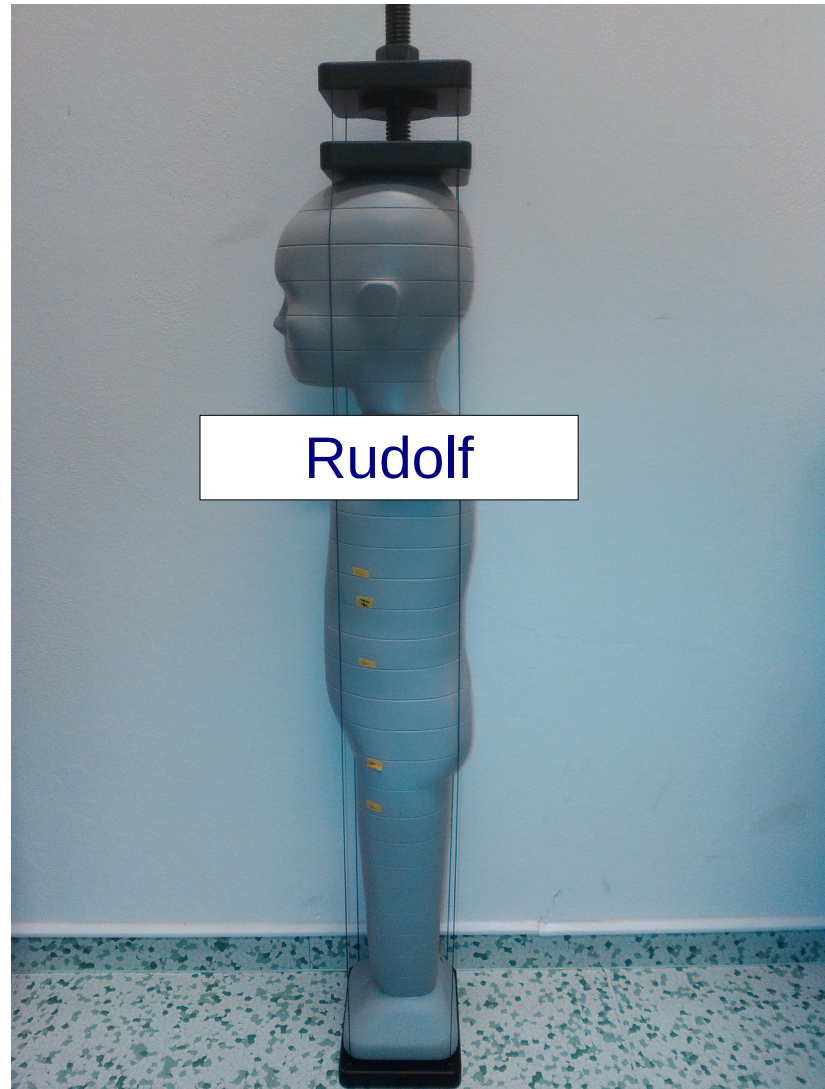


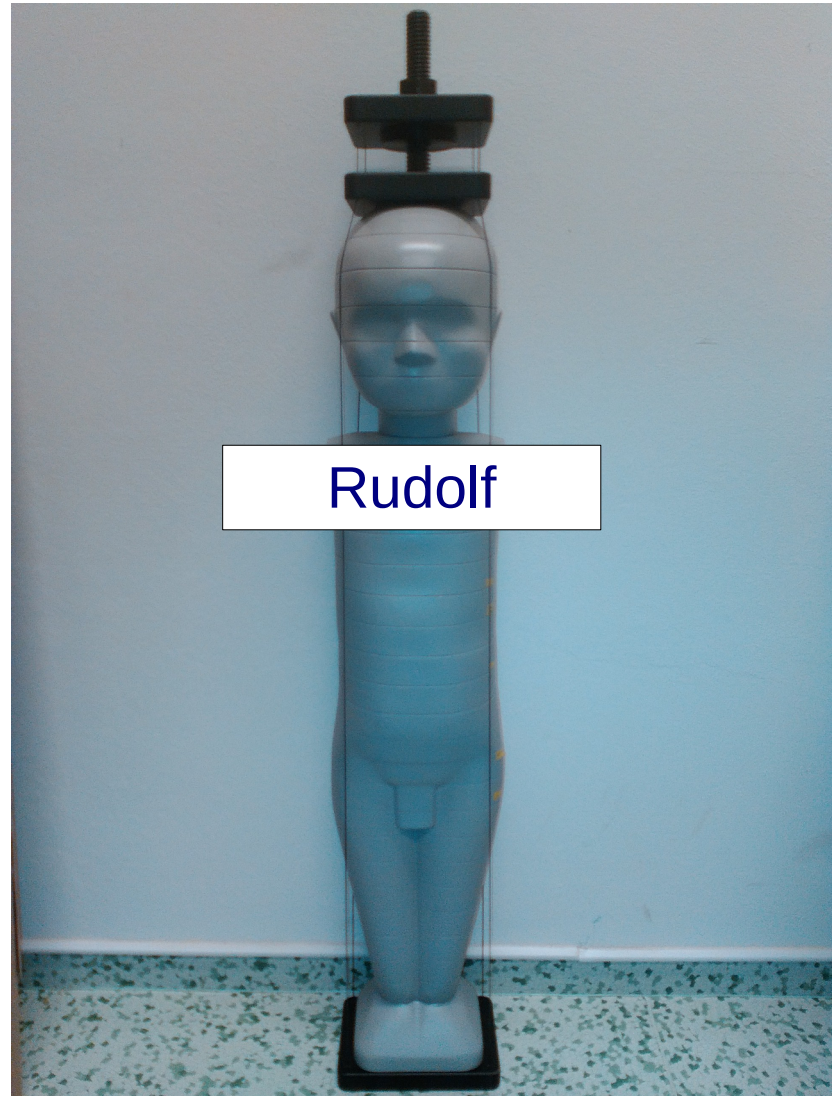
Analýza nejistot měření orgánových dávek pomocí LiF:Mg,Cu,P v antropomorfním fantomu

