



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Propojení výuky oborů Molekulární a buněčné biologie
a Ochrany a tvorby životního prostředí “
Reg. č.: CZ.1.07/2.2.00/28.0032**

EKOTOXIKOLOGIE IV

EKO/ETXE

Ionizující záření v Životním prostředí



Petr Hekera

Katedra ekologie a ŽP

PřF UP Olomouc

Ionizující záření

- **Přírozená součást prostředí**
 - kosmické záření
 - přírozená radioaktivita (1896 Becquerel)
- **Umělé záření**
 - umělá radioaktivita (1934 Joliot-Curie)

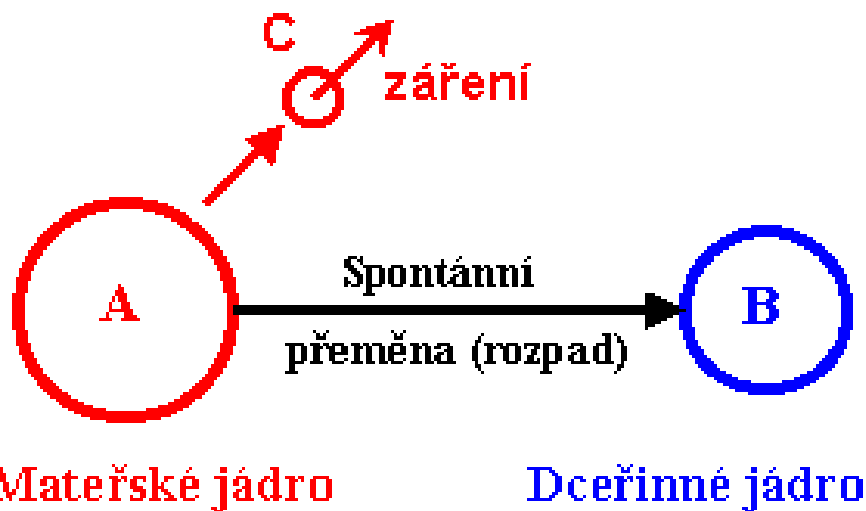
Radioaktivní přeměny

- **Atomové jádro** (tvořeno nukleony)
 - protony (+)
 - neutrony (bez náboje)
 - v jádře optimální poměr nukleonů – jádro nejstabilnější
 - při jiných počtech nukleonů je jádro nestabilní a snaží se „stabilizovat“ (radioaktivní rozpad, přeměna)

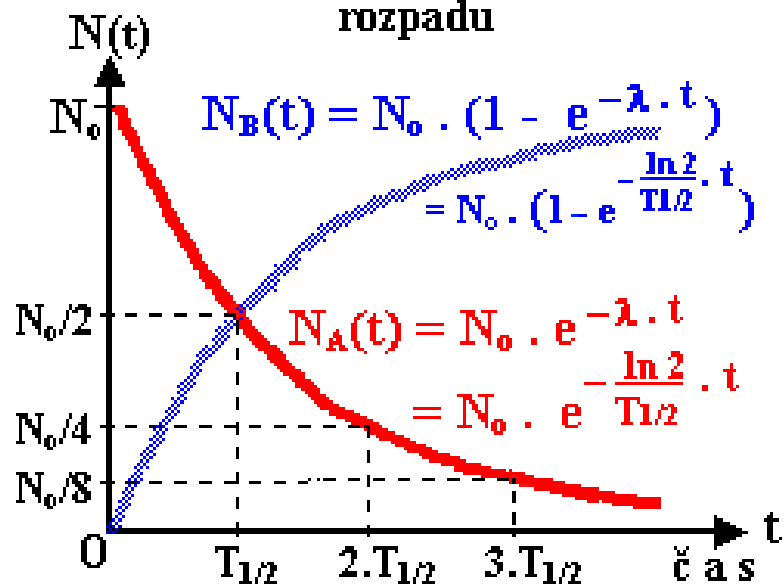
Radioaktivní přeměny

- **záření α** - částice - odštěpení jádra ${}^4_2\text{He}$
- **záření β** - elektrony nebo pozitrony (při emisi elektronu se v jádře přeměňuje neutron na proton, při emisi pozitronu je tomu naopak)
- **záření γ** – elektromagnetické záření o velmi vysokých frekvencích (stejného charakteru jako rentgenové záření, často doprovází přeměny alfa i beta)
- <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika3.htm>

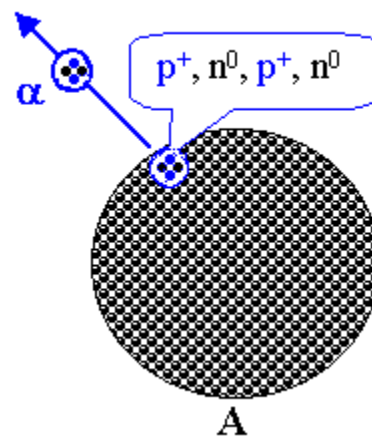
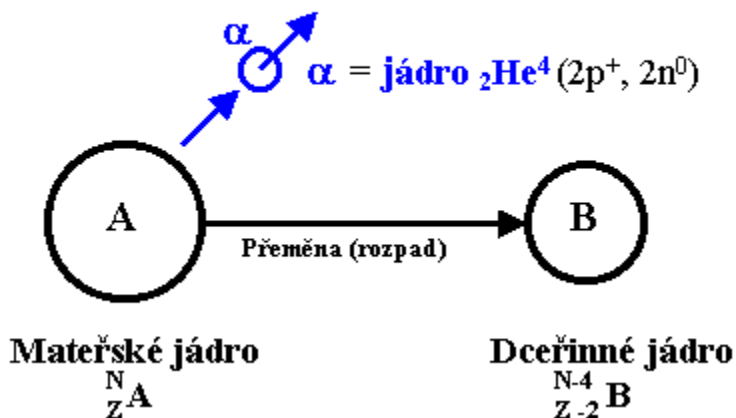
Radioaktivita



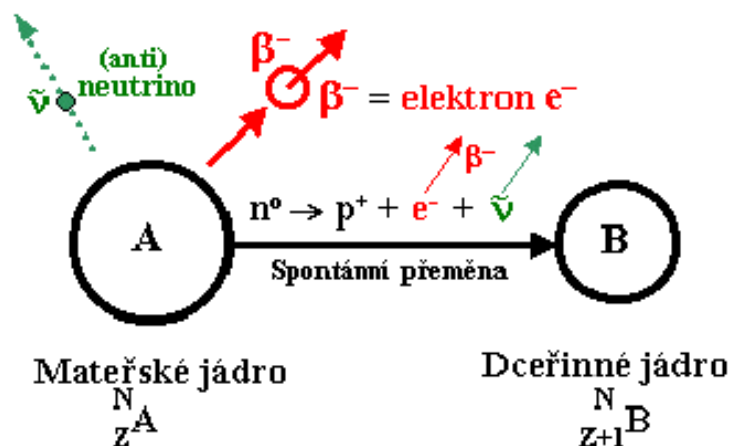
Exponenciální zákon radioaktivního rozpadu



