



**Niečo viac o indukovanej rádioaktivite
v ožarovniach LÚ
a „klapkovom syndróme“ v RÚVZ SR**

Matula P., Končík J.
VOÚ a.s. Košice



Cieľom príspevku

1. Popísať fenomén **“neutrónového smogu“** a **indukovanej rádioaktivity** v ožarovniach LÚ
2. Peripétie s uznaním III.rizikovej kategórie a nekompetentnosti inštitúcie „kompetentnej“ k vydaniu rozhodnutia v zmysle legislatívy v SR!



Úvod

Dlhodobu pretrvávalo „falošné paradigma“ o nevýznamných expozíciách pracovníkov v ožarovniach LU po vypnutí ožarovacieho zväzku

Novšie štúdie v oblasti ochrany zdravia pri práci s IŽ (Occupational Health) však upozorňujú na nezanedbateľné expozície z indukovanej rádioaktivity v materiáloch LU spôsobenej neutrónmi prítomnými v X –zväzku a reakciami (X,n)

Vo zväzku X-žiarenia sa nachádzajú neutróny (cca 0,5 %)

Fluencia neutrónov = 10^{11} n Gy⁻¹ cm² v izocentre (1m od hlavice)

Lineárny urýchľovač ONCOR



- X 6 a 18 MV
- Elektróny
6,9,12,15,18 a 21 MeV
- Pole : 4x4 - 40 x 40 cm
- SAD 100 cm
- MLC 82
- EPID aSi
- IMRT



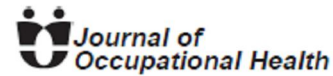
Zníženie rizika z indukovanej rádioaktivity v ožarovniach

- reflektuje naša legislatíva prvý krát v § 8 ods. 3 Zák. č.545/2007 kde sa uvádza :
„do priestorov s urýchľovačom častíc musí byť zabezpečený kontrolovaný vstup a v prípade potreby aj oneskorený vstup do doby, kým aktivita a dávkové príkony neklesnú pod prijateľnú úroveň“. (? !)



Čo nás motivovalo ?

J Occup Health 2012; 54: 131–140



Field Study

Evaluation of Optimum Room Entry Times for Radiation Therapists after High Energy Whole Pelvic Photon Treatments

Lavine HO, Peter WHITE, Edward CHAN, Kim CHAN, Janet NG and Timothy TAM

Department of Health Technology and Informatics, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong

- Palo Laurinčík z BB na Košických chem. dňoch
- Zrušenie III.rizikovej kategórie vo VOÚ a.s. !



Realita overená i na našich LÚ

**Potvrdená kontaminácia pracovného prostredia
ožarovní (po vypnutí zväzku) neutrónmi
a indukovanou rádioaktivitou materiálov a prostredia.**

**„neutrónový smog“ vzniká
pri jadrových reakciách typu (X,n) a (n,X)**

**K „foto-neutronovému“ záchytu dochádza sa
pri energiách X - žiarenia vyšších než 8-10 MeV.**

Pôdorys ožarovne s LÚ

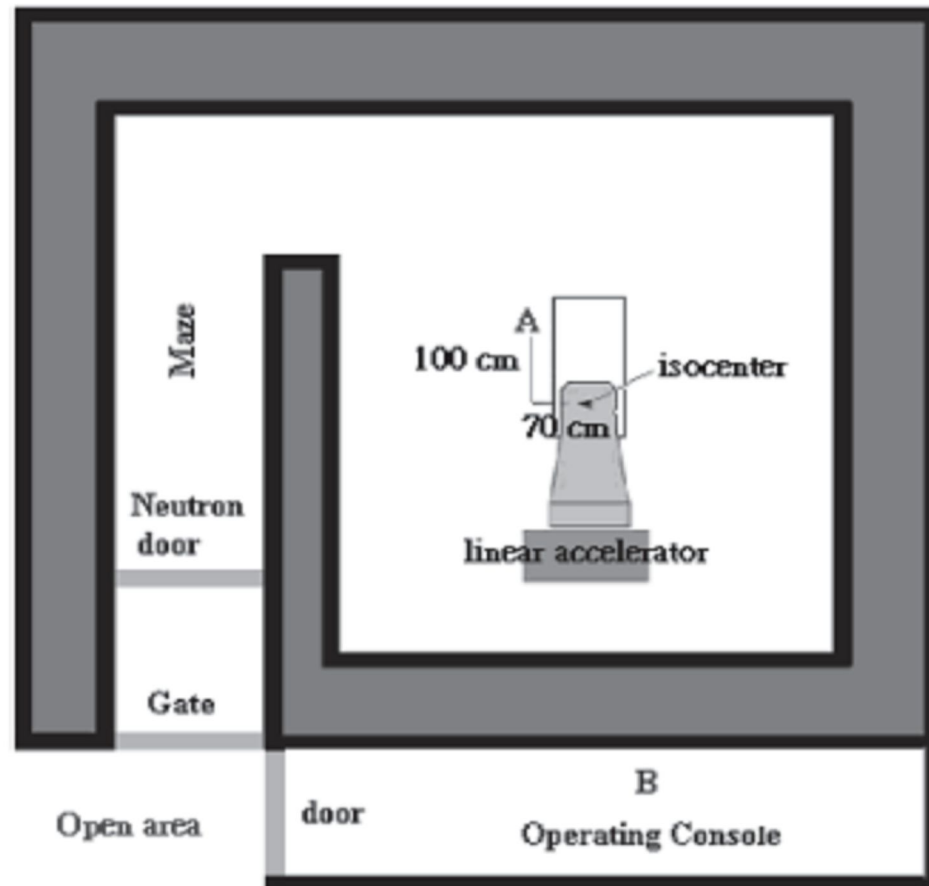
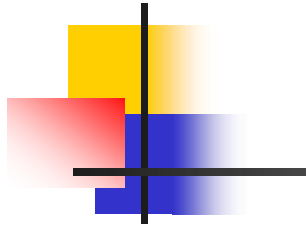


Fig. 1. The floor plan of the treatment room at Tuen Mun Hospital, indicating position of the detectors.

