

INSTITUT
OCHRANY
OBYVATELSTVA



POPULATION
PROTECTION
INSTITUTE

Špinavá bomba

Petra Kadlec Linhartová
MV – GŘ HZS ČR - Institut ochrany obyvatelstva
Lázně Bohdaneč

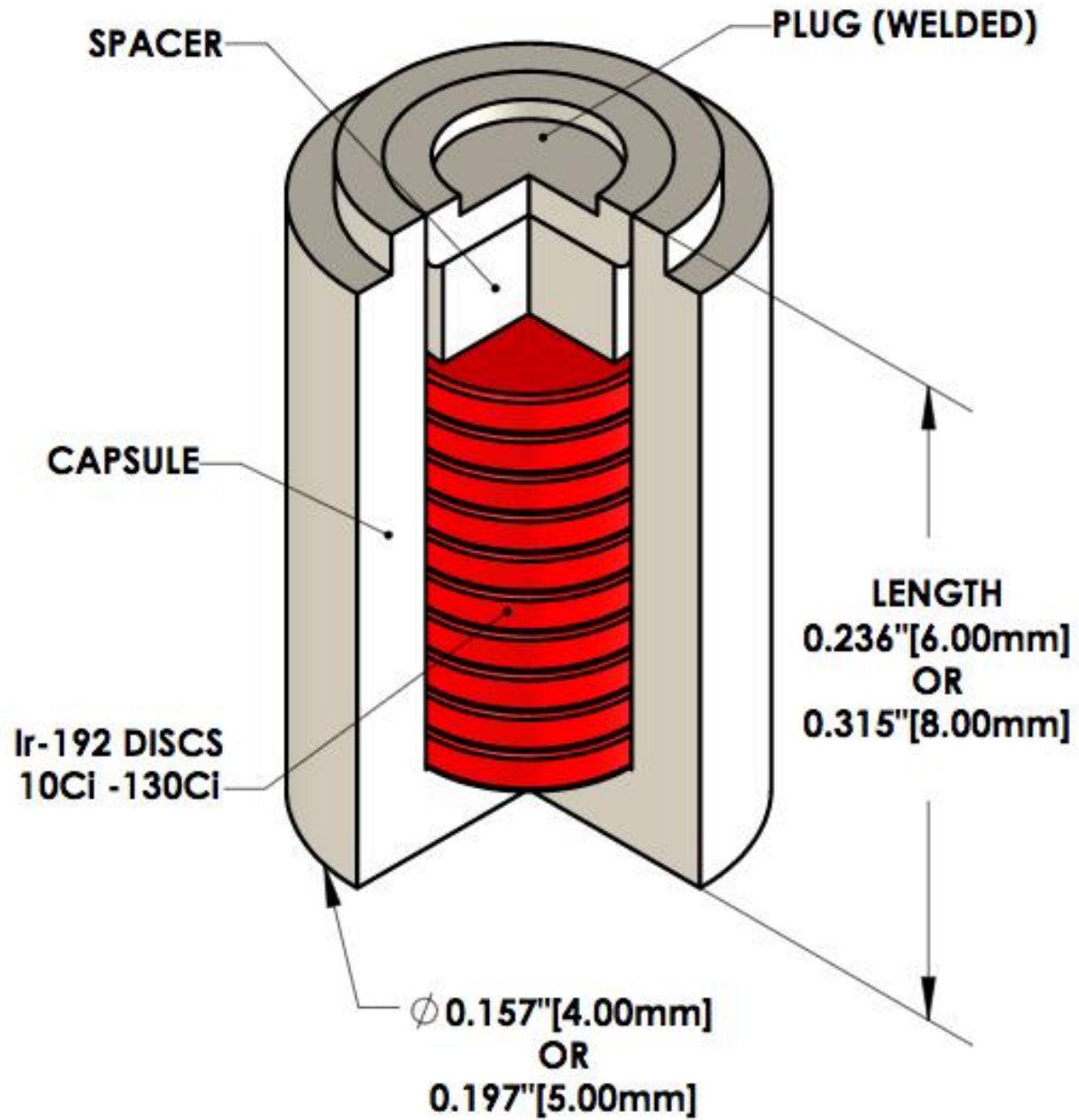




ŠPINAVÁ BOMBA STČ - 01

- **Špinavá bomba** - zbraň způsobující radioaktivní kontaminaci rozptýlením radioaktivních látek (dále jen „RaL“) výbuchem. Velikost kontaminovaného prostoru závisí na druhu a množství RaL, místě výbuchu, povětrnostních podmínkách apod. Psychologické dopady mohou převládat nad zdravotním poškozením způsobeným RaL.
- **Radioaktivní látky** (RaL) - látky, které obsahují atomy (radionuklidy) podléhající radioaktivní přeměně za vzniku ionizujícího záření. RaL mohou obsahovat např. radionuklidy uranu, plutonia, kobaltu, cesia, iridia.
- **Nebezpečná zóna** - vymezený prostor, ve kterém platí režimová opatření, např. používání osobních ochranných prostředků (dále jen „OOP“), omezení doby pobytu, řízený vstup a výstup.