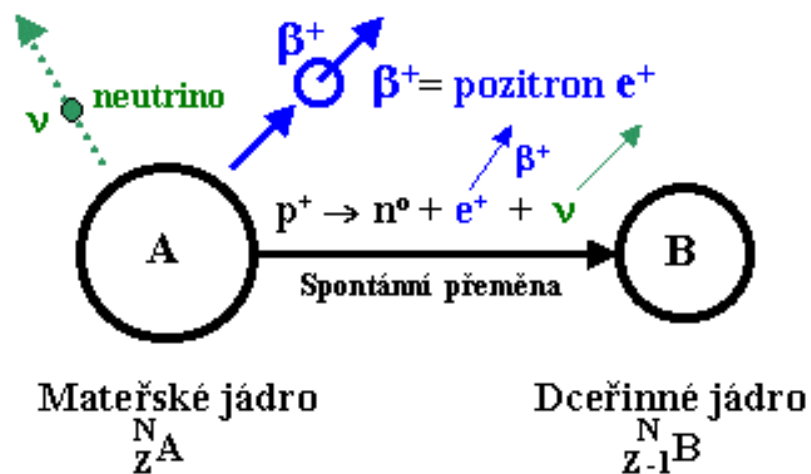
Radioaktivita α

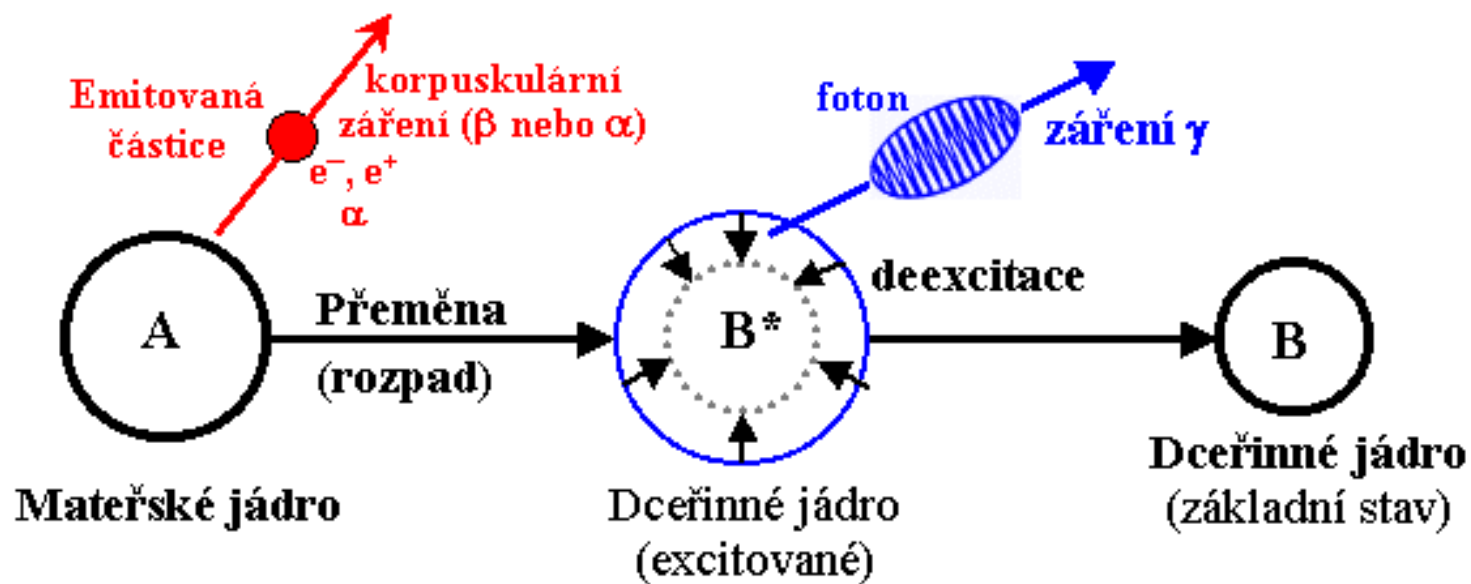


Radioaktivita β^-



Radioaktivita β^+





Rozpadové řady

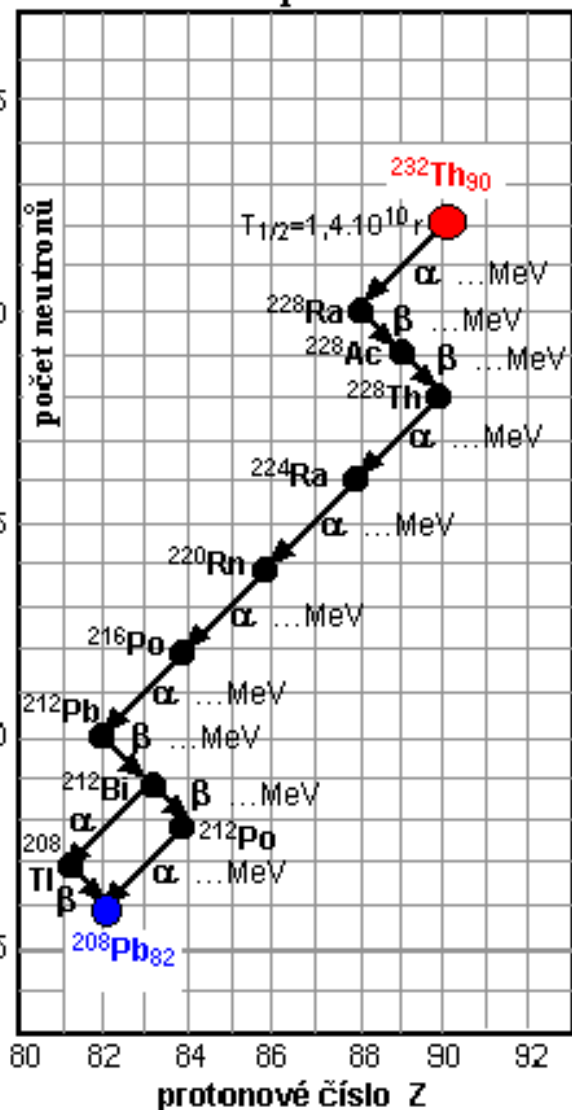
Rozpadová řada (též **přeměnová řada** nebo **radioaktivní řada**) popisuje postupný radioaktivní rozpad nestabilních jader těžkých prvků.

Rozpad v těchto řadách probíhá **vždy vyzařováním částic alfa** (jader helia) **nebo beta** (elektronů).

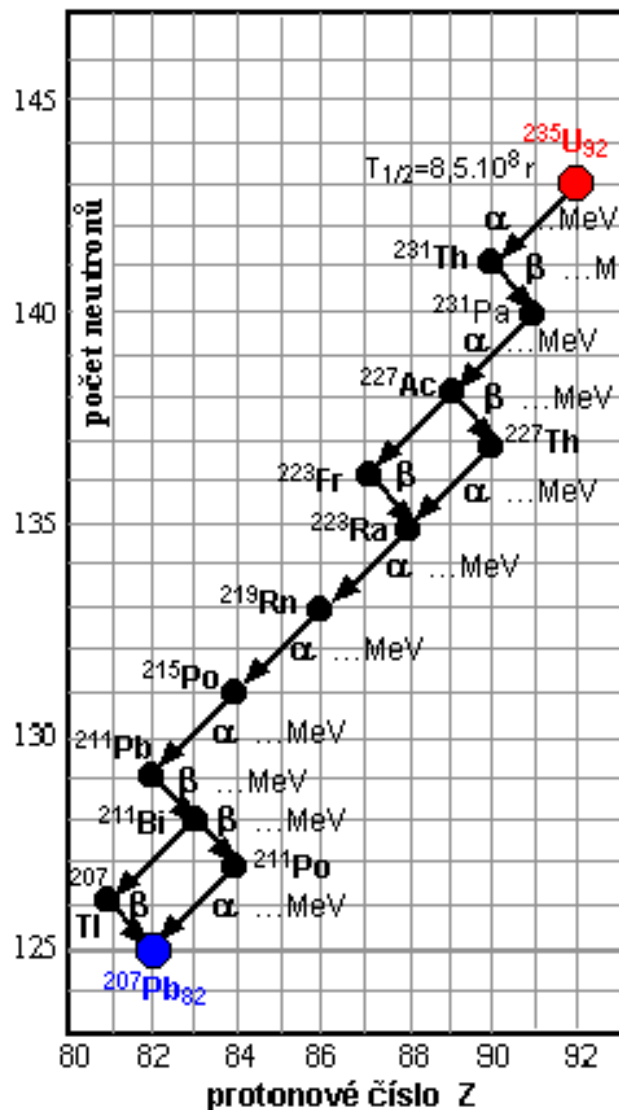
S výjimkou neptuniové řady začínají všechny základní řady relativně stabilním, v přírodě se běžně vyskytujícím izotopem (ze skupiny aktinoidů), s poločasem rozpadu **nad půl miliardy let**.

Na konci každé rozpadové řady je **stabilní izotop**.