Schéma neutrónového smogu

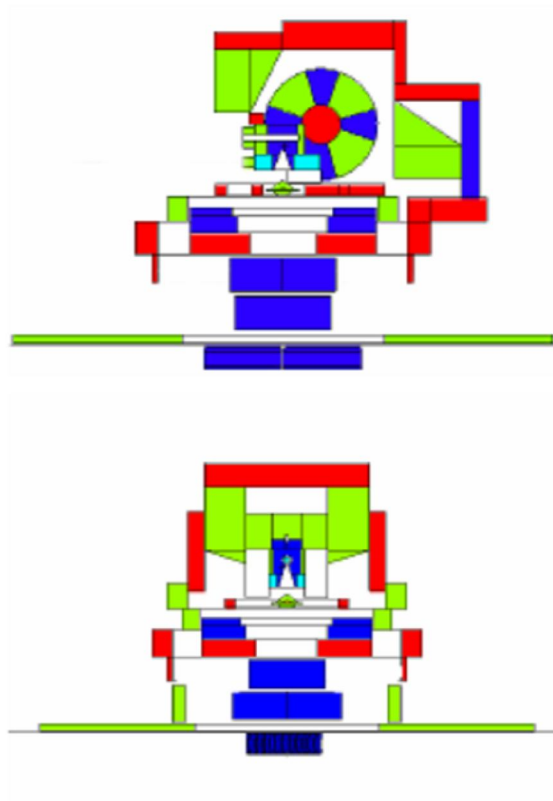


Figure 1: Varian Clinac 2100C geometry coded in MCNPX

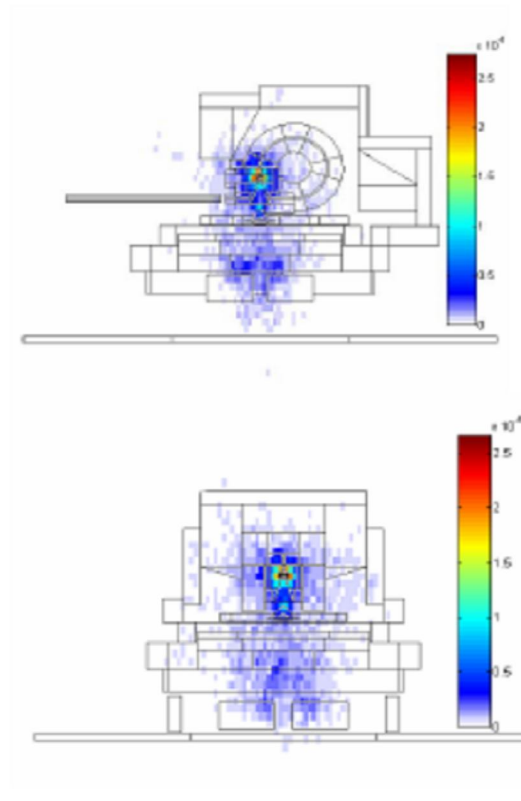
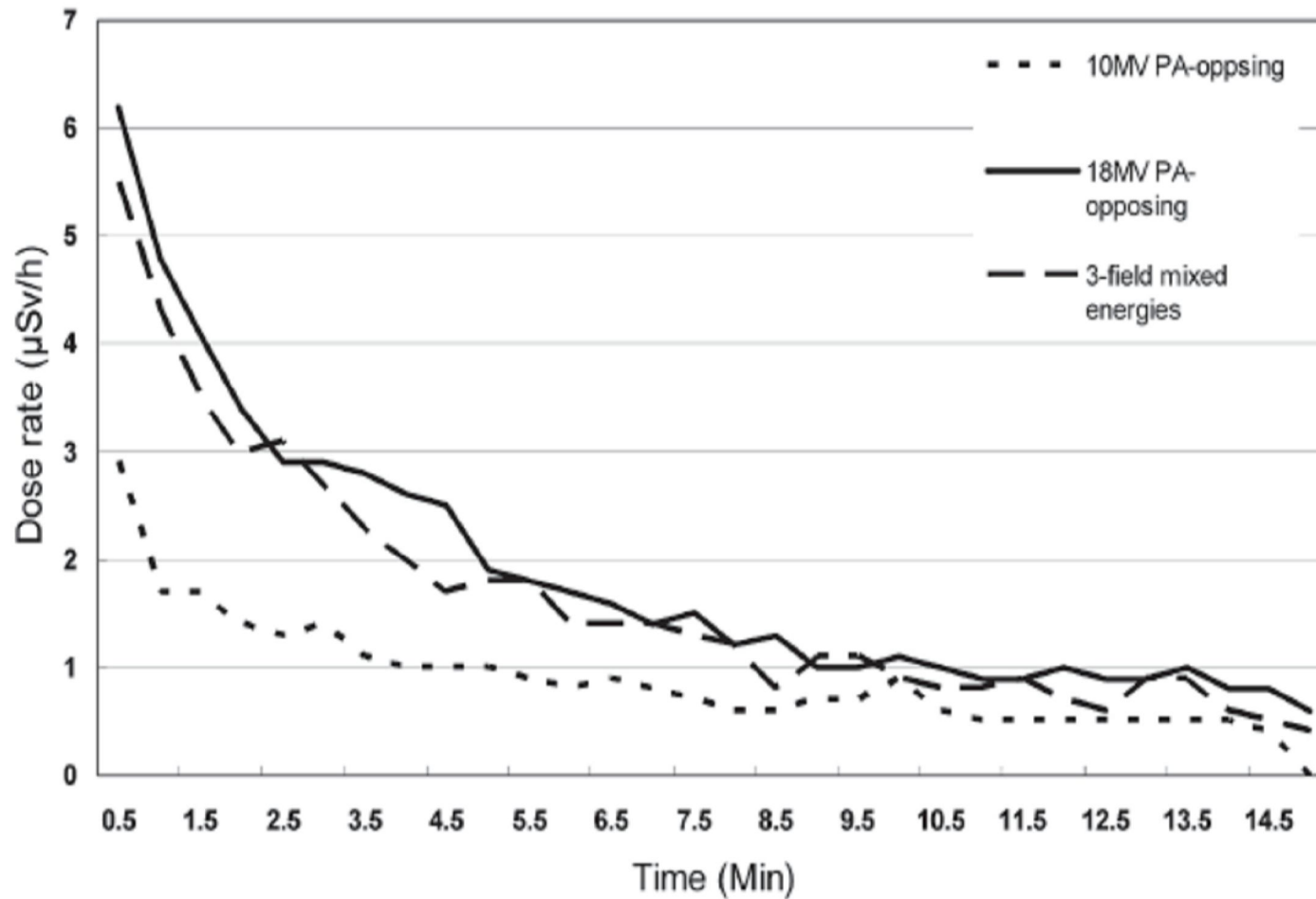
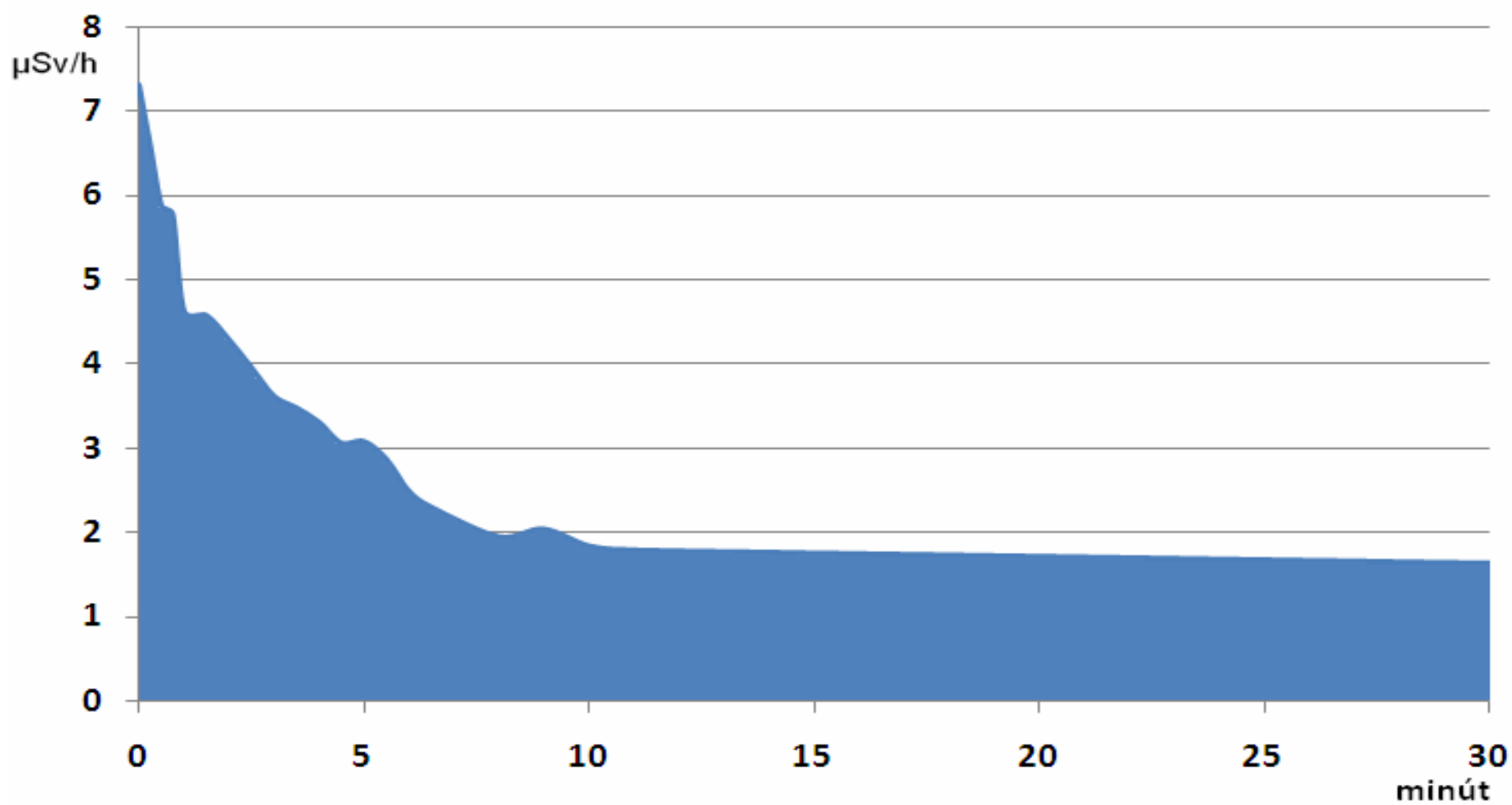


Figure 2: MCNPX results showing neutron fluence (particles/cm² per source particle) mapping superimposed over the accelerator geometry

Krivka poklesu D/t ($\mu\text{Sv/hod}$)



1 meter od hlavice po 1Gy 18MV (b.b.)



