečného uplatnění protiopatření zahrnutých v místních havarijních plánech ke zmenšení pravděpodobnosti zdravotních následků.</p>	Windscale Pile, Velká Británie, 1957
	<p>Těžké poškození jaderného zařízení. Může to zahrnovat těžké poškození velké části aktivní zóny energetického reaktoru, velká havárie s kritičností, nebo velký požár či exploze uvolňující velké množství radioaktivity uvnitř zařízení.</p>	Three Mile Island, jaderná elektrárna, USA, 1979
INES 6	<p>Únik radioaktivních materiálů do okolí (s aktivitou tisíce až desítky tisíc TBq ¹³¹ I). Takový únik by pravděpodobně vyústil do plného uplatnění protiopatření zahrnutých v místních havarijních plánech ke zmenšení pravděpodobnosti zdravotních následků.</p>	Kyštym, přepracovatelský závod, SSSR (nyní v Ruské Federaci), 1957
INES 7	<p>Únik značné části radioaktivních materiálů z velkého zařízení (například z aktivní zóny energetického reaktoru) do okolí. Typicky obsahující směs radioaktivních štěpných produktů s dlouhými i krátkými poločasy rozpadu (s aktivitou přesahující desítky tisíc TBq ¹³¹ I). Takový únik by vyústil do možnosti akutních zdravotních účinků; zpožděné zdravotní účinky v rozsáhlé oblasti s možností zasažení více než jedné země; dlouhodobé důsledky pro životní prostředí.</p>	Černobyl, jaderná elektrárna, SSSR (nyní Ukrajina), 1986 Fukušima Daiiči, jaderná elektrárna, Japonsko, 2011

Úložiště radioaktivního odpadu (ÚRAO)

▶ **Úložiště RAO (ÚRAO)**

- ▶ je prostor, objekt nebo zařízení na povrchu nebo v podzemí sloužící k ukládání radioaktivního odpadu

▶ **ÚRAO Dukovany**

- ▶ bylo vybudováno v areálu JE Dukovany pro ukládání upraveného RAO z jaderné energetiky, případnému úniku radionuklidů do biosféry zabraňuje soustava bariér s dlouhodobou životností

▶ **ÚRAO Richard**

- ▶ bylo vybudováno v komplexu bývalého vápencového dolu (v podzemí vrchu Bídnice - 70 m pod povrchem – nedaleko Litoměřic)

Úložiště radioaktivního odpadu (ÚRAO)

- ▶ **ÚRAO Bratrství**

- ▶ vzniklo adaptací těžní štoly bývalého uranového dolu, Jáchymov

- ▶ **ÚRAO Hostím** bylo vybudováno ve vápencovém lomu poblíž vesnice Hostím

- ▶ v ČR předpokládá vybudování **hlubinného úložiště (HÚ)**

- ▶ program jeho vývoje byl zahájen již v roce 1992
 - ▶ budoucí HÚ přijme všechny RAO, který nelze uložit do přípovrchových úložišť
 - ▶ zahájení provozu HÚ se předpokládá kolem roku 2065

Cesta za jadernou zbraní

- ▶ r.1895 – W.C. Röntgen – objev rentgenového záření, paprsky X
- ▶ r.1896 – H. Becquerel – objev radioaktivity uranu
- ▶ r. 1897 – J.J. Thomson – objev náboje elektronu
- ▶ r. 1898 – P. a M. Curie, G. Bémont – radium a polonium
- ▶ r. 1900 – E. Rutherford, F. Soddy – objev radonu
- ▶ r. 1902 – E. Rutherford, F. Soddy – teorie radioaktivního rozpadu
- ▶ r. 1919 – E. Rutherford – štěpení atomových jader
- ▶ r. r.1933 – F. a I. Joliot-Curie – objev umělé radioaktivity