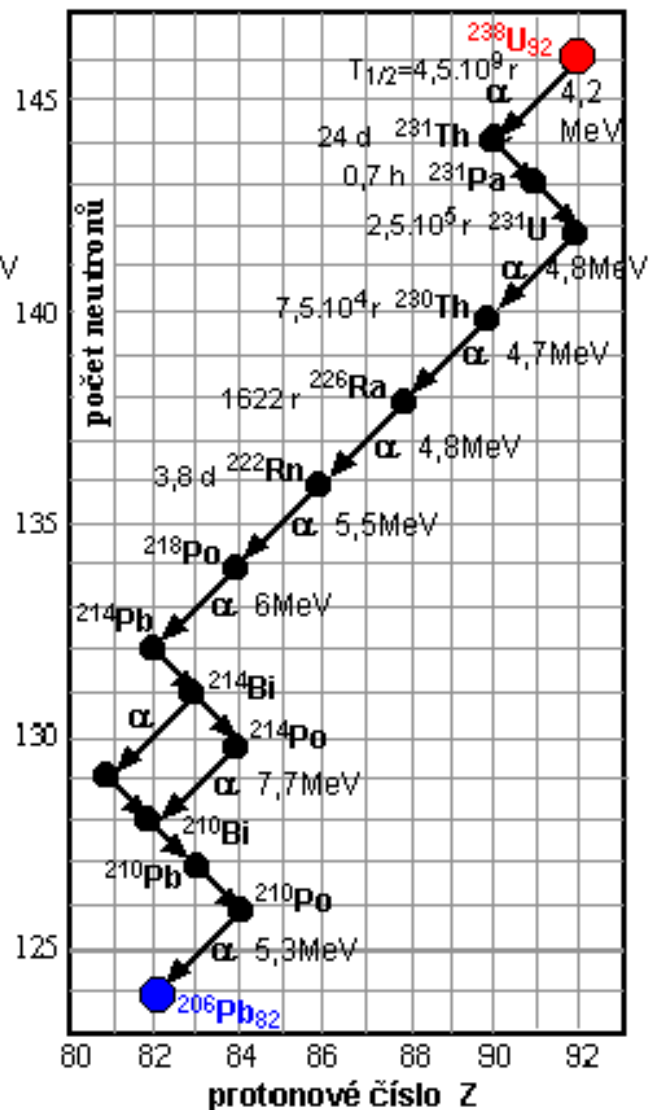
Thoriová rozpadová řada



Uranová řada ^{235}U



Uranová řada ^{238}U



- **Další přirozené radioaktivní nuklidy** (mimo rozpadové řady) – dlouhé poločasy rozpadu, dochovaly se od vzniku Země (^{40}K , ^{87}Rb , ^{50}V , ^{113}Cd)
- **Radionuklidy kosmogenního původu** – vznikají při interakci kosmického záření s atmosférou (^{14}C , ^3H , ^7Be , ^{80}Kr) – záření z „hlubokého vesmíru“ i ze slunce
- **Vnější ozáření člověka** – hlavně radionuklidy emitující gama záření v uranové a thoriové řadě a ^{40}K , obsažené v horninách, a půdách, ve stavebních materiálech atd.
- **Vnitřní ozáření člověka** – nejvýznamnější ^{222}Rn , ^{40}K
- K měření radioaktivity a účinků ionizujícího záření se používají tyto jednotky:

Bequerel

Gray

Sievert

- **Becquerel** (symbol **Bq**) je jednotka **intenzity záření zdroje** radioaktivního záření v soustavě SI. Je pojmenovaná po francouzském fyzikovi Henri Becquerelovi, který radioaktivitu objevil. Také je možné ji označit zjednodušeně jako **aktivitu zdroje**.
- **Definice**
1 Bq = 1 s⁻¹
nebo také $1 \text{ Bq} = 1 \text{ částice} / 1 \text{ s}$,
(kde počet částic je udán bezrozměrným číslem)
- **Becquerel je odvozená jednotka definovaná jako aktivita radioaktivní látky při níž dojde k jednomu rozpadu atomového jádra za sekundu.**
- Starší jednotkou radioaktivity je curie (Ci); převodní vztah mezi nimi je:
$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$
- **V praxi se pro určení radioaktivity látek často používají relativní jednotky, např. Bq/m³ pro plyny nebo Bq/kg pro pevné látky.**

- **Gray** (značka **Gy**) je **jednotka absorbované dávky záření** v soustavě SI. Jednotka byla definována v roce 1975 na počest L. H. Graye, který podobnou definici použil již v roce 1940
- **Definice**
Jeden gray odpovídá energii záření jednoho joulu absorbované jedním kilogramem látky.
 $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
- Rozměr jednotky *gray* je stejný jako v případě jednotky *ekvivalentní dávky sievert*. Pro jednoznačnost se proto musí používat vždy jednotky *gray* pro *absorbovanou* dávku a *sievert* pro *ekvivalentní* dávku, nikdy však joule na kilogram.
- Starší jednotkou je **rad**, přičemž:
 $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$
- **Gray** je **mírou fyzikálních účinků** ionizujícího záření, která nevyjadřuje jeho účinky na živé organismy. Naproti tomu **sievert (Sv)** je jednotka, která **vyjadřuje biologické účinky záření**, v závislosti na druhu záření a jeho energii.
- Např. absorpce dávky 1 Gy záření gama, což odpovídá dávkovému ekvivalentu 1 Sv, celým tělem člověka pravděpodobně způsobí nevolnost, ale riziko úmrtí je nízké. Stejná dávka 1 Gy v případě rychlých neutronů však odpovídá dávkovému ekvivalentu 20 Sv, který vede k jisté smrti během několika dní. Přitom v obou případech jde o energii jen 70 J (uvažujeme-li člověka o hmotnosti 70 kg). Stejně množství energie se uvolní spálením pouhých 4 miligramů cukru.

- **Sievert (zkratka Sv) je jednotkou ekvivalentní dávky ionizujícího záření (HT) případně dávkového ekvivalentu (H).** Je pojmenována po R. Sievertovi, průkopníkovi radiační ochrany.
- **Dávka 1 Sv jakéhokoli záření má stejné biologické účinky jako dávka 1 Gy rentgenového nebo gama záření (pro které je radiační váhový faktor WR stanoven 1).**
- **Jednotka vyjadřuje podíl množství absorbované energie v určité hmotnosti v závislosti na daném druhu ionizujícího záření.** Tedy Joule/hmotnost (J/kg).
- Ekvivalentní dávka se vypočítá jako součin $DT \times WR$, kde D je střední absorbovaná dávka v tkáni nebo orgánu T a WR je radiační váhový faktor (popřípadě jakostní činitel Q – pro dávkový ekvivalent). Radiační váhový faktor WR udává, kolikrát je daný druh záření biologicky účinnější než záření fotonové – X nebo gama a je různý pro jednotlivé druhy ionizujícího záření. To znamená, že zohledňuje i rozdílnou biologickou účinnost jednotlivých druhů záření. Hodnota WR je bezrozměrná - tedy nemá žádnou jednotku.
- Starší jednotkou ekvivalentní dávky / dávkového ekvivalentu byl rem, přičemž $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$.

Složka ozáření	Roční efektivní dávka (mSv)	
	průměrná světová populace	oblasti s extrémními hodnotami
Externí ozáření:		
- kosmické záření	0,38	2,0
- terestriální	0,46	4,3
Interní ozáření (bez radonu):		
- kosmogenní radionuklidy	0,01	0,01
- terestriální radionuklidy	0,23	0,6
Radon (^{222}Rn):		
- inhalace	1,2	>10,0
- ingesce (podzemní voda)	0,005	0,1
Thoron (^{220}Rn)	0,07	0,1
Celkem	2,4	

Působení ionizujícího záření na živé organizmy

Ionizující záření, ve formě jak dlouhodobého slabého, tak i krátkodobého intenzivního ozáření, má negativní účinky na člověka a ostatní živé organismy.

Působí-li na biologický materiál, dochází k absorpci ionizujících částic nebo vlnění atomy daného materiálu.