Dávkový příkon 10 cm od hlavice X -18MV

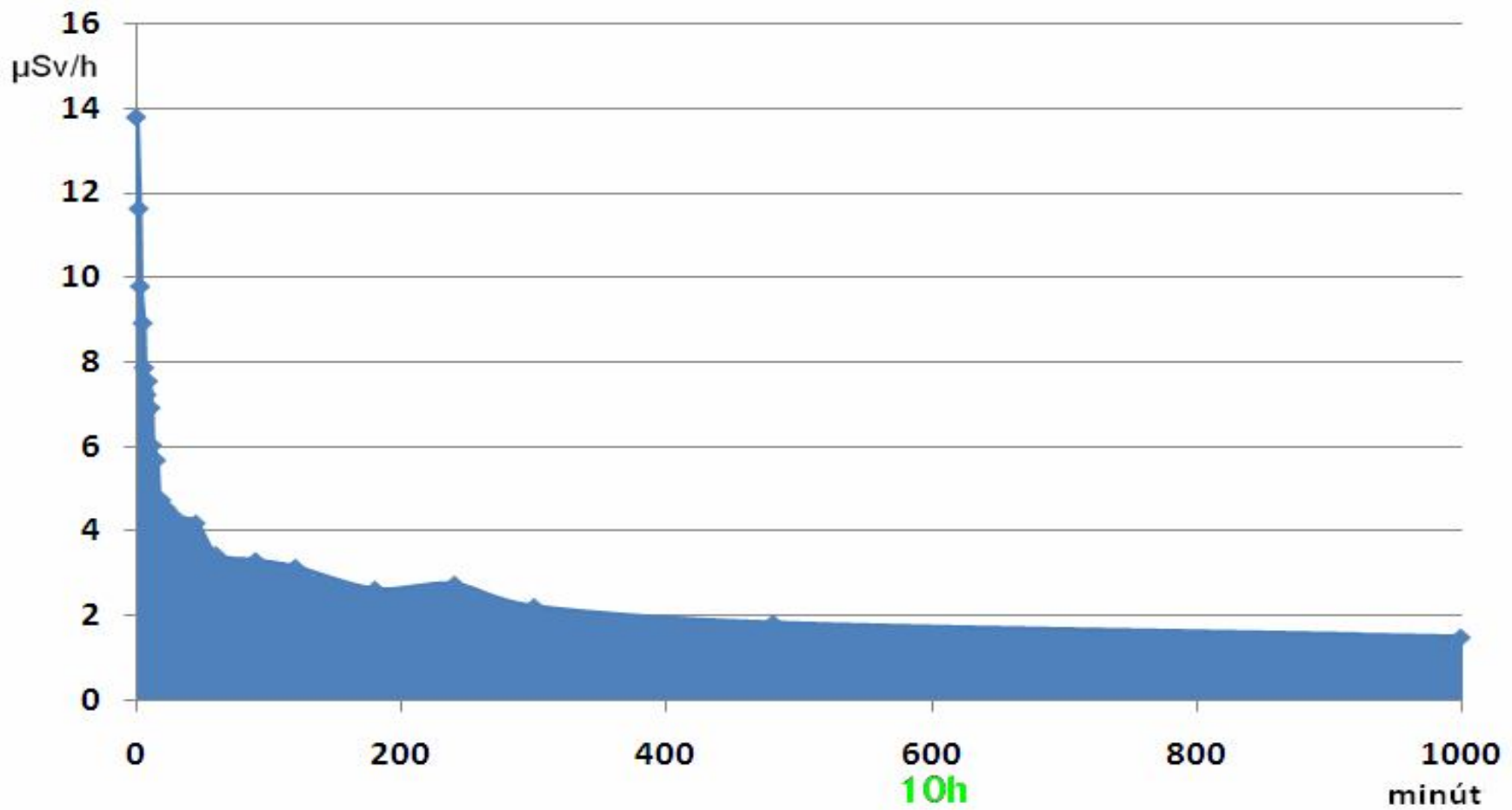


Schéma hlavice urýchľovača

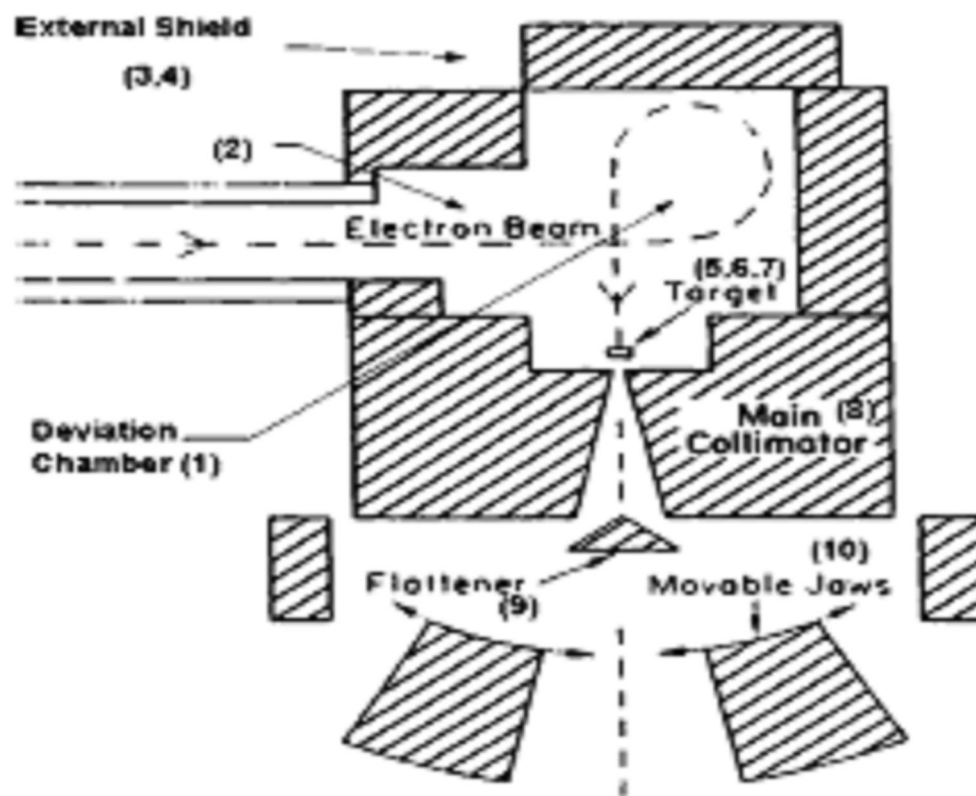


FIG. 1. Schematic view of the accelerator head. The numbers in parentheses correspond to the sequence of the analyzed samples.

TABLE I: Relative neutron yield in different components.

Mode 18 MV energy on target 18.3 MeV		
	Neutron yield per incident electron	Relative neutron yield %
Jaws (cm ²) 10 x 10		
Target (W,Cu)	1.29×10^{-4}	13
Primary collimator (W)	4.98×10^{-4}	50
Flattening filter (Fe,Ta)	8.60×10^{-5}	9
Jaws	2.59×10^{-4}	26
Other	1.57×10^{-5}	2
Total	9.88×10^{-4}	100.0
Neutron per Gy in isocenter	9.88×10^{11}	

Detekované rádionuklidy v materiáloch hlavice (Brusa et)