Cesta za jadernou zbraní

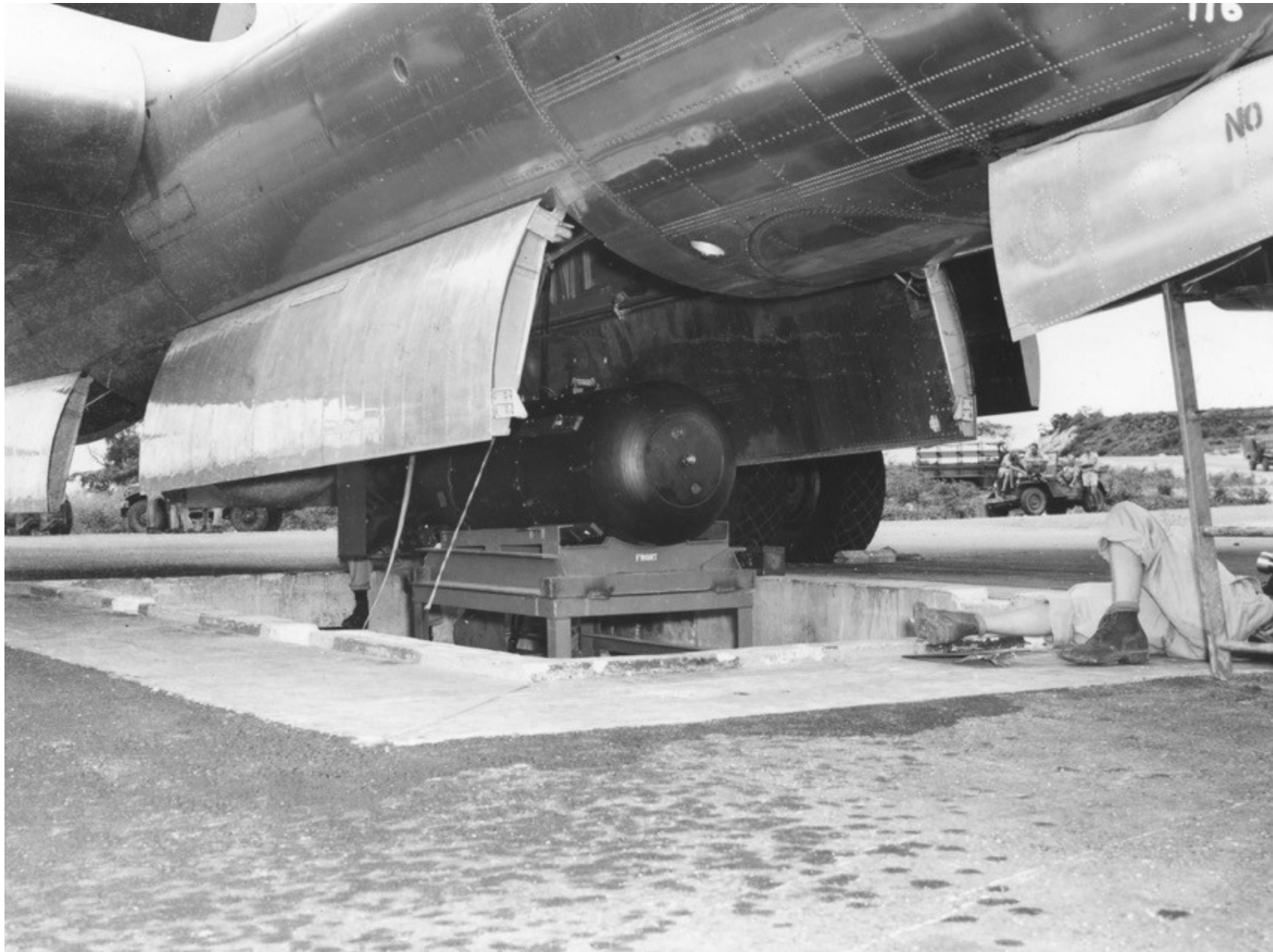
- ▶ r. 1934 – J. Chadwick – objev neutronu
- ▶ r. 1934 – E. Fermi – první umělé štěpen uranu
- ▶ r. 1939 – L. Meitnerová – objev možnosti jaderné řetězové štěpné reakce
- ▶ r. 1942 , USA, ženiijní útvar Manhattan District (práce označeny jako vývoj náhradních materiálů)
- ▶ r. 1942 – E. Fermi – Chicagská univerzita, uskutečnil jadernou řetězovou reakci
- ▶ 16.7.1945 – USA, Nové Mexiko, úspěšný test Trinity (první jaderný test)

Japonsko

- ▶ pro bombardování Japonska bylo určeno 5 cílů:
 - ▶ Kókura, Hirošima, Nagasaki, Niigata a Kjóto (Kjóto později vyřazeno pro množství kulturních památek)
 - ▶ velká města vynechána (poničena dřívějšími nálety, efekt nové zbraně by nebyl dostatečný)