To způsobuje **vyrážení elektronů z jejich orbitů a tvorbu iontů a radikálů.**

Ionizované části molekul se stávají **vysoce reaktivními** a vedou k řadě **chemických reakcí**, které buňku buď **rovnou usmrtí**, nebo vedou ke **změnám genetické informace** (reakce radikálů s DNA způsobuje porušení fosfodiesterových vazeb a tím zpřetrhání jejího řetězce).

Základní stádia účinku ionizujícího záření na organismus

Proces účinku ionizujícího záření na živou tkáň probíhá ve čtyřech význačných etapách, lišících se svou rychlostí a druhem probíhajících procesů

Fyzikální stadium

Při interakci kvanta ionizujícího záření s hmotou je energie záření předávána především **orbitálním elektronům** v atomech za vzniku **ionizace a excitace**. Pokud mají uvolněné elektrony dostatečně vysokou energii, mohou vytvářet celou **kaskádu excitací a ionizací dalších atomů**. Při absorbované dávce 1Gy v tkáni se vytváří přibližně 10⁵ ionizací v objemu každé ozářené buňky (o typické velikosti cca 10μm). Tento primární proces je **velmi rychlý** (prakticky okamžitý, rychlost kvant je rovna nebo blízká rychlosti světla), trvá jen cca **10⁻¹⁶-10⁻¹⁴ sekundy**.

Fyzikálně-chemické stádium

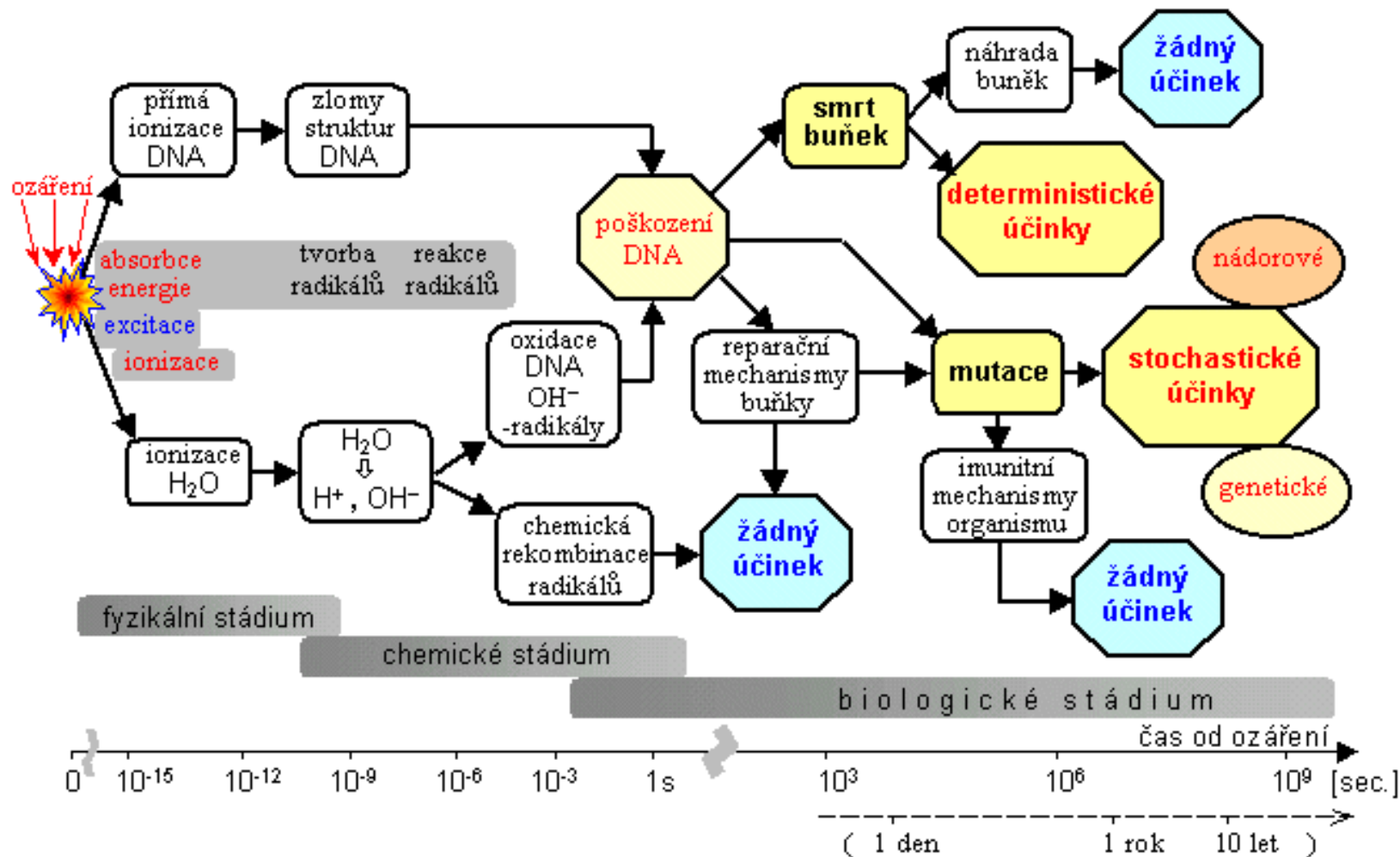
Ionizace a excitace vedou k **narušení chemických vazeb** mezi atomy a molekulami. Nastávají sekundární fyzikálně-chemické procesy **interakce iontů s molekulami**, při nichž dochází k **disociaci molekul** a vzniku **volných radikálů** (např. z vody H₂O vznikají vodíkové kationty H⁺ a hydroxylové anionty OH⁻ a nestabilní produkty schopné oxidace H₂O₂, HO₂). I tento proces je **velmi rychlý**, netrvá déle než **10⁻¹⁴-10⁻¹⁰sec**.

Chemické stádium

Vzniklé ionty, radikály, excitované atomy a další produkty **reagují** s biologicky důležitými **organickými molekulami** ("atakují" molekuly DNA, RNA, enzymů, proteinů) a mění jejich složení a funkci. Typickou poruchou na molekulární úrovni jsou **zlomy řetězců v molekule DNA** - buď zlom jen **jednoho vlákna** cukrofosfátového řetězce, nebo úplný zlom **dvojvlákna DNA**. Dále mohou vznikat poškození purinových a pyrimidinových bazí, atypické **vazbové "můstky"** (*cross-linky*) uvnitř dvouvlákna DNA, **lokální denaturace** a další chemické změny. Jednotlivé "*genotoxické*" procesy tohoto chemického stádia trvají **různě dlouhou dobu** - od tisícín sekundy do řádově jednotek sekundy, v závislosti na **transportní době** reaktivních složek z místa svého vzniku do místa lokalizace napadené biomolekuly.