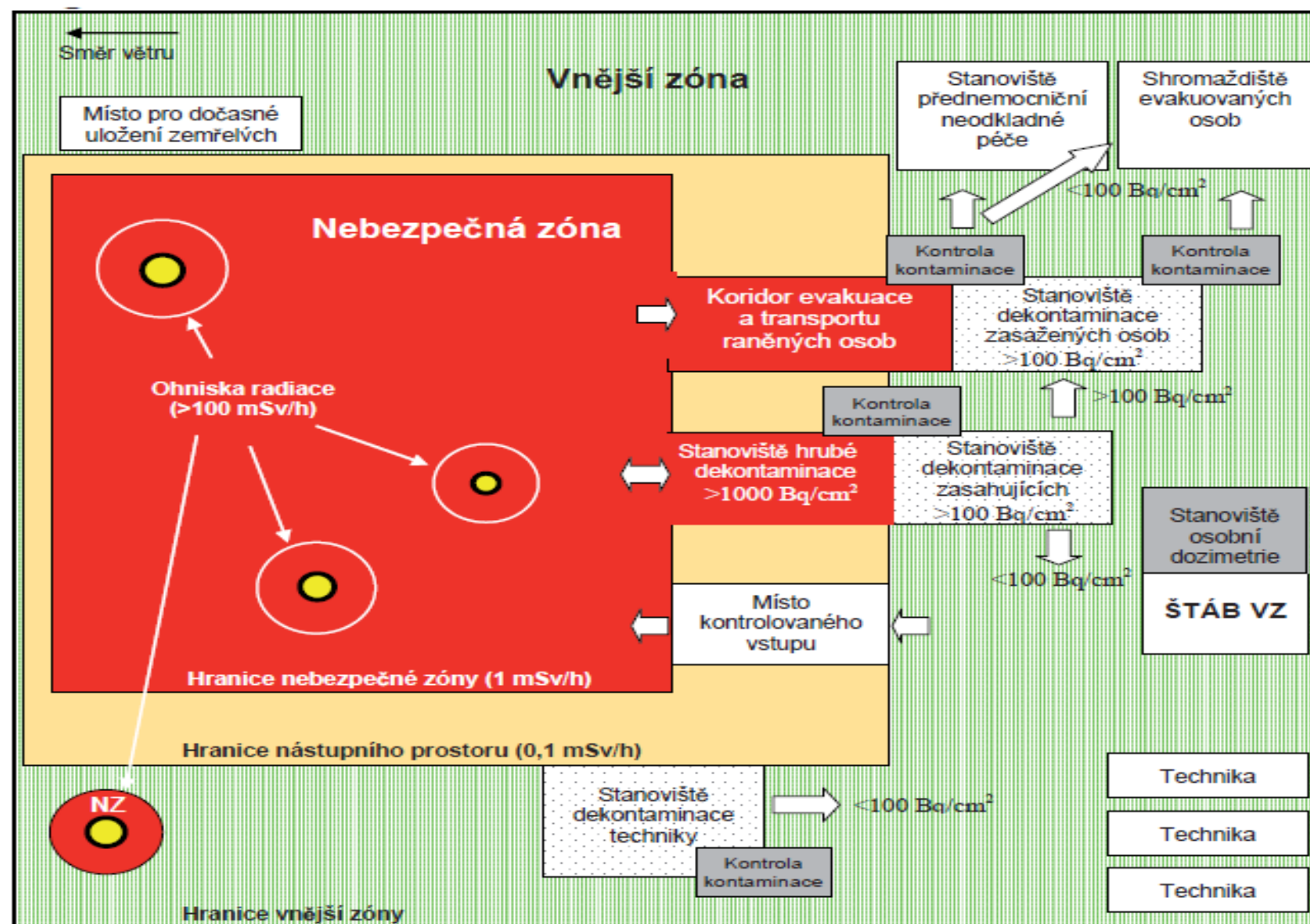


- **Vnější zóna** - prostor, který vymezuje místo zásahu. Ve vnější zóně se zřizuje nástupní prostor pro zásah a jsou zde soustředěny zasahující síly a prostředky.
- **Dávka** - (použita pro zjednodušení místo pojmu efektivní dávka); je mírou biologických účinků ionizujícího záření na člověka; jednotkou je sievert [**Sv**].
- **Dávkový příkon** - (použit pro zjednodušení místo pojmu příkon efektivní dávky); dávka vztažená k jednotce času; jednotkou je sievert za hodinu [**Sv/h**].
- **Plošná aktivita** - aktivita RaL vztažená k jednotce plochy, jednotkou je becquerel na centimetr čtvereční [**Bq/cm²**].
- **Dekontaminace** - (použita pro zjednodušení místo pojmu dezaktivace); odstraňování RaL z povrchu na přijatelnou mez.
- **Ohniska radiace** - ostrůvky s extrémně vysokým dávkovým příkonem (cca >100 mSv/h).

Činnost při řešení mimořádné události

- **Při řešení MU je prioritní záchrana osob při zajištění bezpečnosti zasahujících s ohledem na přítomnost RaL a zjištění rozsahu kontaminovaného prostoru.**
- Činnost složek IZS při řešení MU lze rozdělit do dílčích etap:
 - a) záchranné a likvidační práce (radiační průzkum, záchrana osob),
 - b) **poskytnutí přednemocniční neodkladné péče,**
 - c) opatření na ochranu obyvatelstva (varování, evakuace, dekontaminace),
 - d) psychosociální pomoc osobám zasažených na MU,
 - e) dekontaminace a radiační průzkum po ukončení likvidačních prací,
 - f) předání místa zásahu odpovědným orgánům.

Organizace místa zásahu



Pozn.:

Stanoviště hrubé dekontaminace: ustanovuje se na místě s dávkovým příkonem $\leq 0,3 \text{ mSv/h}$, dekontaminují se zasahující s plošnou aktivitou $> 1000 \text{ Bq/cm}^2$.

Stanoviště dekontaminace zasažených osob: ustanovuje se na místě s dávkovým příkonem $< 30 \text{ } \mu\text{Sv/h}$, dekontaminují se osoby s plošnou aktivitou $> 100 \text{ Bq/cm}^2$.

1. Stanoviště přednemocniční neodkladné péče

- Vedoucí zdravotnické složky zřídí po dohodě s velitelem zásahu podle aktuálních možností a potřeb stanoviště pro třídění, přednemocniční neodkladnou péči a odsun raněných.
- Současně, v případě potřeby, může být organizována psychosociální pomoc osobám zasaženým MU dle STČ 12/IZS.

2. Dekontaminace RaL

	Protichemický ochranný oděv	Povrch těla	Povrchy
Dekontaminační činidlo	1. 0,5 - 3% detergent 2. Neodekont 3. 10% Hvězda	1. kyselé mýdlo (pH~6) 2. Neodekont 3. 0,5 - 3% detergent 4. 10% Hvězda	1. 5 - 10% pěnotvorný dezaktivací roztok 2. 0,5 - 3% detergent 3. 10% Hvězda 4. Neodekont

Složení detergentu:

Např.: 1 - 3% hm. Na₂EDTA, 1% hm. SPOLAN AES 253, 1% hm. kyselina citronová, ad 100 % voda.

Složení pěnotvorného dezaktivací roztoku:

Např.: 3 - 5% hm. SPOLAN AES 253 (242), 2,5% hm. kyselina citronová, 2% hm. thiomčovina, ad 100 % voda (pH~2).

Radiační ochrana

Cíle radiační ochrany

- **Vyloučit** deterministické účinky
- **Snížit** riziko stochastických účinků

ZÁKLADNÍ PRINCIPY RO

Zdůvodnění
činnosti

Optimalizace

Limity dávek

Zabezpečení
zdroje

Princip zdůvodnění činnosti

- Činnost způsobující ozáření osob musí být zdůvodněna přínosem této činnosti pro společnost → z činnosti musí být více užitku než škody
 - Např. v lékařském oboru – riziko radiačního poškození při vyšetření musí být převáženo očekávaným zdravotním přínosem pro pacienta
- Princip zdůvodnění činnosti = chrání společnost

Princip optimalizace

- Označuje se = **ALARA** (As Low As Reasonably Achievable)
- Ozáření osob tak malé, jak jen lze optimálně dosáhnout při uvážení všech ekonomických a společenských hledisek
 - Např. v lékařství:
 - Optimalizace RO pro personál – ochranné pomůcky
 - Optimalizace RO pro pacienty – volba aplikované aktivity, přepočet aktivity dle váhy pacienta (menší aktivity pro děti)
- Princip optimalizace = chrání společnost

Princip limitování dávek

- Limity, které nesmí být žádnou činností překročeny
(vyjma ozáření přírodního pozadí a lékařské vyšetření)

	Efektivní dávka (E)	Ekvivalentní dávka (H_T)		
		Oční čočka	1 cm ² kůže	Končetiny
Obecné limity	1 mSv / rok	15 mSv	50 mSv	
Radiační pracovníci	20 mSv / rok (100 mSv / 5 let, současně 50 mSv / rok)	100 mSv / 5 let (50 mSv / rok)	500 mSv	500 mSv

- Princip limitování dávek = chrání jednotlivce
(hodnoty limitů vychází z optimalizace pro společnost)

Princip zabezpečení zdroje

- Cílem je zabezpečit zdroje o vysoké aktivitě od výroby / distribuci až po likvidaci / uložení / uvolnění
- Povolení, kontrola, monitorování
 - Centrální registr ZIZ – KOPIS (2x / rok)
 - Vydávání povolení na výrobu, dovoz, nakládání ze ZIZ apod.
 - Zkoušky provozní stálosti
 - Zkoušky dlouhodobé stability
 - Přejímací zkoušky
 - Typové schvalování ZIZ
- Vymezení kontrolovaného a sledovaného pásma
 - Prostory s regulovaným přístupem
 - Označeny radiačním znakem
 - Př.: laboratoř přípravy radiofarmak, radiochemické laboratoře