TABLE I. Radionuclides found in the structure. Note: Fe, Ni, and Mn are components of stainless steel; Zn is contained in brass. Co could be present in iron as impurity.

Radionuclide	Decay mode ^a	Half life ^a	Main γ -ray energies (keV) [branching] ^a	Possible way of production
⁵⁴ Mn	EC	312.12 d	834.85[99.98%]	⁵⁵ Mn(γ, n) ⁵⁴ Mn ⁵⁴ Fe(n, p) ⁵⁴ Mn
⁵⁷ Co	EC	271.79 d	122.06[85.6%]	⁵⁸ Ni(γ, n) ⁵⁷ Ni \rightarrow EC β^+ \rightarrow ⁵⁷ Co
⁵⁸ Co	EC, β^+	70.82 d	810.78[99.45%]	⁵⁹ Co(γ, n) ⁵⁸ Co ⁵⁸ Ni(n, p) ⁵⁸ Co
⁶⁰ Co	β^-	5.2714 y	1173.24[99.90%] 1332.50[99.98%]	⁶¹ Ni(γ, p) ⁶⁰ Co ⁶⁰ Ni(n, p) ⁶⁰ Co
⁶⁵ Zn	EC, β^+	244.26 d	1115.55[50.60%]	⁶⁶ Zn(γ, n) ⁶⁵ Zn
¹⁸¹ W	EC	121.2 d	57.54 [55%]	¹⁸² W(γ, n) ¹⁸¹ W

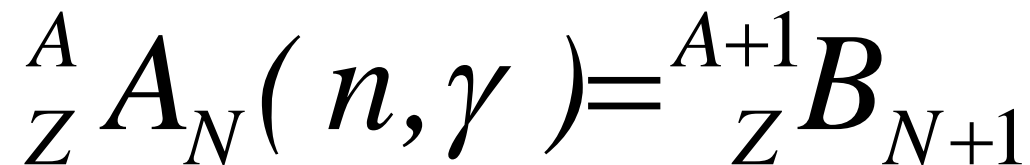
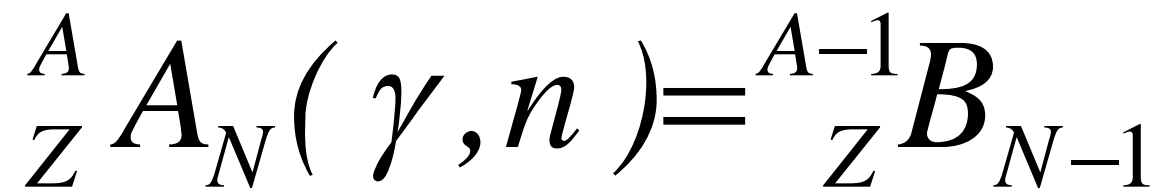
Ďalšie detekované rádioizotopy