Hirošima

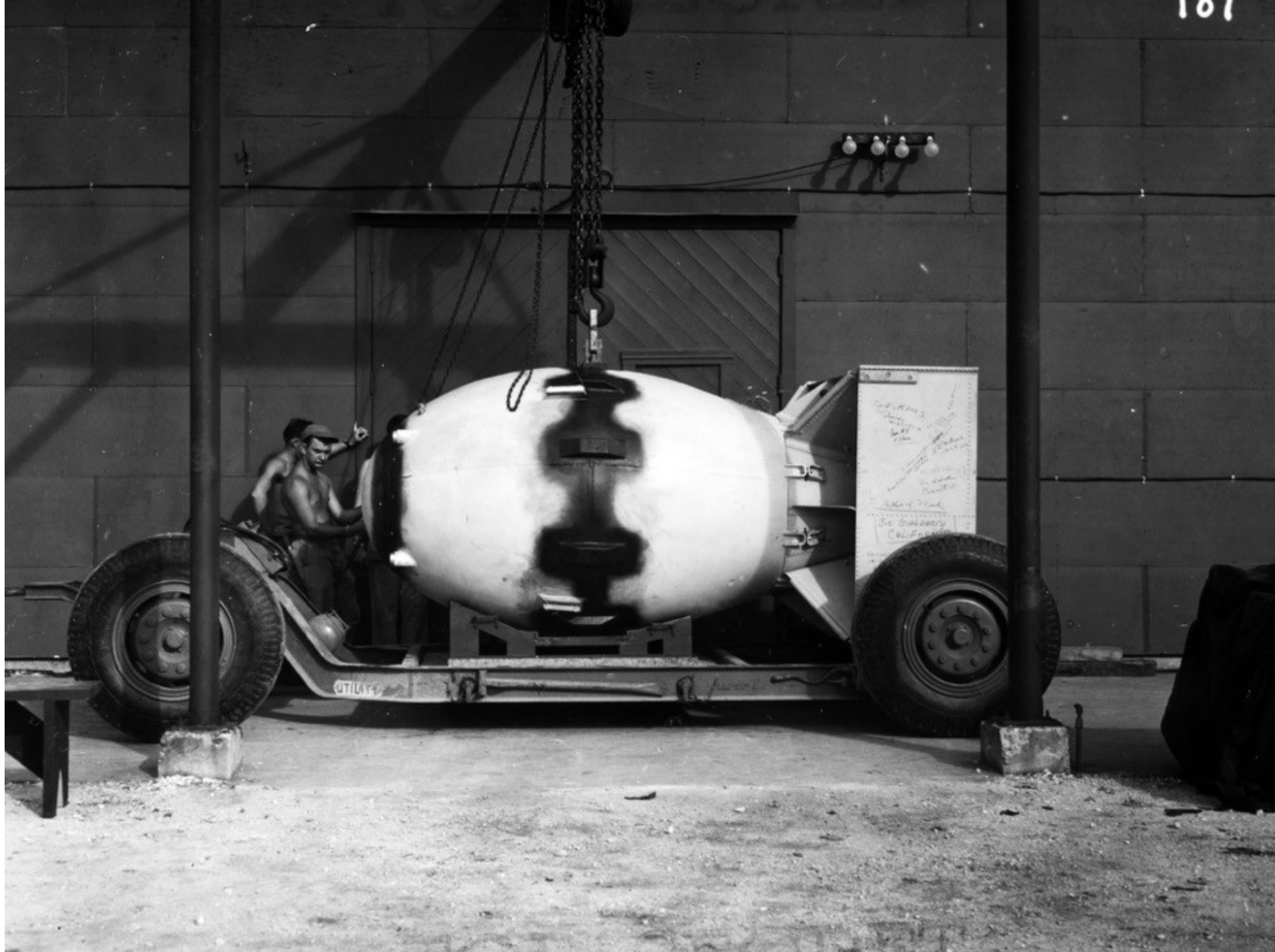
- ▶ 6.8.1945 byla svržena puma **LITTLE BOY**
 - ▶ ve výšce 900 m byla zapojena roznětka a kolem výšky 600 m došlo k záblesku a vzniku ohnivé koule
 - ▶ podle amerických údajů:
 - ▶ naráz zahynulo (stalo se neznámých) 70 000 lidí a dalších 70 000 bylo zraněno
 - ▶ stavby zcela zničeny na ploše 12 km²
 - ▶ podle japonských údajů:
 - ▶ okamžité ztráty 140 000 lidí, další desetitisíce na pozdní následky
 - ▶ 70 000 zničených domů





Nagasaki

- ▶ 9.8.1945 byla svržena puma **FAT MAN**
- ▶ jako primární cíl byla určena Kókura, ale pro potíže s viditelností nad Kókurou byla puma svržena na náhradní cíl – Nagasaki
- ▶ vzhledem k umístění (kopcovitý terén) a velikosti Nagasaki
 - ▶ nižší ztráty než v Hirošimě
 - ▶ podle USA: 36 000 mrtvých a nezvěstných, 40 000 zraněných, zničená městská zóna 5,8 km²
 - ▶ podle Japonska: 72 000 obětí, 18 000 zničených domů





Jaderné zbraně - typy

▶ Štěpné zbraně

- ▶ klasické atomové pumy, štěpná (řetězová) reakce těžkých kovů jader
- ▶ ostřelováním jádra radionuklidu Uranu-235 primárním neutronem vnikne tato částice do jádra, které je nestabilní a rozpadne se na dvě zhruba stejně velké jádra, přičemž se z něj uvolní 1 až 3 další neutrony.
- ▶ v dostatečném množství čistého Uranu-235 pak může každý sekundární neutron vyvolat štěpení dalších jader, které vždy uvolní další neutrony, toto štěpení je doprovázeno velkým množstvím energie

▶ Termojaderné zbraně

- ▶ uvolňují energii opačným procesem než štěpení, proces spočívá na vzniku těžších jader z lehčích, jediným použitým prvkem byl zatím vodík (deuterium, tritium)

Jaderné zbraně - typy

- ▶ **Třífázová jaderná nálož (F-F-F, fission-fusion-fission)**
 - ▶ uvolňuje energii ve třech fázích, první je štěpení v roznětce, druhá termojaderná reakce, třetí následné štěpení
- ▶ další modifikované typy:
 - ▶ štěpná se zvýšeným účinkem
 - ▶ štěpná se zvýšenou radioaktivní kontaminací
- ▶ jaderná nálož se zvýšeným tokem neutronů
- ▶ jaderná zbraň s intenzivním elektromagnetickým impulsem (EMP)