Kateřina Chytrá
Leoš Novák

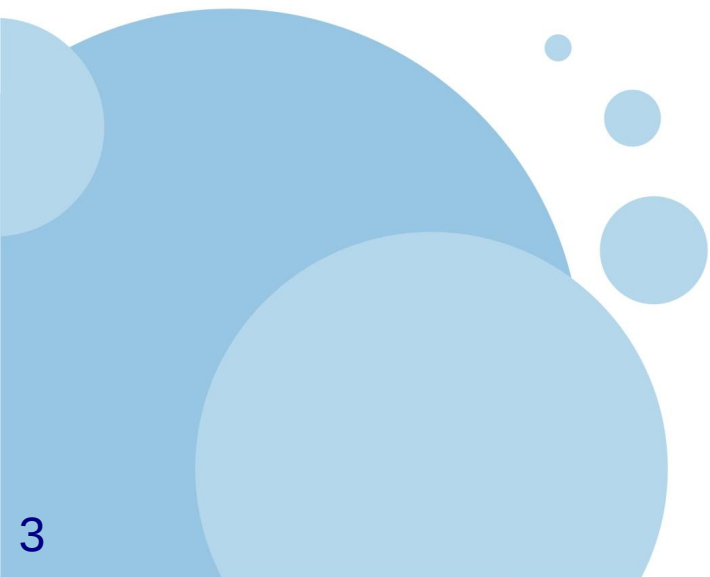


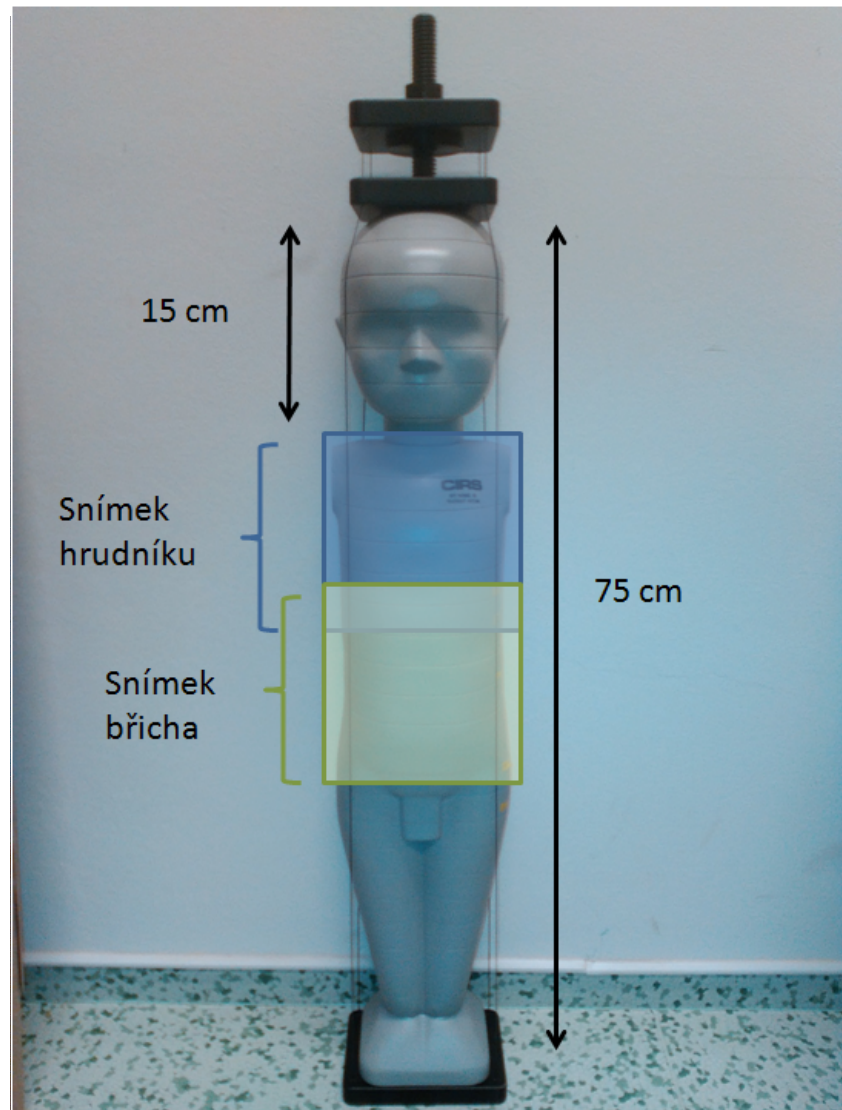
Rudolf

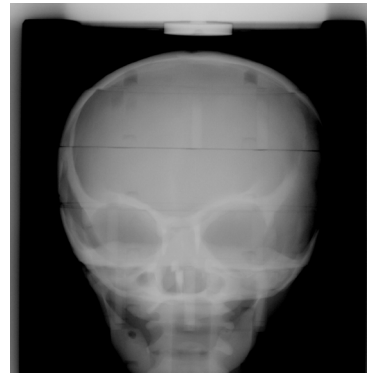




Rudolf



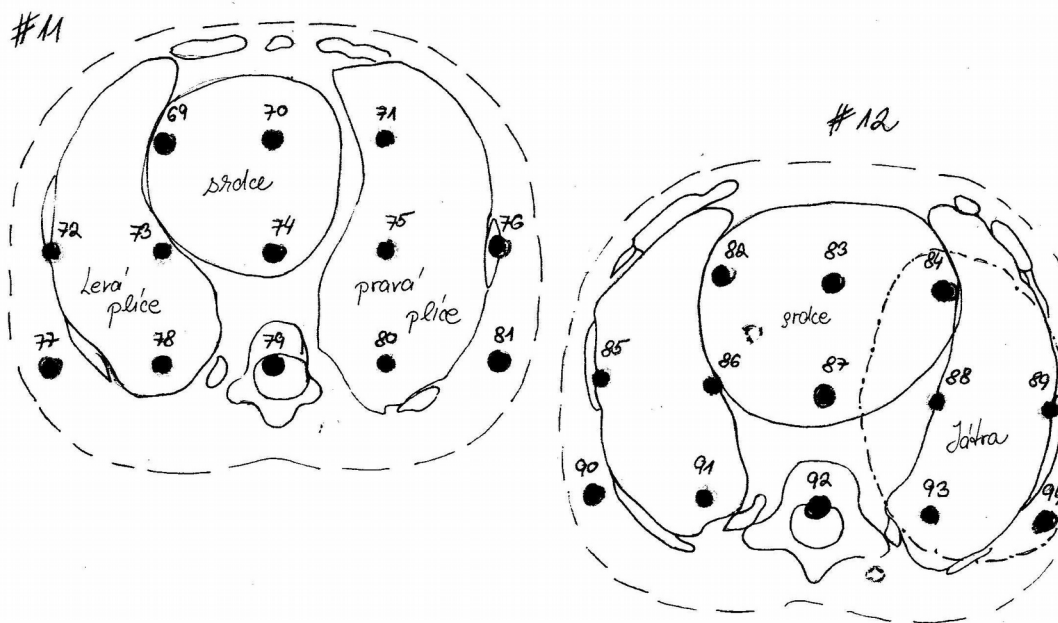




Experiment

1

Popis experimentu



Inkoom S. et al., *Location of radiosensitive organs inside pediatric anthropomorphic phantoms: Data required for dosimetry*, European Journal of Medical Physics, Vol. 31 , 12/2015.

1

Popis experimentu

- TLD čipy LiF:Mg,Cu,P
- měření ve fantomu

- IK Radcal cylindrická 6 cm³
- referenční měřidlo

Stanovení nejistoty

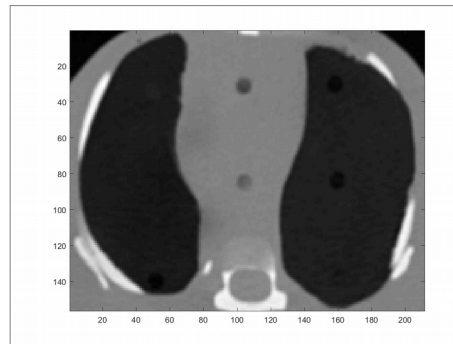
$k = 1$, interval pokrytí 65 %

2

Stanovení nejistoty

$$D_T = \sum_{i=1}^I f_i \left\{ \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^{k_i} D_j \right\}$$