Ochrana osob před ozářením a kontaminací

- Závisí na možných cestách
- **Zevní ozáření (nejvýznamnější) = *gama záření***
- **Ozáření z povrchové kontaminace = *beta záření***
- **Ozáření z vnitřní kontaminace = *alfa a beta záření***
 - *Ingescí, inhalací, průnik otevřeným poraněním*

Vnitřní ozáření / kontaminace

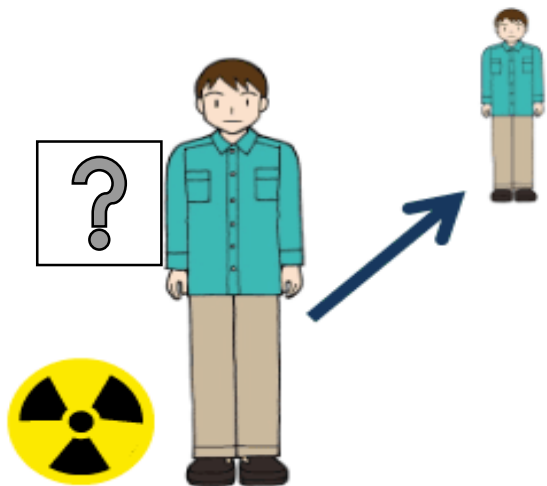
- **Obyvatelstvo** – výpusti a úniky radionuklidů do prostředí, zkoušky JZ, havárie JZ, přírodní radionuklidy
- **Profesní** – JZ, výzkumná pracoviště, výroba značených sloučenin, lékařská pracoviště, těžba U a Th, expozice radonem
- **Lékařské** – diagnostická, terapeutická a paliativní léčba

Způsoby vnitřní kontaminace:

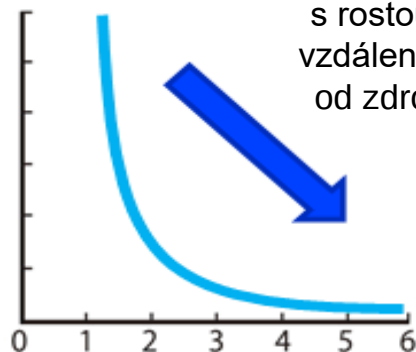
- **Inhalací** – vdechnutí RaL (aerosol, plyny a páry, atd.)
 - **Ingescí** – přechod RaM ústy do zažívacího traktu
 - **Průnikem přes poraněnou kůži** – i subkutánní podání
- **Absorpcí přes neporaněnou kůži** – v lékařství (transdermální)

vzdálenost

bud' od zdroje co nejdál



Dávkový příkon ($\mu\text{Sv/h}$)

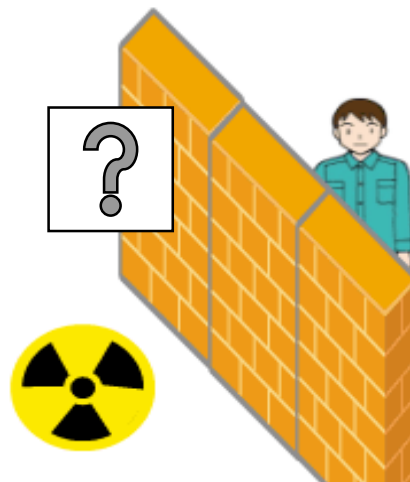


Vzdálenost od zdroje (m)

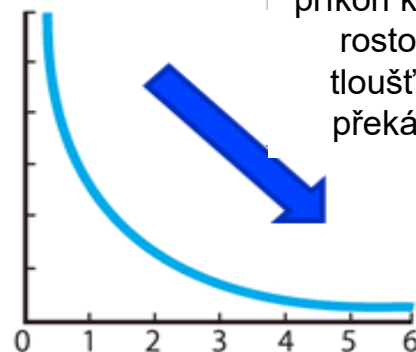
Dávkový
příkon klesá
s rostoucí
vzdáleností
od zdroje

stínění

schovej se za něco těžkého



Dávkový příkon ($\mu\text{Sv/h}$)



Tloušťka zdi (cm)

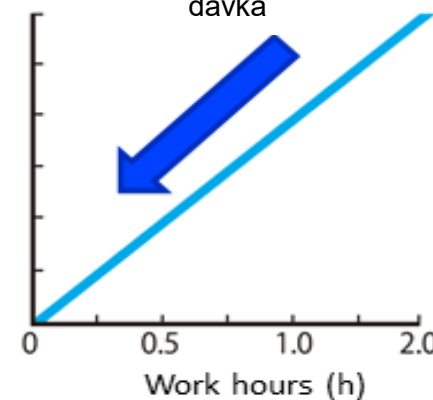
Dávkový
příkon klesá s
rostoucí
tloušťkou
překážky

čas

bud' u zdroje záření co
nejkratší dobu



Dávka (μSv)



Čím kratší doba
strávená v
přítomnosti zdroje tím
nižší je obdržena
dávka

Odpracovaný čas (hod)

Uzavřený zdroj

Rozptyl radionuklidů do
okolí **NENÍ MOŽNÝ**



Pole ionizujícího záření

Dávkový příkon
[Gy/h]; [Sv/h]

Osoba je ozářená

Odbržená dávka
[μ Sv, mSv, Sv]



Otevřený zdroj

Rozptyl radionuklidů a
kontaminace okolí záříče



Osoba je kontaminovaná

Povrchová kontaminace
[Bq/cm²]

Pole ionizujícího záření

Dávkový příkon
[Gy/h]; [Sv/h]

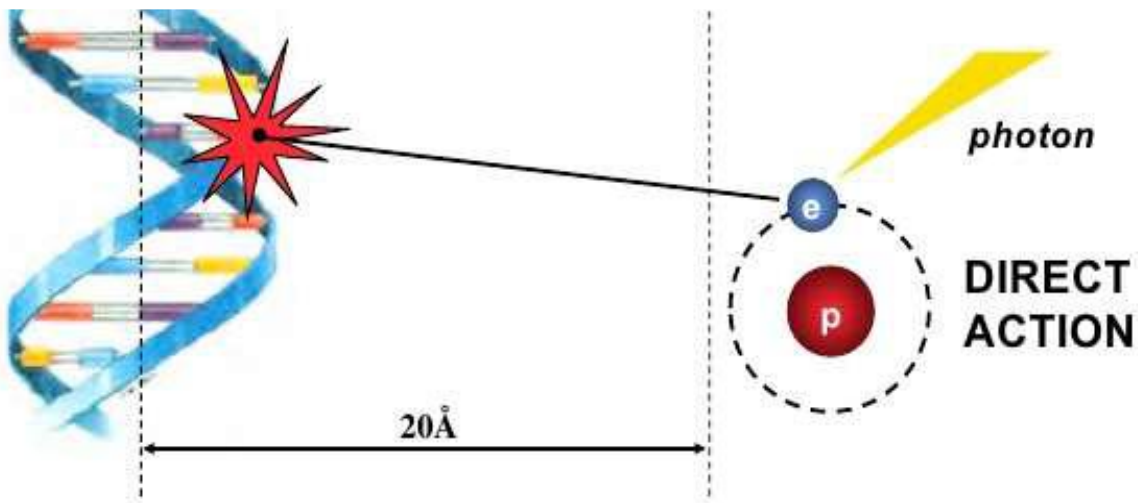
Kontaminovaná plocha

Plošná kontaminace
[Bq/cm²]