Biologické stádium

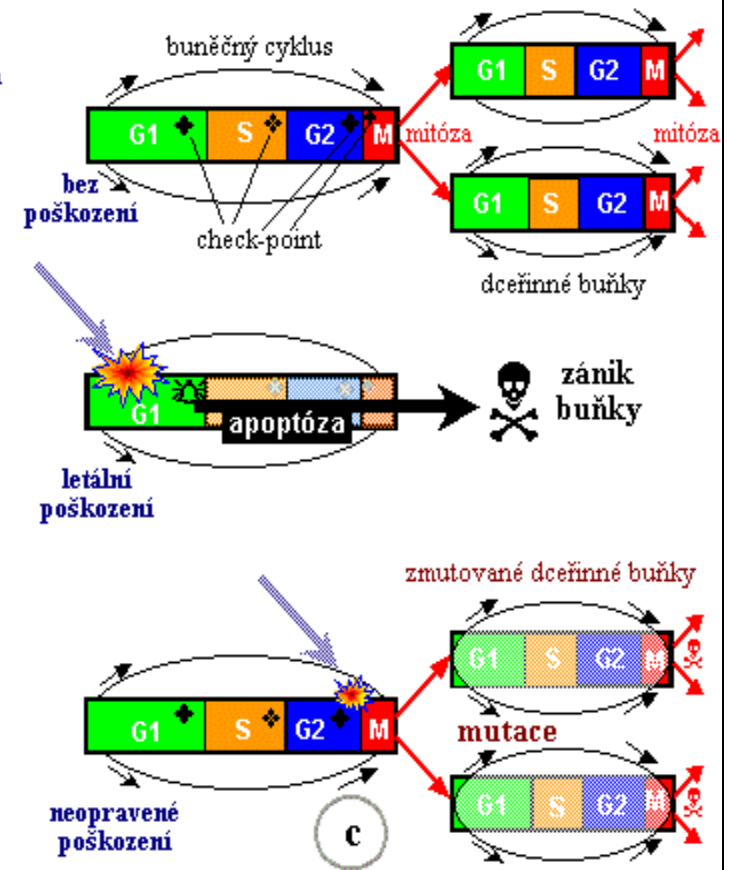
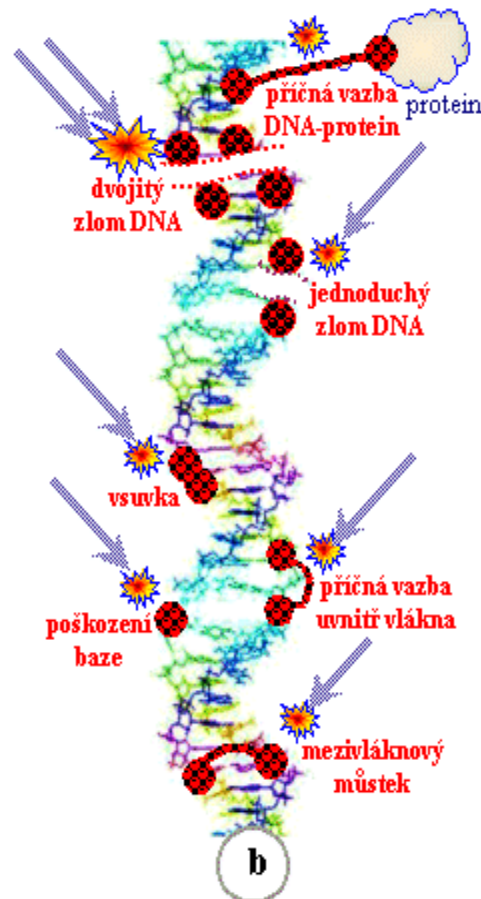
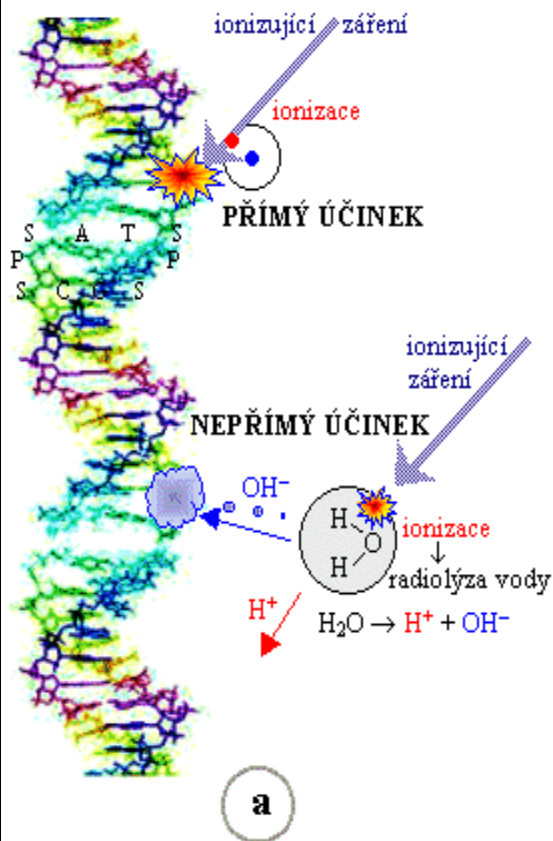
Molekulární změny v biologicky důležitých látkách (v DNA, enzimech, proteinech) mohou vyústit ve **funkční a morfologické změny v buňkách, orgánech** i v **organismu** jako celku. Časová délka této fáze se pohybuje od několika sekund na buněčné úrovni, až po léta na úrovni celého organismu. Různorodost a delší časové rozvržení biologických změn souvisí se složitostí biochemických a metabolických pochodů v živých organismech a s působením řady zpětnovazebních mechanismů. Na úrovni celého organismu se biologické stádium při **vysokých dávkách** záření může somaticky projevit již po několika **desítkách minut**, při **středních dávkách** během **několika dní** - akutní poškození či nemoc z ozáření v důsledku zničení velkého počtu buněk. Při **nízkých dávkách** může však zahrnovat dobu latence **několika let** nebo i **desítek let** (pozdní stochastické účinky).



Schématiké znázornění význačných procesů a jejich časové posloupnosti při účincích ionizujícího záření na živou tkáň.

Pozn.: Měřítko na časové ose je v zásadě logaritmické, avšak v některých úsecích je poněkud upraveno tak, aby bylo možno přehledně zakreslit jednotlivé děje.

Molekula DNA



Vztah dávky a biologického účinku

Je samozřejmé, že biologický účinek záření je v první řadě závislý na **velikosti absorbované dávky**, že s dávkou roste. Z hlediska vztahu dávky a účinku rozlišujeme **dva** základní typy radiobiologických účinků:

Stochastické účinky

Pokud dávka záření **není velká**, s naprostou většinou poškození biologicky aktivních látek se organismus úspěšně vyrovná svými **reparačními mechanismy**. I při malých dávkách však existuje určitá **pravděpodobnost**, že **některá poškození se opravit nepodaří** (resp. při opravě dojde k "chybě"), dochází k **postradiační genové nestabilitě**, která může vyústit v **mutace**. Pokud se **mutované buňky dále dělí**, mohou vzniknout **pozdní trvalé následky** genetického nebo nádorového charakteru. Jelikož takové následky jsou **zcela náhodné, individuální a nepředvídatelné**, nazývají se **účinky stochastické**. Mají **pravděpodobnostní charakter** - u jedinců z ozářeného souboru osob se poškození či onemocnění **vyskytují náhodně s určitou pravděpodobností, která roste s dávkou**.

U stochastických účinků závažnost postižení a průběh vzniklého onemocnění **nejsou závislé na výši dávky**; na absorbované dávce závisí pouze **pravděpodobnost výskytu** nádorového či genetického poškození.

Jde přitom o chorobné stavy, které i bez vlivu záření se "samovolně" (bez zjevné příčiny *) vyskytují v populaci.

V jednotlivých konkrétních případech není možné radiačně indukované nádory a genetické změny odlišit od samovolně vzniklých případů, jejich klinický obraz je **stejný** (neexistují žádné příznaky specifické pro nádory vzniklé v důsledku ionizujícího záření).

Ionizační ozáření pouze **zvyšuje pravděpodobnost** vzniku těchto onemocnění, příslušné riziko je *přídavné* k ostatním rizikům.

Průměrný *koeficient rizika* vzniku radiačně indukovaného maligního onemocnění se odhaduje na $0,005 \text{ Sv}^{-1}$ (tj. pokud 1000 osob obdrží dávku 1Sv, lze očekávat, že u 5 z nich to vyvolá fatální zhoubný nádor).

Deterministické účinky

Při vysokých dávkách záření je počet poškozených molekul biologicky aktivních látek již natolik vysoký, že buňky ani organismus nejsou schopny je zcela opravit – větší **část buněk hyne**, vzniká **nemoc z ozáření**.