Jaderné zbraně - účinky

- ▶ **Podle typu výbuchu:**
 - ▶ vzdušný (vysoký, nízký)
 - ▶ pozemní
 - ▶ hladinový
 - ▶ podzemní
 - ▶ podhladinový

Jaderné zbraně - účinky

▶ **Primární účinky**

- ▶ vzdušná tlaková vlna
- ▶ rázová vlna a seizmické účinky
- ▶ ionizující záření (pronikavá radiace)
- ▶ světelné (tepelné) záření
- ▶ elektromagnetický impuls

Jaderné zbraně - účinky

- ▶ **Sekundární účinky**
 - ▶ radioaktivní kontaminace
 - ▶ zničení infrastruktury
 - ▶ požáry

Jaderné zbraně - dnes

- ▶ USA
- ▶ Rusko
- ▶ Izrael
- ▶ Čína
- ▶ Indie
- ▶ Velká Británie
- ▶ Francie
- ▶ Pákistán
- ▶ Severní Korea

Zamezení vzniku MU

- ▶ každé pracoviště, kde se manipuluje se zdroji ionizujícího záření, musí mít připraveny plány činnosti při vzniku radiační události, plány obsahují základní principy činnosti:
 - ▶ zamezení vzniku radiační události
 - ▶ zamezení šíření kontaminace
 - ▶ opětovné převedení zdroje záření pod kontrolu
 - ▶ evakuace nebo ukrytí zaměstnanců
 - ▶ nahlášení události kompetentním orgánům

Radiační mimořádná událost

- ▶ pro potřeby IZS – typová činnost STČ-01 / IZS (Špinavá bomba)
- ▶ odlišný postup oproti jiným nehodám a haváriím
- ▶ jednotky požární ochrany vytvářejí **předběžnou ochranou zónu** (nejméně 50 m od zdroje ionizujícího záření)
 - ▶ v této zóně dochází k průzkumu a měření dávkového příkonu ionizujícího záření a aktivity zářiče
 - ▶ členové ZZS se v předběžné ochranné zóně nesmí pohybovat (vyčkat na návětrné straně)
 - ▶ v případě, že členové ZZS budou na místě MU první a dojde k jejich kontaminaci, poté musí projít dozimetrickou kontrolou a dekontaminací

Radiační mimořádná událost

- ▶ při dalším průzkumu je **stanovena hranice nebezpečné zóny** (dávkový příkon 1 mSv/h)
 - ▶ potenciální ohrožení zasahujících osob
 - ▶ v zóně pracují pouze jednotky požární ochrany (dle metodiky bojového řádu)
 - ▶ výjezdové skupin ZZS zde nepracují za žádných okolností (nemají vybavení, výcvik, došlo by k jejich ohrožení)
 - ▶ třídění (START) provádějí zasahující jednotky požární ochrany

Radiační mimořádná událost

- ▶ kolem nebezpečné zóny je stanoveno **místo kontrolovaného vstupu do nebezpečné zóny** (dávkový příkon 0,1 – 1 mSv/h) a **nástupní prostor složek IZS** (jeho zevní hranice má dávkový příkon 0,1 mSv/h)
- ▶ v rámci dalšího průzkumu a měření je ve spolupráci s PČR vytvořena hranice **vnější zóny** (dávkový příkon 30 μ Sv/h a méně)

Radiační mimořádná událost

- ▶ po stanovení zón je velitelem zásahu určeno **stanoviště pro dekontaminaci zasažených osob**
- ▶ velitel zásahu společně s vedoucím zdravotnické složky určí **stanoviště PNP** (třídění a ošetřování)
 - ▶ musí být umístěno vně nebezpečné zóny na návětrné straně
 - ▶ dávkový příkon 30 $\mu\text{Sv/h}$ a méně
 - ▶ za provoz zodpovídá vedoucí zdravotnické složky

Kontaminace radioaktivními látkami

▶ **Zevní (povrchová)**

- ▶ znečištění nekrytého tělesného povrchu, kůže a sliznic radionuklidy z různých zdrojů

▶ **Vnitřní**

- ▶ vzniká při:
 - ▶ vdechnutí (inhalace)
 - ▶ požitím kontaminované vody a potravy (ingesce)
 - ▶ vstřebáváním z poraněné nebo intaktní (neporušené) kůže nebo sliznic

Dekontaminace

- ▶ provádí se na stanovišti dekontaminace
- ▶ dekontaminace úst
 - ▶ zubní kartáček + kloktání kyselého roztoku (3% roztok kyseliny citrónové)
- ▶ dekontaminace hltanu
 - ▶ kloktání naředěného roztoku peroxidu vodíku (3%)
- ▶ dekontaminace dutiny nosní
 - ▶ výplach vodou nebo fyziologickým roztokem

Dekontaminace

- ▶ dekontaminace očí
 - ▶ výplach vodou nebo fyziologickým roztokem
 - ▶ od vnitřního k vnějšímu koutku (zabránit kontaminaci slzného kanálku)
- ▶ vnější část oděvu se odkládá do předem určených nádob
- ▶ následně se provádí dozimetrická kontrola
 - ▶ pokud je hodnota nad 10 Bq/cm² je nutné sundat i zbytek oblečení a provést osprchování a omytí mýdlem a osušení
 - ▶ u nechodících osob je dekontaminace provedena pomocí mulů namočených ve fyziologickém roztoku