Teorie účinku IZ

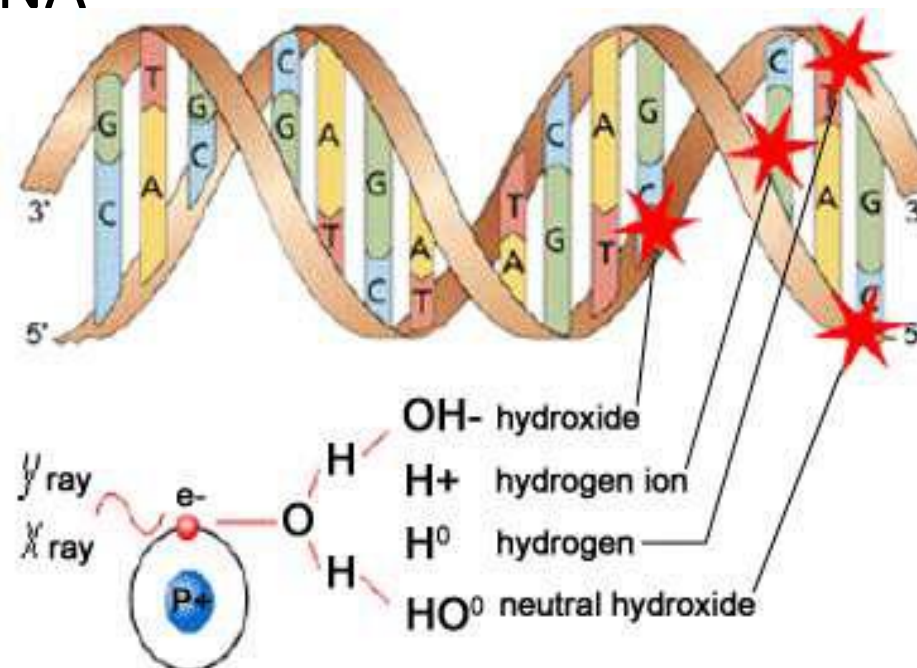
Přímý účinek (zásahová teorie)

- Interakce IZ s atomy DNA
- Převažuje u záření α , n^0



Nepřímý účinek

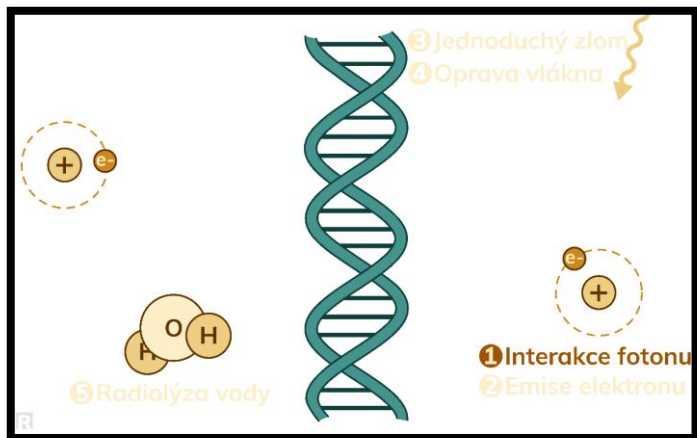
- Interakce IZ s molekulami vody
- Radiolýza vody → produkty radiolýzy (radikály) poškozují DNA
- P_i



Poškození DNA

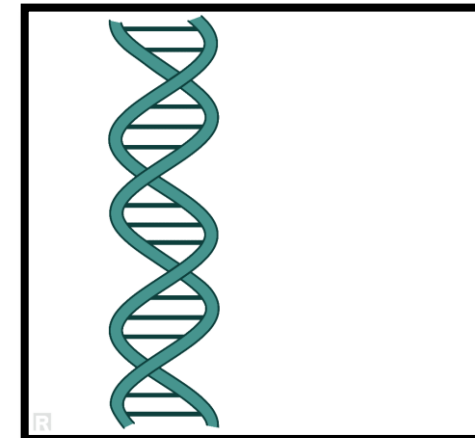
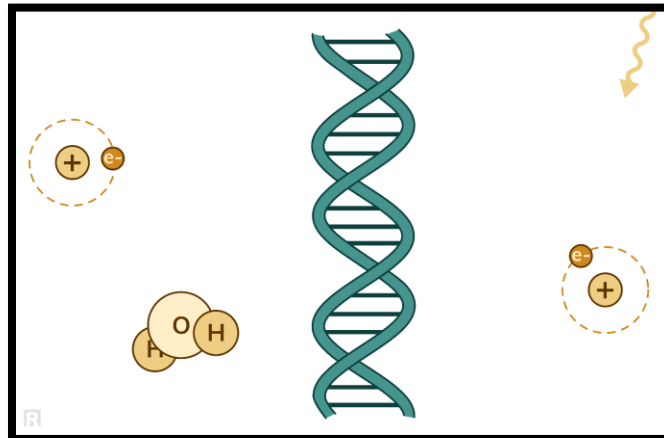
Jednoduchý zlom

- Dochází k 1 zlomu ve šroubovici
- Opravitelný (reparace či mutace)
- U řídce ionizujícího záření



Dvojitý zlom

- Dochází ke 2 zlomům v šroubovici
- Neopravitelný (usmrcení buňky)
- U hustě ionizujícího záření