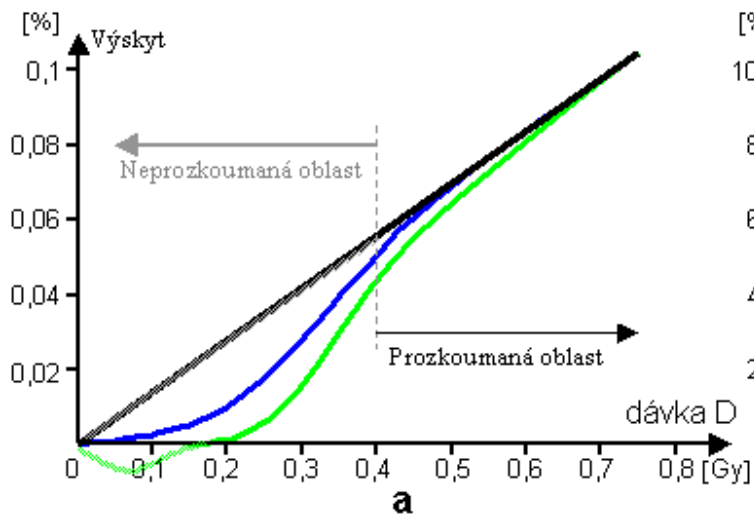
Poškození tkáně je zde přímo úměrné obdržené dávce záření, není již náhodné, je naopak **předvídatelné** – hovoříme o **účincích deterministických**.

Je však užitečné připomenout, že i v základech deterministických účinků leží *stochastický* mechanismus zániku buněk.

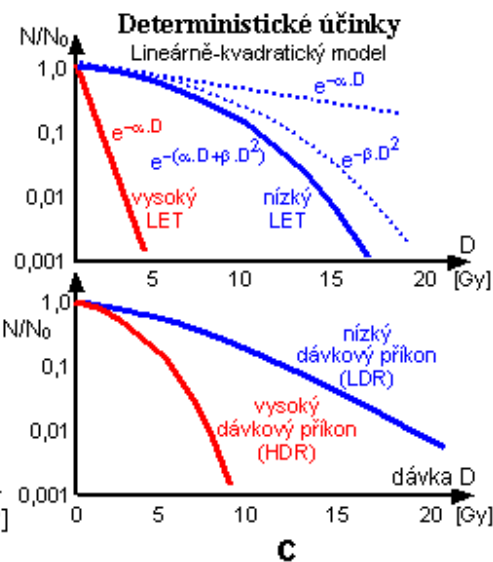
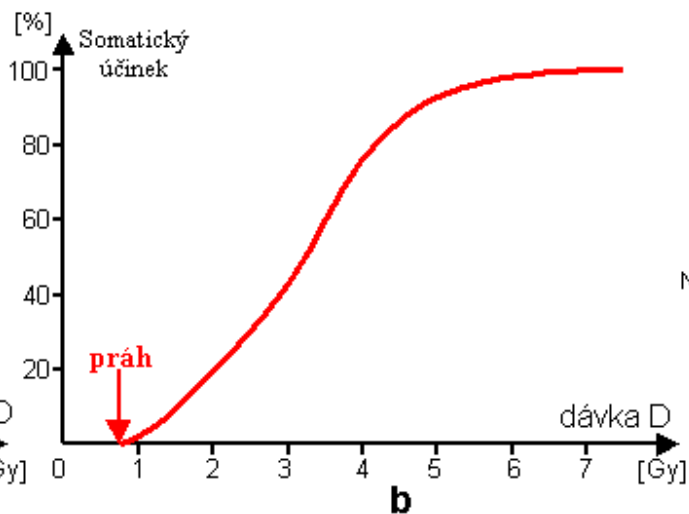
Při vyšších dávkách je ale počet poškozených buněk natolik *vysoký*, že statistický charakter se již *neprojevuje*.

Deterministické účinky se klinicky projevují až po dosažení určité **prahové dávky**, přičemž s rostoucí dávkou roste jednak **pravděpodobnost vzniku poškození** (tj. při ozáření souboru osob roste počet jedinců, u nichž lze poškození prokázat; při vyšších dávkách se účinky projeví u každého), jednak u daného jedince se **zvyšuje závažnost poškození**.

Stochastické účinky



Deterministické účinky



Základním patogenním mechanismem je **snížení počtu buněk** (*deplece* buněk) v ozářené tkáni. Na škodlivém účinku se podílejí i **toxické látky**, vznikající při zániku a rozkladu velkého počtu buněk. Esovitý tvar křivky, začínající od určitého dávkového prahu, je odrazem skutečnosti, že v ozařované tkáni (buněčné populaci) je určitá **funkční rezerva**, zpravidla dosti značná.

Pokles počtu buněk se stoupající dávkou proto zpočátku nezpůsobuje v ozařované tkáni žádné funkční potíže, teprve při vyšších dávkách vede deficit buněk k somatickým projevům. Hodnota prahové dávky pro člověka kolem **1Gy** je jen **průměrná** (*celotělová*) a orientační. Každá tkáň má obecně **jinou prahovou dávku** projevu deterministických účinků, závislou na **radiosenzitivitě buněk** a **funkční rezervě** v tkáni - např. přibližně: kůže 3Gy, plíce 5Gy, spermie 0,3Gy, oční čočka 1,5Gy, vyvíjející se zárodek in utero 0,1Gy.

Zdroje ionizujícího záření

Každý předmět, přístroj, látka nebo preparát, který emituje ionizující záření se označuje jako **zdroj ionizujícího záření** či zkráceně **zářič**. Zářiče lze klasifikovat podle několika kritérií.

Podle principu a mechanismu vzniku záření můžeme zářiče rozdělovat na:

Elektronické zdroje záření

v nichž ionizující záření vzniká v důsledku elektromagnetického urychlování nabitých částic.

-rentgenové trubice produkující brzdové X-záření

-urychlovače částic

-laserové zdroje, v nichž je emise X-záření, γ -záření a částic generována vysokou koncentrací energie z krátkých a velmi intenzivních laserových pulzů, dopadajících na vhodný terč.

Pozn.: I vakuová televizní či počítačová obrazovka je slabým zdrojem měkkého X-záření.

Radioaktivní zářiče,

v nichž ionizující záření (α, β, γ , popř. záření neutronové) vzniká při **radioaktivních přeměnách jader** - .

-v radioterapii - cesiové či kobaltové ozařovače a brachyterapeutické zářiče

-v nukleární medicíně - radiofarmaka pro diagnostiku i terapii

-v průmyslových aplikacích – defektoskopie, hlásiče

-jaderné reakce

-jaderné reaktory

Záření vesmírného původu,

které vzniká při bouřlivých a vysoce energetických procesech ve vesmíru - termonukleární reakce v nitru hvězd, výbuchy supernov, procesy v okolí černých děr, rázové vlny v ionizovaném plynu apod.

Podle technického řešení a konstrukčního uspořádání se dále zdroje ionizujícího záření, především radioaktivní zářiče, dělí na:

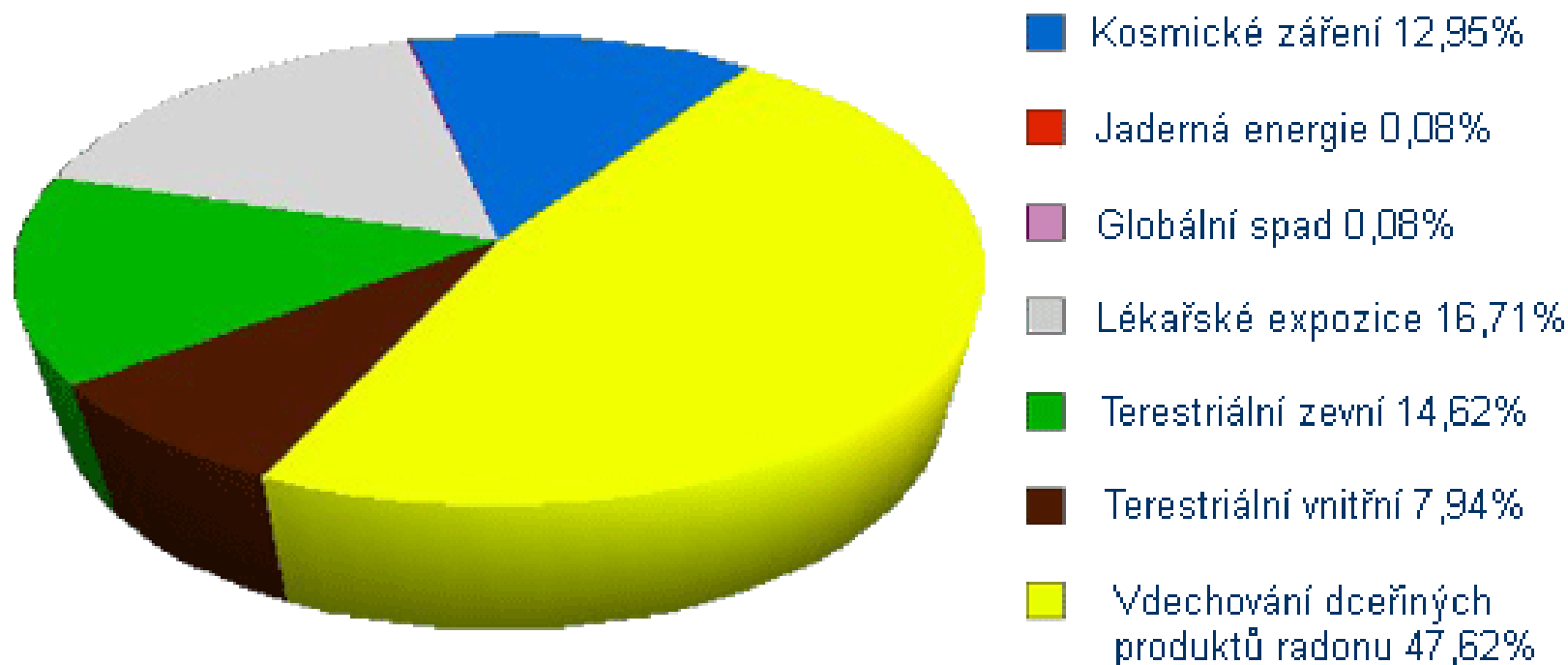
Uzavřené zářiče,

v nichž je vlastní zářivá látka **hermeticky zapouzdřena** v neradioaktivním obalu tak, že za normálních okolností používání zdroje nemůže radioaktivní látka uniknout do okolního prostředí - nemůže dojít ke kontaminaci.

Otevřené zářiče,

kde vlastní zářící radioaktivní látka - preparát - je volně přístupná k manipulacím (k porcování, pipetaci a pod.). Jsou to především radioaktivní roztoky, prášky, popř. plyny. Při těchto manipulacích s otevřenými zářiči existuje možnost nežádoucího uvolnění radioaktivních látek do okolního prostředí - riziko **radioaktivní kontaminace** osob a pracovního či životního prostředí.

POMĚR FAKTORŮ RADIOAKTIVNÍ ZÁTĚŽE



Radon v geologickém podloží

Nejvýznamnějším zdrojem radonu v objektech je geologické podloží. Zvýšené koncentrace radonu v podloží mohou následně ovlivnit i koncentrace radonu ve stavebních materiálech přírodního původu a ve vodě, dodávané do objektů z podzemních zdrojů.

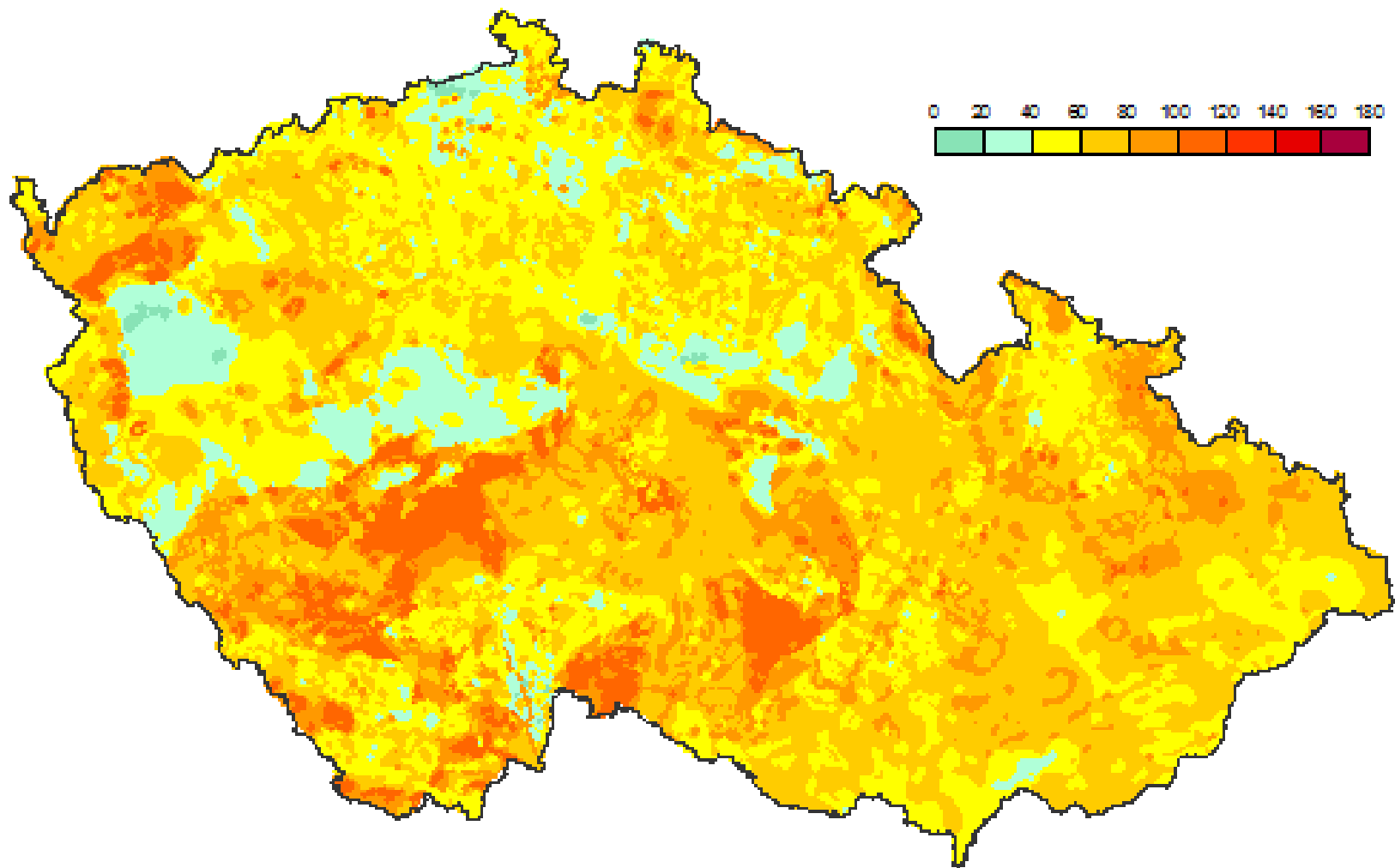
Stavební materiály jsou však v současnosti systematicky sledovány z hlediska radioaktivity, případy jejich použití z minulosti jsou známy a proto je pravděpodobnost přítomnosti radonu z nich podstatně menší než z geologického podloží. Rovněž v podzemních zdrojích pitné vody pro hromadné zásobování obyvatelstva jsou prováděna měření koncentrace radonu a následné odradonování.

Radon z podloží proto nejvíce ovlivňuje výslednou koncentraci radonu v objektech.