Dekontaminace

- ▶ pozor na otevřené rány a popáleniny
 - ▶ jako prevence infekce používat sterilní muly
- ▶ pokud jsou naměřené hodnoty i po omytí nadlimitní, je nutné uvažovat o vnitřní kontaminaci
- ▶ ošetření těžce poraněného (provedení život zachraňujících úkonů) pacienta má přednost před celkovou dekontaminací
- ▶ dekontaminaci a zajištění likvidace oděvů a kontaminované vody zajišťuje HZS ve spolupráci s SÚJB

Činnost ZZS při RMU – STČ 01 / IZS

- ▶ upřesnění tísňového volání zdravotnickému operačnímu středisku vedoucím první výjezdové skupiny z pohledu rozsahu, typu a závažnosti zdravotnických následků.
- ▶ provedení orientačního zdravotnického průzkumu místa události
- ▶ projednání prvotních požadavků pro zajištění činnosti ZZS v místě zásahu s velitelem zásahu včetně použití osobních ochranných prostředků a dozimetrů
- ▶ poskytování PNP
- ▶ přebírání dekontaminovaných pacientů probíhá zásadně na předem určeném místě blízko hranice nebezpečné zóny

Činnost ZZS při RMU

- ▶ třídění postižených osob pro stanovení pořadí pro poskytnutí PNP
- ▶ směrování pacientů k poskytovateli akutní lůžkové péče nebo do středisek specializované zdravotní péče pro ozářené osoby při radiačních nehodách
- ▶ další činnosti dle traumatologického plánu ZZS, pokud byl aktivován zdravotnickým operačním střediskem
- ▶ stanovení případné spolupráce s dalšími poskytovateli ZZS
- ▶ součinnost s dalšími základními složkami IZS a ostatními složkami IZS prostřednictvím operačních a informačních středisek složek IZS
- ▶ poskytnutí informací PČR o pacientech zemřelých během transportu do cílového zdravotnického zařízení

Činnost ZOS při RMU

- ▶ zajištění vedení zdravotnické části zásahu osobou zodpovědnou za splnění úkolů ZZS, která se v případě potřeby stává členem štábu velitele zásahu
- ▶ na základě orientačního zdravotnického průzkumu aktivace traumatologického plánu ZZS, pokud událost vykazuje prvky mimořádné události s hromadným postižením osob
- ▶ povolání záložních sil podle traumatologického plánu ZZS
- ▶ informování středisek specializované zdravotní péče pro ozářené osoby při radiačních nehodách o možnosti přijetí pacientů
- ▶ informování kontaktních míst poskytovatelů akutní lůžkové péče
- ▶ vyžádání informací z místa zásahu o možnosti vhodného místa pro přistání vrtulníku s ohledem na zabránění rozšiřování radioaktivních látek

Činnosti a úkoly vedoucího zdravotnické složky při RMU

- ▶ ihned po příjezdu kontaktuje velitele zásahu, kterému ohlašuje dostupné síly a prostředky ZZS
- ▶ společně s vedoucím odsunu jako jediný komunikuje se zdravotnickým operačním střediskem ZZS
- ▶ ve spolupráci s velitelem zásahu rozhodne o určení místa pro poskytnutí PNP, které bude organizováno v rámci třídících skupin, skupin přednemocniční neodkladné péče a skupiny odsunu, včetně určení jejich stanovišť
- ▶ určí vedoucího odsunu a vedoucího lékaře, který je současně vedoucím skupiny třídění, skupiny PNP

Činnosti a úkoly vedoucího zdravotnické složky při RMU

- ▶ stanoví úkoly osobám začleněným do zdravotnické složky k plnění úkolů ve skupinách na stanovištích (třídění, PNP a odsunu)
- ▶ rozhodne společně s velitelem zásahu o podmínkách pro zajištění bezpečnosti postižených osob a zasahujících členů zdravotnické složky
- ▶ pokud je pro zajištění činnosti členů zdravotnické složky nezbytné doplnit materiál a jeho dopravu do místa mimořádné události prostřednictvím ZOS ZZS
- ▶ posuzuje rozsah další nutné pomoci z jiných krajů, eventuálně další dosažitelné pomoci