Mechanismy IZ

Fyzikální stádium

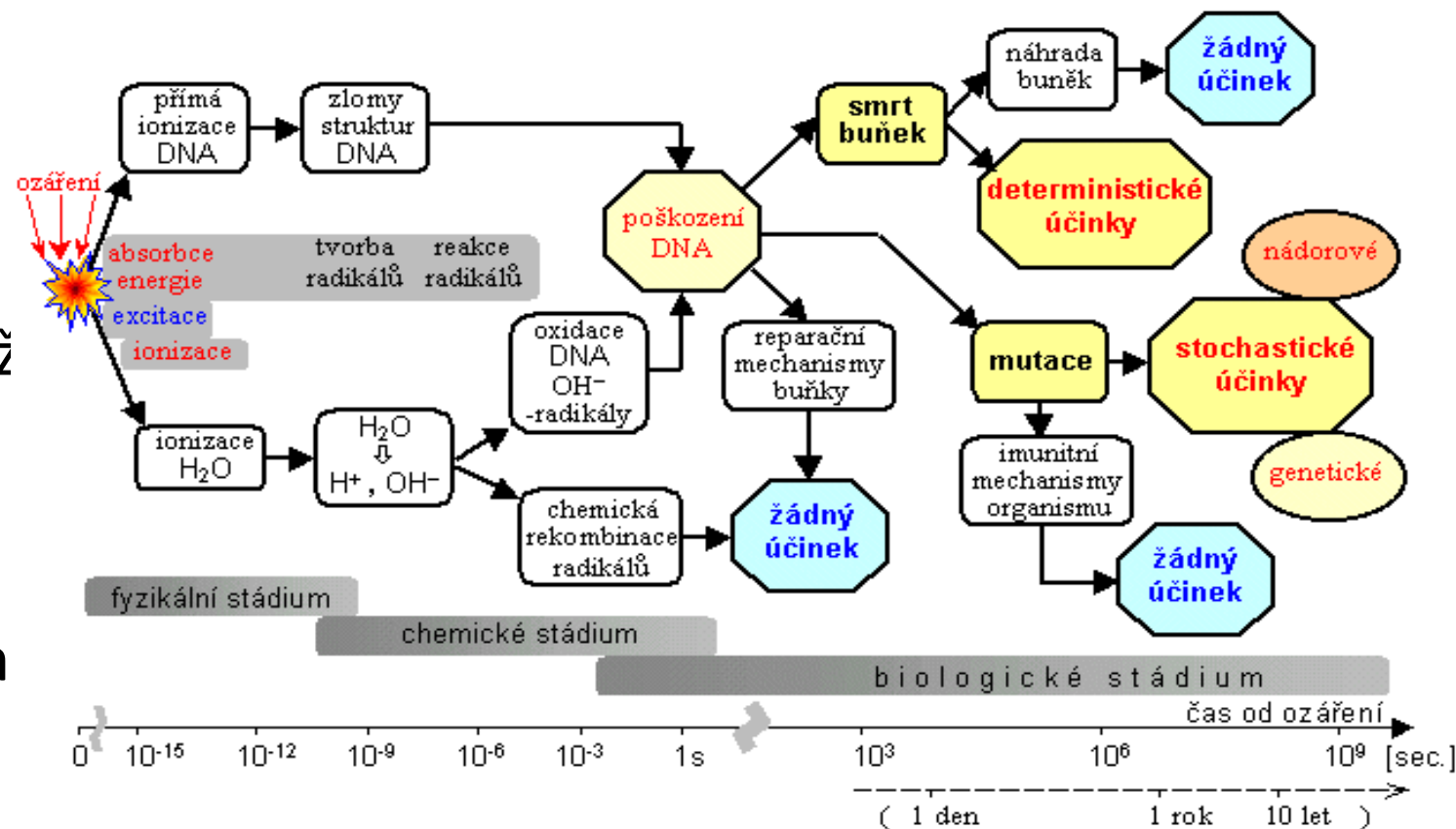
- Interakce IZ s hmotou → ionizace a excitace (téměř rychlost světla)

Chemické stádium

- Disociace molekul → vznik radikálů = radiolýza (tisíciny až jednotky sekund)

Biologické stádium

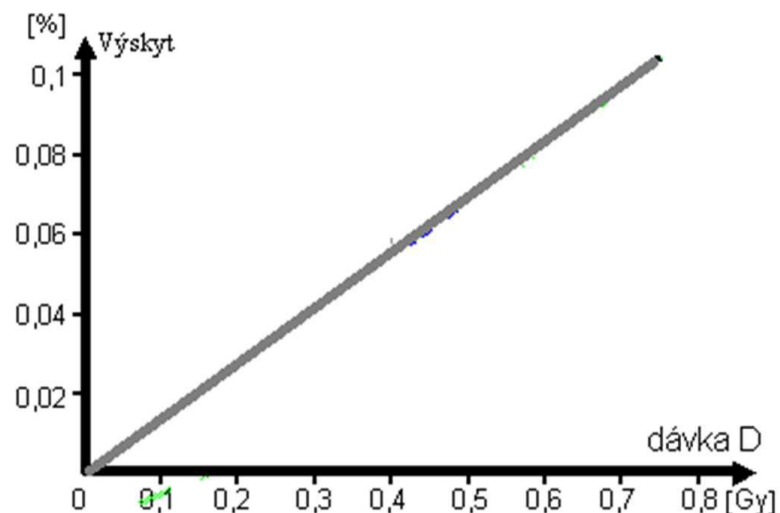
- Změna v biologicky důležitých látkách (reparace, mutace, poškození)



Následky ozáření

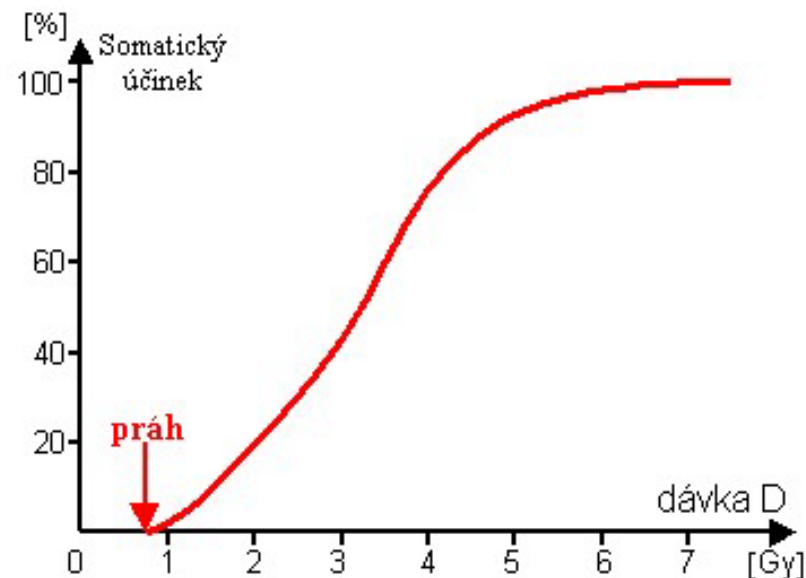
Stochastické účinky

- Bezprahové – lineární model
- Účinek nezávisí na velikosti dávky (vyšší dávka → vyšší pravděpodobnost)
- Pozdní účinky – dlouhá doba latence (až desítky let)
- Nespecifický klinický obraz (nelze odlišit od spontánních případů)



Deterministické účinky

- Prahové (každá tkáň má jiný práh)
- Vyšší dávka → větší poškození
- Účinek krátce po ozáření (několik dnů až týdnů)
- Specifický klinický obraz