Table 1. Detected isotopes and count rate reduction factor r_i at isocenter after closing of the collimator

Isotope	$T_{1/2}$	Gamma energy (keV)	Decay mode	produced by	Reduction factor r_i
Na-24	15.0 h	1369	e^-	(n, γ)	1.03 ± 0.14
Al-28	2.24 min	1779	e^-	(n, γ)	1.12 ± 0.07
Mn-54	312.3 d	835	e^+	(γ ,n)	0.33 ± 0.07
Mn-56	2.58 h	847, 1811	e^-	(n, γ)	1.02 ± 0.07
Co-57	271.8 d	122	e^+	(γ ,n)	0.18 ± 0.02
Co-58	70.9 d	811	e^+	(γ ,n)	0.19 ± 0.05
Co-60	5.27 y	1173, 1333	e^-	(n, γ)	1.00 ± 0.12
Ni-57	35.6 h	1378	e^+	(γ ,n)	0.03 ± 0.01
Cu-62	9.74 min	-	e^+	(γ ,n)	0.10 ± 0.06
Zn-65	244.3 d	1116	e^+	(n, γ)	1.30 ± 0.40
Br-82	35.3 h	619, 777	e^-	(n, γ)	1.02 ± 0.05
Sb-122	2.72 d	1141	e^-, e^+	(n, γ)	0.98 ± 0.08
Sb-124	60.2 d	603	e^-	(n, γ)	1.03 ± 0.08
W-187	23.7 h	480, 686	e^-	(n, γ)	0.78 ± 0.07
Au-196	6.18 d	356	e^+, e^-	(γ ,n)	0.60 ± 0.12



Jadrové reakcie (γ, n) a (n, γ)



Terčik X žiarenia









Aké sú ročné dávky u personálu ?

	Annual Dose/mSv			
	Elekta	GE	Siemens	Varian
Clinical staff	1.68	2.3	0.62	2.53
Technical staff	1.06	1.41	0.35	1.06

Tab. 4: Calculated annual doses for hospital staff for the four machines.



Čo stanovuje legislatíva ?

- Sada zákonov k ochrane zdravia (pacientov, personálu i jednotlivcov z obyvateľstva)
- Zák.340/2006 – Ochrana pri lekárskom ožiarení – zdôvodnenie ožiarenia , monitorovanie
- Zák. 345/2006 - limity dávky , kontrolované pásmo
- Zák. 355/2007 - §31- kontrolované pásmo = 3. kat. Radiačná ochrana
- Zák. 545/2007 –Vyhl. MZ SR – radiačná ochrana



Čo stanovuje legislatíva ?

- Sada zákonov k ochrane zdravia (pacientov, personálu i jednotlivcov z obyvateľstva)
- Zák.340/2006 – Ochrana pri lekárskom ožiarení – zdôvodnenie ožiarenia , monitorovanie
- Zák. 345/2006 - limity dávky , kontrolované pásmo
- Zák. 355/2007 - §31- kontrolované pásmo = 3. kat. Radiačná ochrana
- Zák. 545/2007 –Vyhl. MZ SR – radiačná ochrana



Limity pre personál §11 Zak.345/2007

(1) Limity ožiarenia pracovníkov sú:

- a) efektívna dávka 100 mSv počas piatich za sebou nasledujúcich kalendárnych rokov, pričom efektívna dávka v žiadnom kalendárnom roku nesmie prekročiť 50 mSv,
- b) ekvivalentná dávka v očnej šošovke 150 mSv v kalendárnom roku,
- c) ekvivalentná dávka v koži 500 mSv v kalendárnom roku, ktorá sa určuje ako priemerná dávka na ploche jedného cm^2 najviac ožiarenej kože bez ohľadu na veľkosť ožiarenej plochy kože,
- d) ekvivalentná dávka v horných končatinách od prstov až po predlaktie a v nohách od chodidiel až po členky 500 mSv v kalendárnom roku.



Definícia kontrolovaného pásma §21(345)

- Príkron dávkového ekvivalentu bude v priemere pri bežnej prevádzke zdroja ionizujúceho žiarenia vyšší než $2,5\mu\text{Sv/hod}$.
- ^{60}Co 2,6 – 6,1 $\mu\text{Sv/hod}$ v izocentre
39 - 55 $\mu\text{Sv/hod}$ 10 cm od hlavice
- LU X 18 MeV
7 $\mu\text{Sv/hod}/0,5\text{min.}$,
14 $\mu\text{Sv}/10$ cm od hlavice



Podľa Zák.345/2006

Kontrolované pásmo

§ 21

(1) Kontrolované pásmo sa vymedzuje tam, kde by efektívna dávka z ožiarenia mohla prekročiť 6 mSv alebo ekvivalentné dávky by mohli prekročiť tri desatiny príslušných limitov ožiarenia pracovníkov.

(2) Ak nie je osobitným spôsobom, najmä časovo obmedzeným používaním zdrojov ionizujúceho žiarenia odôvodnené inak, je účelné kontrolované pásmo vymedziť tam, kde sa očakáva, že

a) prikon priestorového dávkového ekvivalentu bude v priemere pri bežnej prevádzke zdroja ionizujúceho žiarenia vyšší než 2,5



Definícia rizikovej kategórie III.