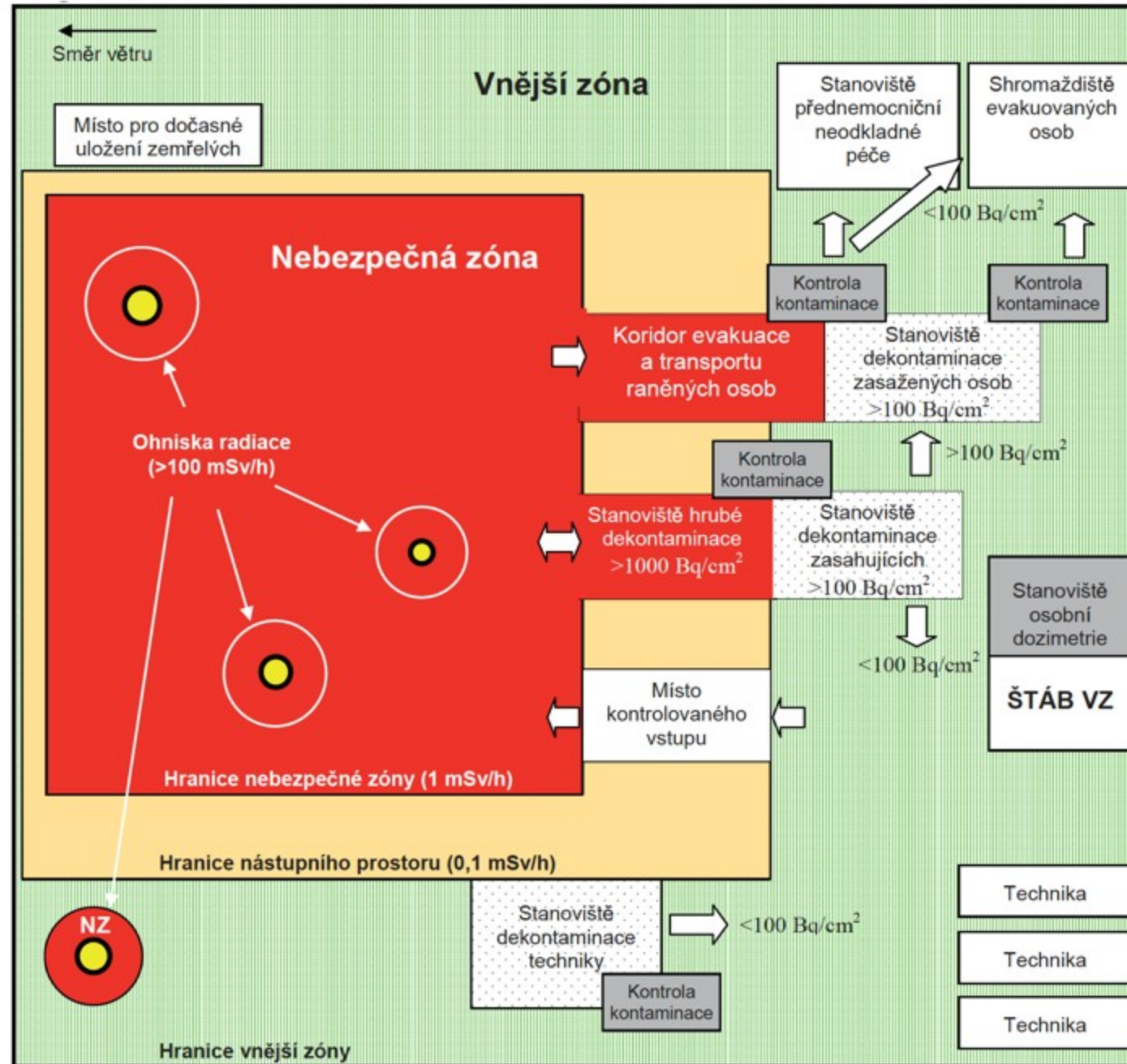
Činnosti a úkoly vedoucího zdravotnické složky při RMU

- ▶ zajistí přítomnost zdravotnického pracovníka na dekontaminačním stanovišti pro případ určení způsobu dekontaminace postižených osob (individuálně podle charakteru poranění osoby)
- ▶ společně s velitelem zásahu stanovuje stupeň ochrany a použití OOPP
- ▶ zajistí doprovod zdravotnickým pracovníkem pro osoby přepravované smluvními dopravními prostředky pro hromadný odsun postižených osob nevyžadujících v době přepravy poskytování PNP

ZZS - OOPP

- ▶ Obličejová maska s ochranným filtrem nebo kombinace ochranných brýlí a filtrační polomasky s úrovní ochrany FFP3
- ▶ holinky nebo dobře omyvatelná pracovní obuv
- ▶ dvoje ochranné rukavice (chirurgické)
- ▶ ochranný oděv s kapucí

Organizace místa zásahu



M	MAJOR INCIDENT	Has a major incident or standby been declared? (Yes / No - if no, then complete ETHANE message)
E	EXACT LOCATION	What is the exact location or geographical area of the incident?
T	TYPE OF INCIDENT	What kind of incident is it?
H	HAZARDS	What hazards or potential hazards can be identified?
A	ACCESS	What are the best routes for access and egress?
N	NUMBER OF CASUALTIES	How many casualties are there, and what condition are they in?
E	EMERGENCY SERVICES	Which and how many, emergency responder assets/personnel are required or are already on-scene?