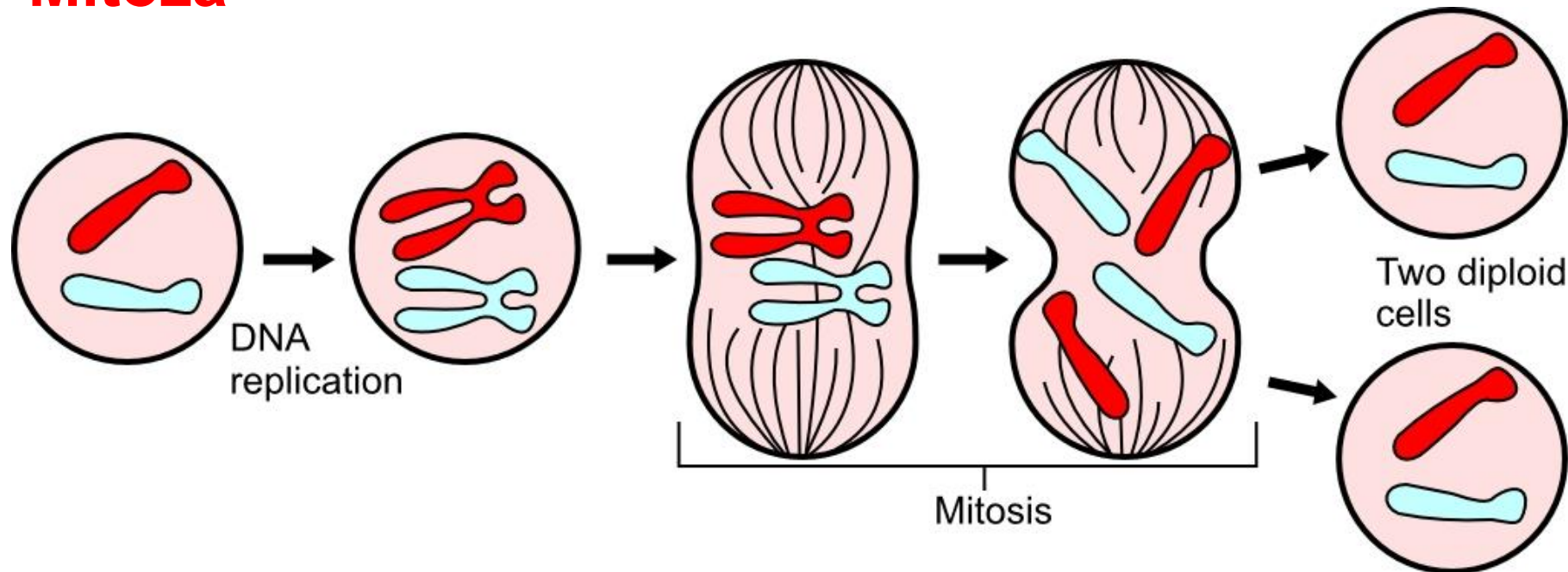


Radiosenzitivita tkání

Zvláště vysokou **radiosenzitivitu** (citlivost) vykazují tkáně v nichž probíhá rychlé buněčné dělení - krvetvorné orgány, střevní výstelka, vyvíjející se zárodek, epitelální výstelky (hltan, jícn, žaludek, močový měchýř), oční čočka, kůže

Nízká – nervová tkáň, svaly

Mitóza



Akutní nemoc z ozáření (ARS)

Fáze:

- **Prodromální**
 - Zvýšená teplota, zvracení, bolest hlavy, průjem
- **Latentní**
 - Malátnost, bolest hlavy, epilace, vyšší teplota (30 až 5 dní, dle obdržené dávky)
- **Manifestní**
 - Slabost, krvácení, třesavka, zánět nosohltanu, hrdla a sliznice ústní, horečka, nebezpečí celkové infekce (nástup po 30 až 8 dnech po ozáření)
- **Rekonvalescence**
 - Pravděpodobnost trvalého poškození – krvetvorba, neplodnost, porucha růstu, častá nádorová onemocnění, slabost či únava



635 dní po expozici – do rány se dostává infekce a bakterie začínají být rezistentní vůči antibiotikům





- **Cca 680 dní po expozici** se stav pacienta značně zhoršuje - hnisavé rány plné poly-rezistentních mikroorganismů (modrý hnis), nekróza svalů, žebra, ramenní kosti a obratle.
- Postupně mu začínají selhávat i některé vnitřní orgány (ledviny, dýchací a oběhová soustava), trpí silnými horečkami, špatně se mu dýchá, septický šok.
- Smrt díky zástavě srdce (fibrilace) nastává 13. 5. 2004 - 693 dní po expozici)

Druhý pacient

18 dní po expozici



137 dní po expozici

Odhad obdržené
celotělové dávky
4,4-5,7 Gy

**490 dní po expozici (502 dní po
expozici propuštěn z nemocnice)**



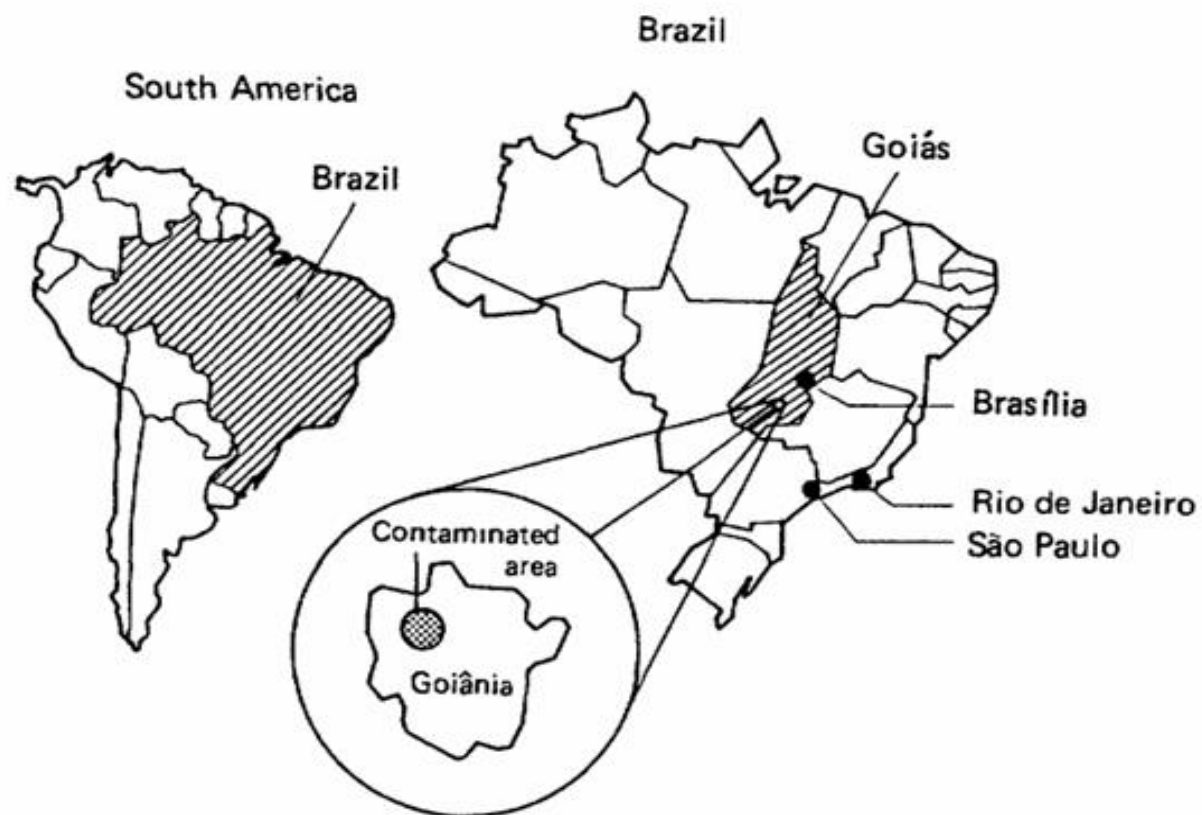


FIG 1 Plan showing the location of Goiânia in relation to Rio de Janeiro (1348 km) and São Paulo (919 km), where the major radiological protection resources are situated, and giving an impression of the relative size of the contaminated area of the city.