Zákon 355/2007 § 31 d)

- Riziková kategória III.
 - b) Práce, pri ktorých je expozícia zamestnanca znížená technickými parametrami na úroveň limitov , ale **vzájomná kombinácia** faktorov práce môže spôsobiť poškodenie zdravia
 - chemické riziko : O₃,NO_x, ťažké kovy
 - psychická záťaž : možnosť ublíženia pct pri používaní techniky s nevyhnutnou kolíziou



Definícia rizikovej kategórie III.

Zákon 355/2007 § 31 d)

- Riziková kategória III.

d) Práce vykonávané v kontrolovanom pásme, pri ktorých vzhľadom na **premenlivost'** radiačných parametrov je na obmedzenie nevyhnutné používať ochranné prostriedky a vykonávať **dodatočné technické organizačné a iné ochranné opatrenia**



Fyzikálne rizikové faktory v RT

Radičné rizikové faktory	X	6MV a 18 MV
	e-	6, 9, 12, 15, 18 MeV
	$\gamma - {}^{60}\text{Co}$	Energia = 1,25 MeV (energia)
	neutróny	$\Phi = 10^{11} \text{ n /cm}^2/\text{Gy}$ v izocentre ! ($w_r=5-10$)
	$\gamma {}^{192}\text{Ir}$	Energia=0,337 MeV
	optické žiarenie	lasery – zameriavacie, trieda II. (ONCOR1, ONCOR2, TERAGAM)



Chemické rizikové faktory

Chemické rizikové faktory *	O₃	ozón (< 0,2 mg/m³)
	NO_x Woodov kov	oxidy dusíka (NO₂ < 9,5 mg/m³) výpary pri roztápaní kovu z digestoru



Opatrenia v zahraničí a dopady

- Aby nedošlo k prekročeniu limitu 6 mSv/rok na pracoviskách v zahraničí je z týchto dôvodov vstup do ožarovní LÚ po každej ožiarenej frakcii/poli (pri energiách X -zväzku nad 10MeV) posunutý na 3 min. u E=18 MeV 7,5 min.(25 pct/deň
- Toto obmedzenie však významne redukuje terapeutickú kapacitu ožarovača (počet ožiarených pacientov by sa znížil na 20-26 denne).
- Na našom pracovisku počas jednej zmeny vchádza personál do ožarovne 50-55 krát. (25 pct/zmenu)



Odhad dávkového ekvivalentu

- $H = D.T.W.t$,
- kde H je veľkosť možnej ekvivalentnej dávky
- D je veľkosť dávkového príkonu
- T je čistý čas ožarovania
- W je smerový faktor
- t - časový faktor pobytu osôb
- $H = D.T.W.t$
- $H = 112 \mu\text{Sv/h} \cdot 562,5\text{h} \cdot 0,5 \cdot 0,2 = 6300 \mu\text{Sv/rok} = 6,3 \text{ mSv/rok}$



Odhad dávkového ekvivalentu

- $H = D \cdot N_{\text{dní}} \cdot W$
- $N_{\text{dní}} = \text{Počet pracovních dní v roku} = 365 - 104 \text{ SN} - \text{sviatky dní}$
- $W = \text{délka pobytu v ožarovni/ den} = 3 \text{ hod.}$
- $D = \text{dávkový příkon } 3 \mu \text{ Sv/hod}$

$$= 3 \mu \text{Sv/hod} \times 250 \text{ dní} \times 3 \text{ hod} + 0,5 \mu \text{/hod} \times 250 \times 3$$

Spolu $2250 + 375 = 2625 \mu \text{ Sv/rok} = 2,65 \text{ mSv/rok}$

- Pri počte vstupov len pre X 18MeV polovičná
- Hodnoty odpovedajú výsledkom osobnej dozimetrie
- Pri výpočte v čase s $d=7 \mu \text{SV/hod}$ Ročný dávkový ekvivalent = 5,3 mSv/rok



Prečo „klapkový syndrom“ na RÚVZ ?

- RÚVZ v Košiciach na podrobný posudok o expozíciach z VOÚ a.s. nezareagovali – pravdepodobne nerozumeli a žiadali o vypracovanie podrobného podľa metodického listu ÚVZ z. 2010.

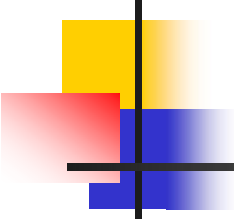
Podrobnosti Ide o úplne konfúzny, chaotický - neštrukturovaný list , ktorý by neobstál ani ako abstrakt bakalárskej práce.

Ukážka nasleduje:

NÁLEŽITOSTI NÁVRHU NA ZARADENIE PRÁC DO TRETEJ A ŠTVRTEJ KATEGÓRIE

Návrh na zaradenie prác do tretej a štvrtej kategórie obsahuje tieto údaje o

1. zamestnávateľovi a pracovisku:
 - a) obchodné meno, právnu formu, sídlo a identifikačné číslo (IČO), ak ide o právnickú osobu,
 - b) meno, priezvisko, bydlisko a IČO, ak ide o fyzickú osobu-podnikateľa,
 - c) právnu formu, zaradenie podľa Štatistickej klasifikácie ekonomických činností,
 - d) názov pracoviska,
 - e) počet zamestnancov zamestnávateľa, z toho počet žien,
 - f) počet zamestnancov pracoviska, z toho počet žien,
 - g) názov profesií podľa klasifikácie zamestnaní, kód profesií,
 - h) opis prác,
2. faktoroch práce a pracovného prostredia:
 - a) posúdenie rizika¹⁵⁾ s uvedením expozície zamestnancov jednotlivým faktorom práce a pracovného vzťahu k limitným hodnotám a kritériám,
 - b) kategóriu práce,
 - c) pracovisko, ktoré vykonalo objektivizáciu faktorov práce a pracovného prostredia,
3. opatreniach (technických, organizačných a iných) na zníženie zdravotného rizika:
 - a) vykonaných,
 - b) plánovaných vrátane časového harmonogramu,
4. zabezpečení zdravotného dohľadu na pracovisku:
pracovnú zdravotnú službu¹⁶⁾ (názov, sídlo, IČO).