Radon Rn-222 vzniká v horninovém prostředí radioaktivní přeměnou uranu U-238. Koncentrace uranu v jednotlivých typech hornin se velmi liší. Obecně lze říci, že v usazených, sedimentárních horninách se setkáváme s nižšími koncentracemi uranu než v horninách přeměněných, metamorfovaných tlakem a teplotou během dlouhé geologické historie jejich vzniku. **Nejvyšší koncentrace uranu i radonu jsou obvyklé ve vyvřelých, magmatických horninách, jako jsou např. žuly.**

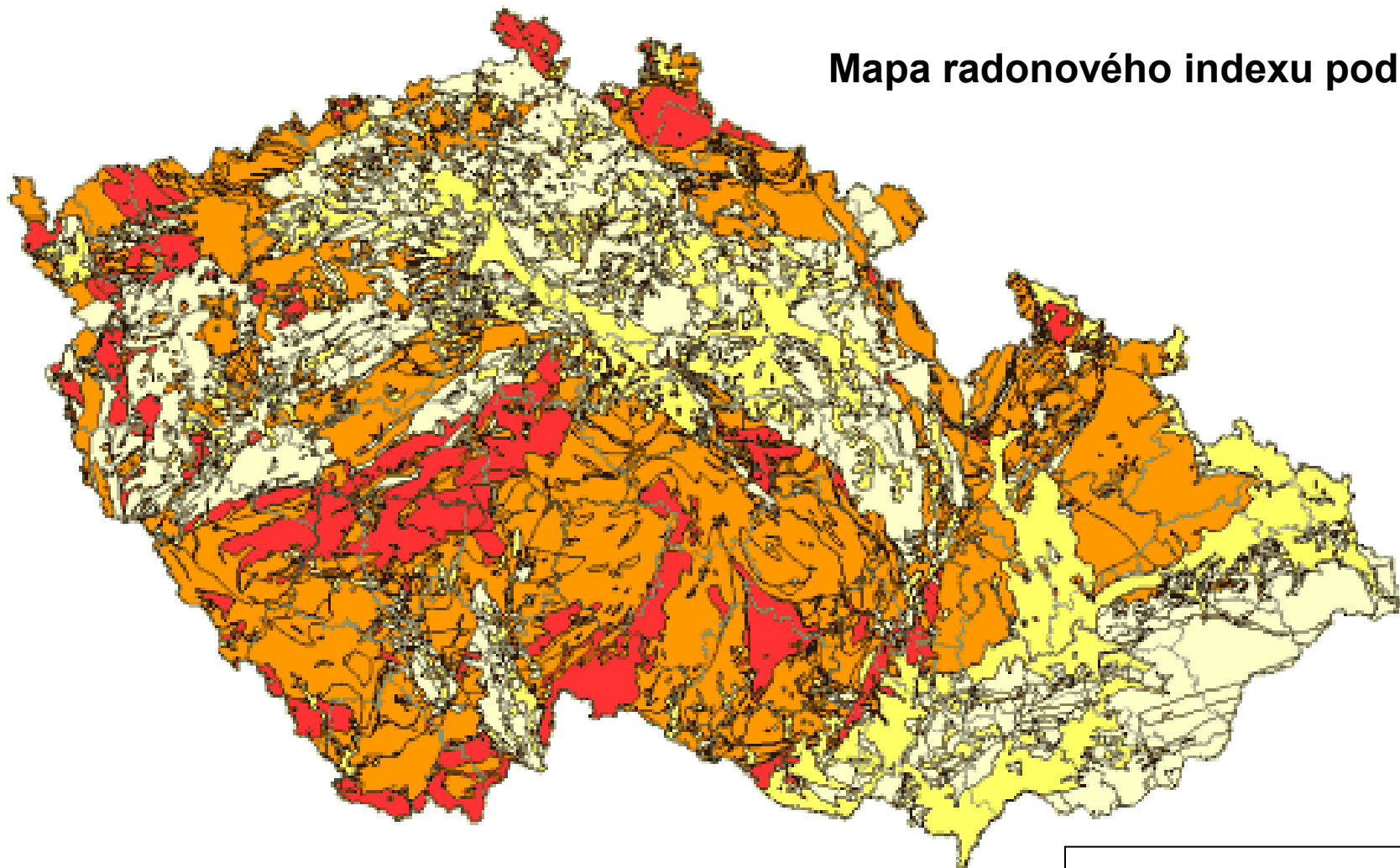
Radon se v horninovém prostředí může šířit **difúzí** (na velmi krátkou vzdálenost) nebo **konvekcí** (na delší vzdálenost) v zeminách a půdách. Konvekce je ovlivněna zejména plynopropustností zemin a půd. Ze špatně izolovaného kontaktu stavby s podložím proniká radon dále do objektu. Radon však není stabilní izotop, ale přeměňuje se dále na **dceřiné produkty** (izotopy polonia a vizmutu), které jsou kovové povahy. Ty se vážou na aerosoly v ovzduší, při vdechnutí ulpívají na plicní výstelce a zvyšují tak vnitřní ozáření lidského organismu, které podporuje riziko výskytu rakoviny plic.

Geologické podloží České republiky je z více než z dvou třetin tvořeno **metamorfovanými a magmatickými horninami** s vyššími koncentracemi uranu a následně i radonu. Z toho vyplývá, že radonu pocházejícímu z geologického podloží a odtud pronikajícímu do objektů je nutno věnovat zvýšenou pozornost. Kromě uranu (U) se na ozáření z přírodních zdrojů podílí i draslík (K) a thorium (Th). Celkový účinek těchto tří radioaktivních prvků je znázorněn v mapě dávkového příkonu gama záření, sestavené z leteckých gamaspektrometrických měření v r. 1995



Radiometrická mapa České republiky. Hodnoty jsou v nGy/h (nGy/h = nanogray za hodinu).

Mapa radonového indexu podloží



Převažující radonový index

-  nízký
-  přechodný
-  střední
-  vysoký

Základní způsoby ochrany před zářením

Obdržená dávka záření je určena několika základními faktory: radioaktivitou, druhem a energií emitovaného záření, dobou expozice a geometrickými podmínkami (vzdálenost, stínění).

Způsoby ochrany před zářením:

- **Čas:** obdržená dávka je přímo úměrná době expozice, takže se zbytečně dlouho nezdržujeme v prostoru s ionizujícím zářením a práce s radioaktivními látkami je třeba promyšleně připravit a provádět je pokud možno rychle.
- **Vzdálenost:** intenzita záření a tím i dávkový příkon jsou nepřímo úměrné druhé mocnině vzdálenosti od zdroje záření (přesně platí pro bodový zdroj). Je proto třeba se zdržovat co nejdále od zdrojů, při práci se zářiči je užitečné držet je co nejdále od těla a příp. používat vhodné manipulátory, pinzety a pod..
- **Stínění :** Velmi efektivní ochranou je odstínění záření vhodným absorbujičím materiálem. Pro záření gama jsou to materiály s velkou měrnou hmotností – především **olovo**, ze stavebních materiálů pak **beton s příp. příměsí barytu** a pod. Používají se olověné kontejnery pro přepravu a skladování zářičů, zástěny z olověného plechu, tvarované olověné cihly atd.

Radiační monitorovací síť

- **Síť včasného zjištění**

je určena především ke **sledování příkonu** fotonového **dávkového ekvivalentu**. Je provozována ČHMÚ a Státním úřadem pro jadernou bezpečnost/Státním ústavem radiační ochrany. Síť poskytuje **okamžitý přehled** o každém vybočení stavu z normálu.

Tyto informace lze získat na stránkách SÚJB na adrese:

<http://www.sujb.cz> - Organizační struktura SÚJB - blok Státní ústav radiační ochrany, nebo přímo <http://www.suro.cz/cz/rms/svz/index.html> - Státní ústav radiační ochrany (Síť včasného zjištění)

- **Síť termoluminiscenčních dozimetřů**

je určena k **monitorování vnějšího ozáření obyvatel na území ČR**. Měří se **čtvrtletní fotonový dávkový ekvivalent**. Hlavním provozovatelem sítě je Státní ústav radiační ochrany. **Síť je teritoriální se 184 body** a v okolí jaderných zařízení.

Bližší informace lze nalézt na adrese:

<http://www.suro.cz/cz/rms/ovzdusi/index.html> - Státní ústav radiační ochrany (Radiační monitorovací síť TLD)

- **Síť monitorování radionuklidů**

v **ovzduší** je tvořena **11 monitorovacími místy** pokrývajícími území ČR. Síť je vzhledem k **citlivosti měření** určena ke zjišťování i **malých kvalitativních i kvantitativních změn obsahu radionuklidů v ovzduší**. Zpravidla jsou sledovány **týdenní průměry**.

Bližší informace lze nalézt na adrese:

<http://www.suro.cz/cz/rms/ovzdusi/index.html> - Státní ústav radiační ochrany (Monitorování radionuklidů v ovzduší)