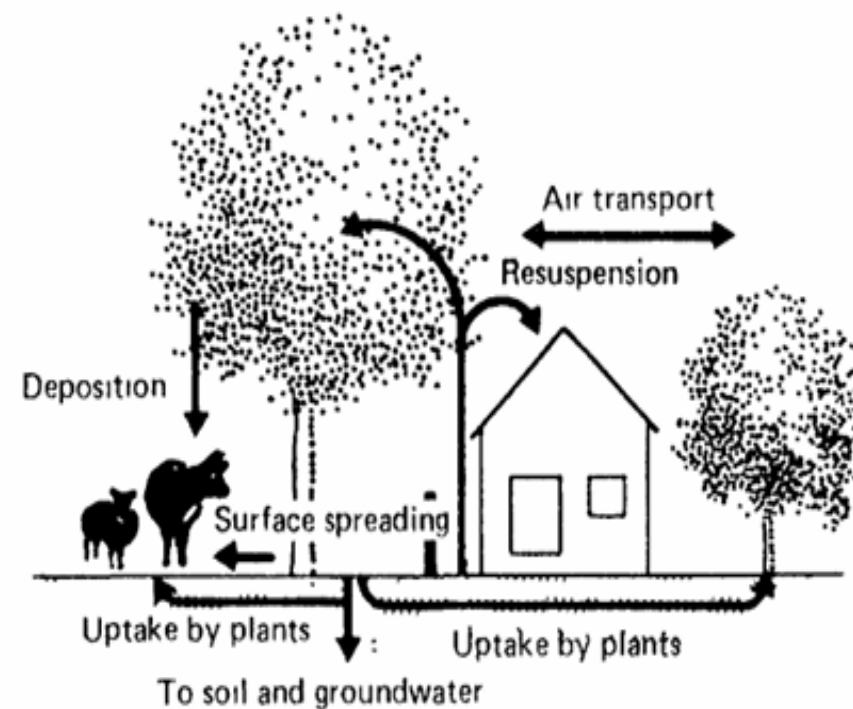
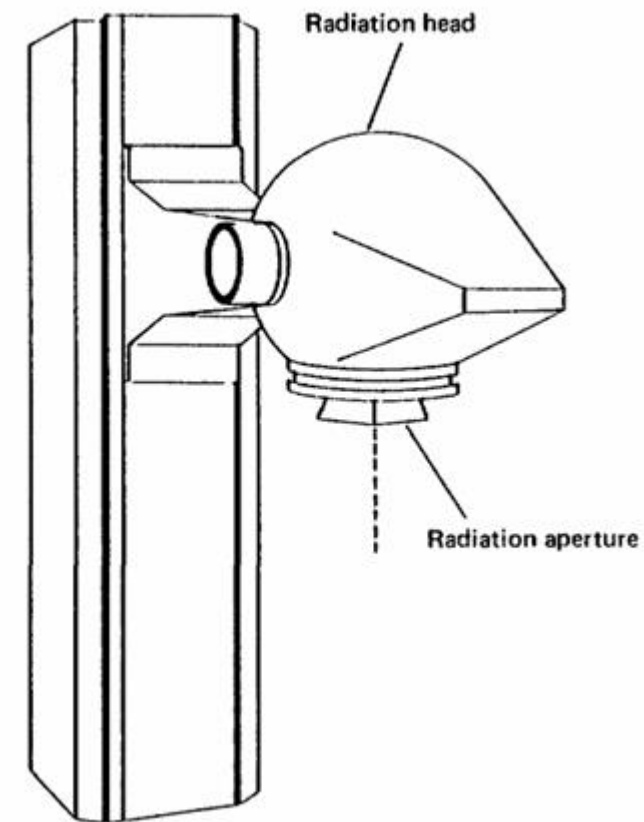
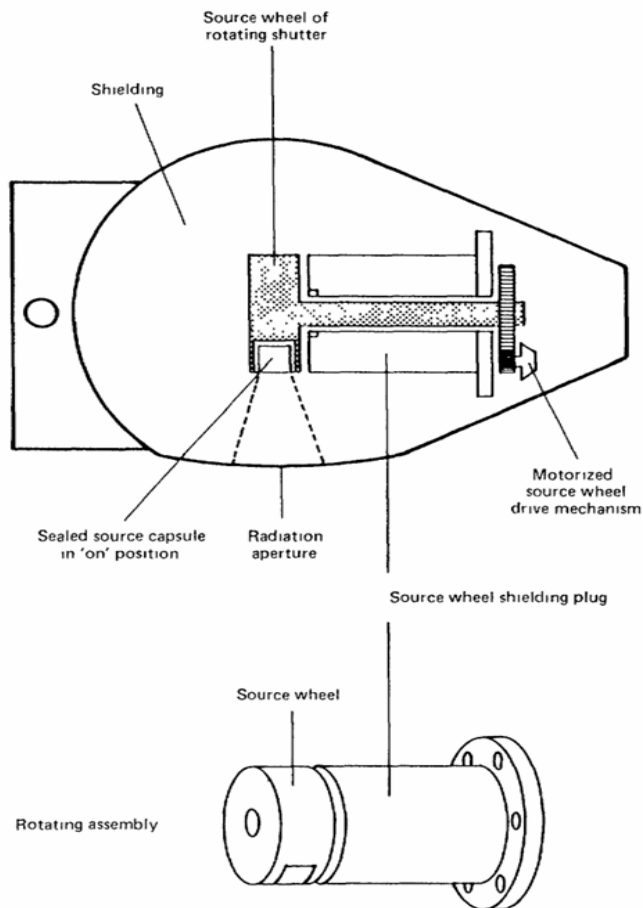


FIG 17 Contamination pathways for caesium.

Příčný řez hlavou záření teleterapeutického přístroje podobného tomu, ze kterého byla v Goiânii odstraněna zdrojová sestava, ukazující rotační sestavu pro zdrojovou kapsli