Podrobnosti posudku o riziku a návrhu na zaradenie prác do kategórie rizika z hľadiska ionizujúceho žiarenia (1.časť)

Údaje o faktoroch práce a pracovného prostredia pre každú profesiu alebo činnosť

(pre ionizujúce žiarenie požiadavky nie sú stanovené v právnom predpise)

- názov profesie alebo činnosti,
- posúdenie rizika,
- popis (charakteristika) práce, podmienky práce, spôsob výkonu práce, obsluha zdrojov žiarenia,
- expozícia faktormi práce a pracovného prostredia ionizujúce žiarenie,
- charakteristiky a vlastnosti zdrojov ionizujúceho žiarenia, obalov rádioaktívnych žiaričov, tienení,
OOPP (dostupnosť, účinnosť), ochranných pomôcok a zariadení,
rádioaktívnych odpadov,



2. časť

relevantné expozičné cesty (vonkajšie ožiarenie, povrchová kontaminácia tela, vnútorná kontaminácia),

- radiačné parametre na pracovisku, druhy žiarenia, energia žiarenia, príkony dávky, rádioaktívna kontaminácia ovzdušia a povrchov, hlavné rádionuklidy,
- popis kontrolovaných pásiem, sledovaných pásiem a pásiem s obmedzeným prístupom,
- časová stabilita (premenlivosť) radiačných parametrov, priestorové rozloženie,
- doba strávená na pracovisku v rôznych úrovniach rizika (časová snímka - dĺžka expozície ionizujúcim žiarením a údaje o veľkosti dávkových príkonov a dávok na pracovisku, predpokladanú frekvenciu vykonávania činností, pri ktorých budú pracovníci ožiarení),
- systém monitorovania pracoviska a možnosti monitorovacích systémov vo vzťahu k rizikám,
- kategorizácia pracovníkov,
- individuálne osobné dávky pracovníka pri rovnakej práci v minulosti, prípadne individuálne dávky pracovníkov, ktorí vykonávajú rovnakú alebo podobnú prácu (prípadne dávky v rovnakej funkcii za posledné roky),



3.časť

technické a stavebné opatrenia na zníženie expozície a ich účinnosť ,

- výskyt chorôb z povolania na pracovisku,
- vykonané a plánované dodatočné technické, organizačné alebo iné špecifické ochranné opatrenia,
- výskyt predvídateľných odchýlok (ktoré s určitou pravdepodobnosťou môžu nastať pri normálnej práci)
a zhodnotenie expozície pri takýchto situáciách,

iné faktory práce a pracovného prostredia,

celkové zhodnotenie expozície a neistôt,

- návrh zaradenia zamestnancov do kategórie prác



4.časť

Údaje o opatreniach na zníženie rizika

- všeobecné opatrenia
- opatrenia na zníženie dávkových príkonov, kontaminácie ovzdušia a povrchov na pracovisku,
- opatrenia na zníženie externého a vnútorného ožiarenia pracovníkov – ochranné pomôcky a zariadenia, OOPP
- režim práce a odpočinku,
- organizácia práce,
- monitorovanie situácie,
- špeciálne opatrenia, pre vybrané práce (profesie), ak sú potrebné,
- plánované alebo navrhnuté opatrenia.

Odbor ochrany zdravia pred žiarením ÚVZ SR

Aktualizované: 3.11.2010



Zhodnotenie dokumentu z UVZ

- Autor musel byť „spoločenský unavený“
- Dokument neuvádza z ktorého Zák./Vyhl. vychádza
- Je naprosto chaotický, nekonzistentný používajúci prázdnotuché termíny
- Neobstál by ani pri skúškach na učňovku nie ako dokument z ÚVZ „kompetentného na ochranu zdravia zamestnancov a obyvateľstva“

NEKOMPETENTNOSŤ !!!!!!!



Záver

1. RÚVZ nie sú schopné odborne posúdiť riziko z IŽ
Pretrváva alibizmus, neprofesionalita a byrokracia
2. Dokument ÚVZ z r. 2010 (Podrobnosti...)
je prejavom arogancie moci a nekompetentnosti
(dokument je horší ako príloha v Zák. 448/2007 a 355 /2007)

Naša reakcia :

- a) Prentácia medzi fyzikmi a diskusia
- b) doplníme žiadosť a odborný posudok a podáme znovu
- c) ak neakceptované - sťažnosť na MZ , článok v ZdN , TV
- d) budeme za zrušenie právnej subjektivity RÚVZ



Zavedené a plánované opatrenia

- - hypofrakcionácia
- - SBRT (stereotaxia)
- - náhrada pevných klin. dynamickými
- - autosekvencia,
- - overenie klimatizácie etc.

Predstava RÚVZ - pokiaľ neurobíte podrobný popis
pri oprave klimatizácie - III. riz. kategóriu vám nepriznáme !