Střediska specializované zdravotní péče pro ozářené osoby při radiačních nehodách

Poskytovatelé zdravotních služeb	Rozsah poskytované zdravotní péče	Počet lůžek
Fakultní nemocnice Královské Vinohrady SSZP při Klinice popáleninové medicíny Šrobárova 50, Praha 10	<ul style="list-style-type: none"> • příjem a léčení ozářených osob s lokálními kožními projevy vyvolanými ionizujícím zářením • chirurgické ošetření lokálního depozitu radionuklidu a kontaminovaných poranění • ošetření pozdních lokálních následků akutního ozáření 	<p style="text-align: center;">15</p> Pozn. Doba, po kterou je zaručena schopnost léčit: péče o 15 pacientů po dobu 4 týdnů
Všeobecná fakultní nemocnice v Praze SSZP při Dermatovenerologické klinice; Budova A13 U Nemocnice 2, Praha 2 - Nové Město	<ul style="list-style-type: none"> • příjem a léčení ozářených osob při podezření na vnitřní kontaminaci radionuklidy • příjem a léčení ozářených osob při indikaci diagnostické hospitalizace (např. při celotělovém ozáření ionizujícím zářením dávkou pod 1 Gy) 	<p style="text-align: center;">20</p> Pozn. Doba, po kterou je zaručena schopnost léčit: péče o 20 pacientů po dobu 1 - 2 týdnů
Fakultní nemocnice H. Králové SSZP při IV. Interní hematologické klinice Sokolská 581, Hradec Králové	<ul style="list-style-type: none"> • příjem a léčení ozářených osob při podezření na celotělové ozáření ionizujícím zářením dávkou převyšující 1 Gy, bez ohledu na kontaminaci radionuklidy 	<p style="text-align: center;">6</p> Pozn. Doba, po kterou je zaručena schopnost léčit: péče o 6 pacientů po dobu 4 týdnů
Thomayerova nemocnice SSZP při Oddělení lékařské genetiky Vídeňská 800, Praha 4 - Krč	<ul style="list-style-type: none"> • provedení a vyhodnocení cytogenetických vyšetření lymfocytů periferní krve ozářených osob a určení ekvivalentu celotělové dávky ionizujícího záření 	Pozn. Kapacita: analýza krve 2 osob ozářených/ 1 týden

Účinky ionizujícího záření na člověka

▶ **Stochastické účinky (pravděpodobnostní):**

- ▶ vznikají důsledek změny jedné nebo několika málo buněk (mutace, maligní transformace)
- ▶ nádory, genetické mutace
- ▶ neexistuje prahová dávka, žádná dávka není pokládána za bezpečnou
- ▶ s dávkou vzrůstá pravděpodobnost vzniku

▶ **Deterministické účinky (nepravděpodobnostní):**

- ▶ vznikají důsledkem zániku velkého množství buněk
- ▶ ke svému projevu potřebují prahovou dávku, se vzrůstající dávkou roste pravděpodobnost i závažnost poškození
- ▶ ANO, radiační dermatitida...

Akutní nemoc z ozáření (ANO)

- ▶ komplex patologických změn v organismu vyvolaných účinkem vysokých dávek ionizujícího záření (vzniká v důsledku ozáření o dávce vyšší než **0,7 Gy**)
- ▶ v závislosti na dávce = klinický obraz
 - ▶ dřevňový, střevní (gastrointestinální), neurovaskulární syndrom (toxemický a cerebrální)
- ▶ typický klinický průběh, ve 4 fázích:
 - ▶ prodromální (první reakce na ozáření)
 - ▶ latentní (skrytá – bez příznaků)
 - ▶ manifestní
 - ▶ rekonvalescence (pokud nedojde k smrti)

Klinické formy a stupně závažnosti ANO

Dávka (Gy)	Klinická forma	Stupeň závažnosti	Prognóza	Mortalita (%)	Doba úmrtí (dny)
0,7 - 2	dřeňová	I (lehký)	zcela příznivá	0	x
2 - 4		II (střední)	relativně příznivá	5	40 - 60
4 - 6		III (těžký)	poměrně příznivá	50	30 - 40
6 - 10		IV (velmi těžký)	nepříznivá	95	10 - 20
10 - 20	střevní (gastrointestinální)		zcela nepříznivá	100	8 - 16
20 - 50	toxemická (cévní)				4 - 7
50 +	cerebrální				1 - 3

Akutní nemoc z ozáření (ANO) – dřeňová forma

- ▶ vzniká při ozáření dávkou **1 Gy**, tzv. **dřeňový syndrom** – útlum krvevorbny
- ▶ **Prodromální fáze**
 - ▶ nauzea, zvracení, malátnost, únava, bolesti hlavy, průjem, hypertermie u vysokých dávek (8-10 Gy)
 - ▶ tachykardie, nadměrné pocení, leukocytóza
 - ▶ vyšší dávka záření dělá symptomatologii intenzivnější, příznaky nastupují dříve a doba trvání je delší
- ▶ **Latentní fáze**
 - ▶ obtíže částečně nebo zcela ustupují
 - ▶ zvyšuje se neutropenie, trombocytopenie
 - ▶ čím vyšší dávka ozáření, tím kratší latentní fáze
 - ▶ při lehkém stupni trvání do 30 dne, při velmi těžkém může pokračovat rovnou do fáze manifestace