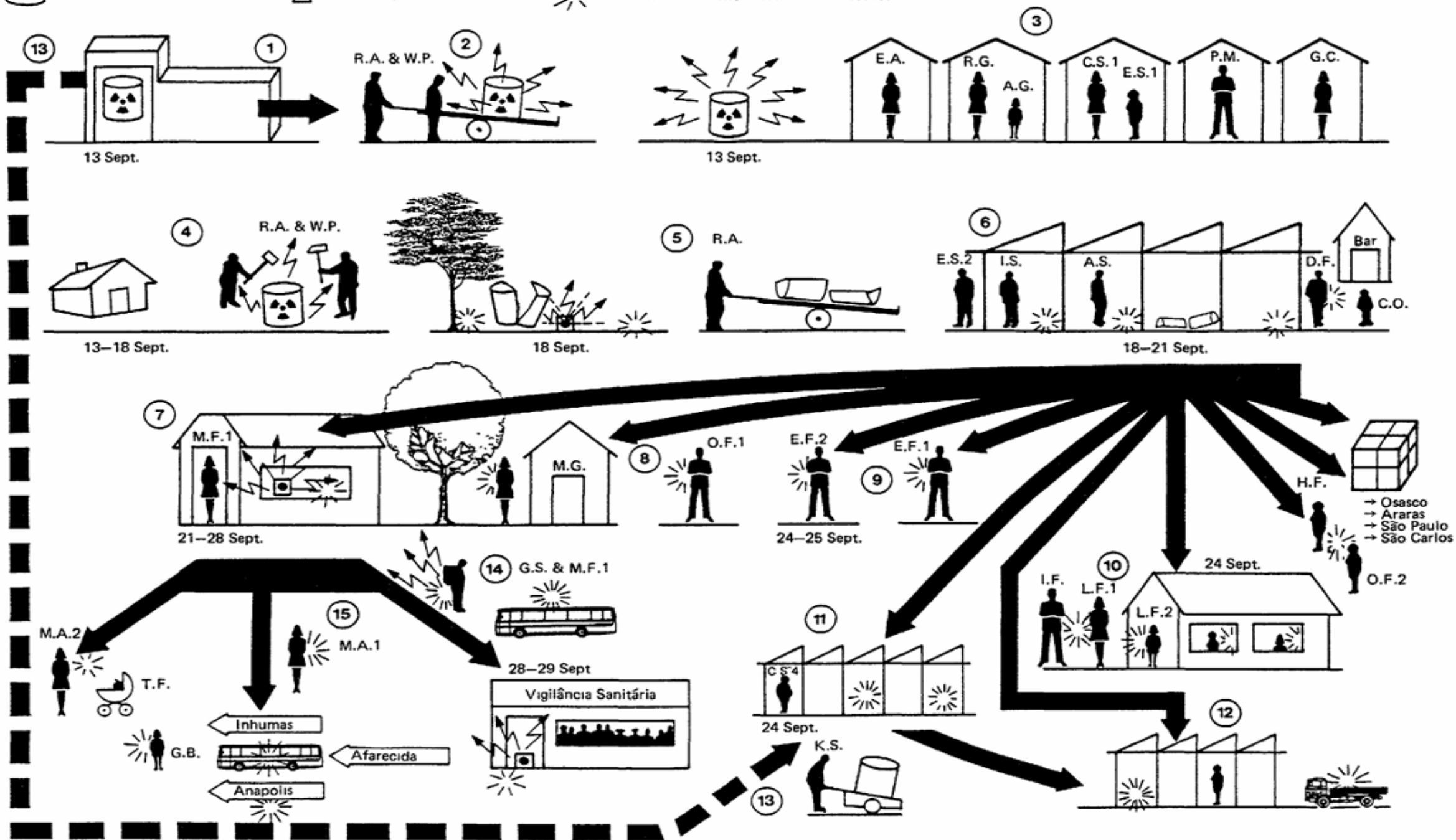
Source assembly



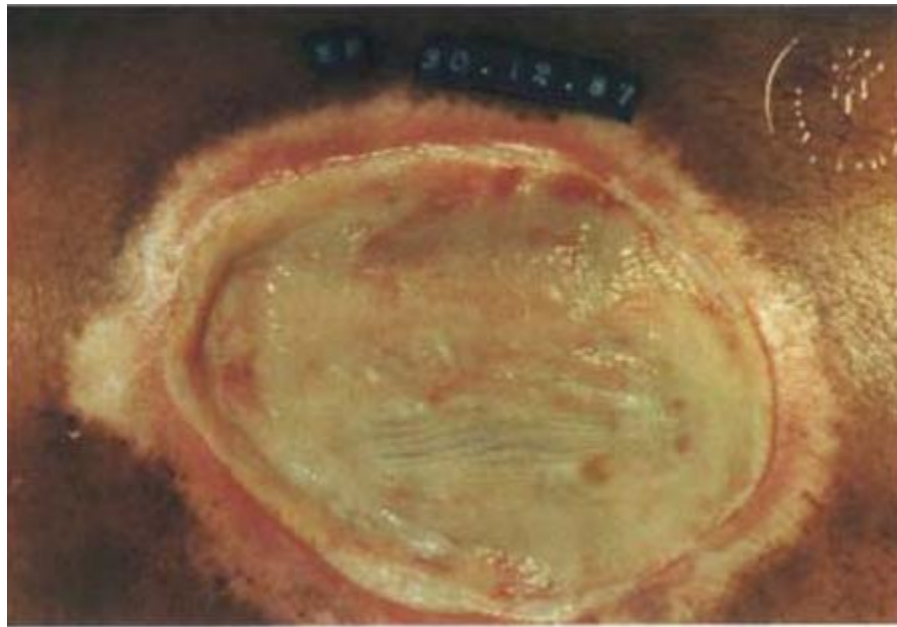
Source capsule



Contamination with caesium from source







26. Injury has extended into musculature of the thigh. Lesion 100 mm × 120 mm.



25. A radiation induced lesion on the thigh about 25 days after irradiation.

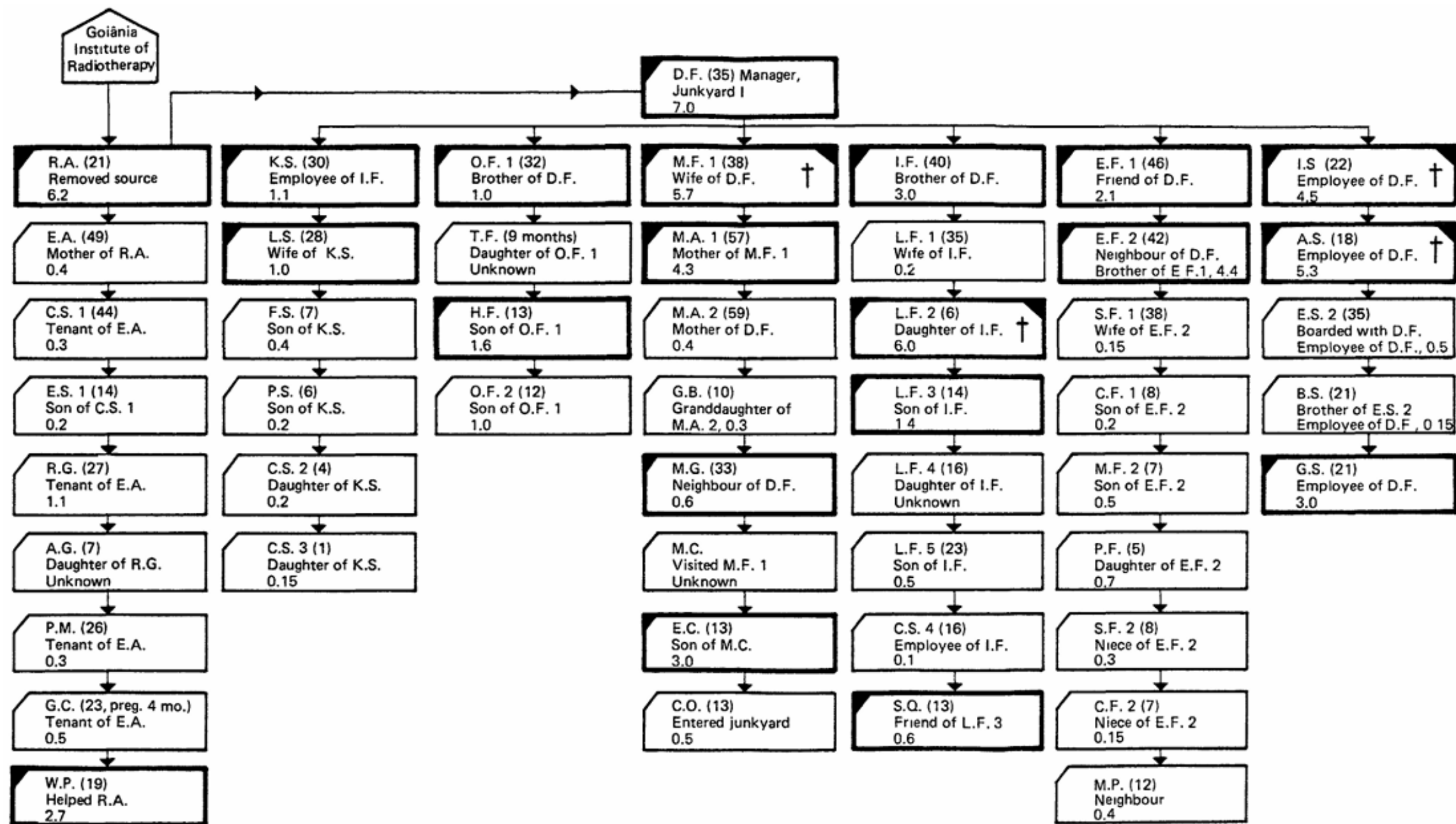














DĚKUJI ZA POZORNOST