Akutní nemoc z ozáření (ANO) – dřevňová forma

▶ **Manifestní fáze:**

- ▶ rozvoj hemoragického syndromu (krevní výrony na sliznici ústní, kůži, krvácení z nosu, v těžkých případech vnitřní krvácení), infekce
 - ▶ tonzilitida, pneumonie
 - ▶ ulcerózní a nekrotické změny na kůži a sliznicích
 - ▶ celková intoxikace = radiační endotoxikóza, radiační alopecie
 - ▶ pokud dojde ke smrti = důvodem bývá infekce nebo vnitřní krvácení
- ▶ Terapie (antiemetika často vynechána z důvodu sledování vývoje)
- ▶ při nižších dávkách – růstové faktory krve tvorby,
 - ▶ při vyšších transplantace kostní dřeně, vzhledem k výrazné leukocytóza – izolace a ATB

Akutní nemoc z ozáření (ANO) – dřevňová forma

▶ **Fáze rekonvalescence:**

- ▶ částečná nebo úplná normalizace organismu
- ▶ průměrná délka rekonvalescence 3 – 6 měsíců
- ▶ během života mohou vzniknout pozdní důsledky:
 - ▶ onkologické onemocnění
 - ▶ šedý zákal
 - ▶ sklerotické změny
 - ▶ celkové zkrácení doby života

Akutní nemoc z ozáření (ANO) – střevní (gastrointestinální) forma

- ▶ vzniká při ozáření dávkou **vyšší než 10 Gy**
- ▶ klinické změny jsou podmíněny radiačním poškozením sliznice tenkého střeva – tzv. **gastrointestinální syndrom**
- ▶ **Prodromální fáze:**
 - ▶ větší závažnost projevů než u dřeňové formy
 - ▶ celková slabost, úporná nauzea, silné bolesti břicha, nezkrotný průjem, může být paréza žaludku či střeva, výrazný erytém, febrilní teplota, bolesti hlavy a kloubů
 - ▶ doba trvání 2-3 dny, následně může nastat krátkodobé zlepšení stavu (1-2 dny, obdoba latentní fáze), nicméně projevy nemizí úplně

Akutní nemoc z ozáření (ANO) – střevní (gastrointestinální) forma

▶ **Manifestní fáze:**

- ▶ náhle zhoršení zdravotního stavu, vysoké teploty (39-40)
- ▶ snížená chuť k jídlu, atonie žaludku
- ▶ poruchy reabsorpce živin, snižování tělesné hmotnosti
- ▶ drastický pokles leukocytů
- ▶ střevní hemoragie, infekční komplikace
- ▶ smrt (do 18 dnů) důsledkem enteritidy, parézy a neprůchodnosti střev (ileus), poruchy homeostázy, kardiovaskulární selhání
- ▶ smrti předchází sopor a kóma

Akutní nemoc z ozáření (ANO) – toxemická forma

- ▶ vzniká při ozáření dávkou **20 – 50 Gy**
- ▶ **neurovaskulární syndrom**
- ▶ toxemie
 - ▶ vzniká rozpadem produktů tkání, radiotoxinů, endotoxinů střevní mikroflóry
 - ▶ vede ke vzniku poruch oběhu – hemodynamické poruchy, otok mozku
- ▶ poruchy funkce nervových center
- ▶ pouze symptomatická terapie
- ▶ smrt během 4 – 7 dne po ozáření v důsledku otoku mozku

Akutní nemoc z ozáření (ANO) – cerebrální forma

- ▶ vzniká při ozáření dávkou **vyšší než 50 Gy**
- ▶ rozvoj cerebrálního radiačního syndromu (přímé poškození nervových buněk)
- ▶ úporné zvracení, dezorientace, křečové stavy, poruchy vědomí, poruchy dýchání, kóma
- ▶ symptomatická terapie
- ▶ smrt do 48 hodin v důsledku paralýzy dýchacího centra

Radiační dermatitida

- ▶ vzniká při lokálním ozáření dávkou **vyšší než 3 Gy**, rozsah a závažnost určuje obdržená dávka
- ▶ časná forma:
 - ▶ projevuje se erytémem několik dní po ozáření
 - ▶ po latentní fázi následuje suchá, vlhká dermatitida, jizvení a nekróza kůže v závislosti na dávce záření
 - ▶ poškození pokožky
- ▶ pozdní forma:
 - ▶ několik měsíců po ozáření
 - ▶ poškození škráry a podkožního vaziva

Chronická nemoc z ozáření (CHNO)

- ▶ vzniká při dlouhodobém působení ionizujícího záření na organismus (měsíce, roky) v dávkách 10x a více než jsou přípustné dávky pro profesionály
- ▶ příznaky a jejich intenzita dle dávky
- ▶ terapie dle obecných principů radiačního poškození, somatických a nádorových onemocnění
- ▶ důležité je zamezit dalšímu radiačnímu působení na člověka

Literatura

- ▶ MATOUŠEK, Jiří, Jan ÖSTERREICHER a Petr LINHART. *CBRN: jaderné zbraně a radiologické materiály*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-029-6.
- ▶ HAVRÁNKOVÁ, Renata, ed. *Klinická radiobiologie*. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-247-4098-0.
- ▶ KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.
- ▶ ŠÍN, Robin. *Medicína katastrof*. Praha: Galén, [2017]. ISBN 978-80-7492-295-4.