f_i ... objemová frakce v i-tém řezu



Nutno počítat pouze pro plíce při snímku břicha
 HU (-900,-800)
 $\sigma(f_i) = 5 \%$

2

Stanovení nejistoty

$$D_T = \sum_{i=1}^I f_i \left\{ \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^{k_i} D_j \right\}$$

D_j ... dávka v bodě

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_a^T$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_a^T$$

$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$ ←

Nejistota posuzována zvlášť pro

a) $M_j^{TLD} \approx 10 \cdot M_0^{TLD}$

b) $M_j^{TLD} < 10 \cdot M_0^{TLD}$ - nejistota nepatrně vyšší

$\sigma(M^{TLD}) = 9 \%$



Nejistota odezvy LiF:Mg,Cu,P

$$\sigma(M^{TLD}) = 11 \%$$

Komponenta nejistoty	σ	Způsob stanovení
Variační koeficient odezvy TLD	9 %	variační koeficient ze souboru stejně ozářených TLD
Nelinearita odezvy	4 %	vlastní měření
Energetická závislost	2 %	vlastní měření
Krátkodobá stabilita readeru	4 %	proklad souboru stejně ozářených TLD
Dlouhodobá stabilita readeru	x	netřeba uvažovat
Fading	x	netřeba uvažovat
Citlivost na světlo	x	netřeba uvažovat
Kombinovaná nejistota	11 %	

Nejistota odezvy LiF:Mg,Cu,P

$$\sigma(M^{TLD}) = 11 \%$$

Komponenta nejistoty	σ	Způsob stanovení
Variační koeficient odezvy TLD	9 %	variační koeficient ze souboru stejně ozářených TLD
Nelinearita odezvy	4 %	vlastní měření
Energetická závislost	2 %	vlastní měření
Krátkodobá stabilita readeru	4 %	proklad souboru stejně ozářených TLD
Dlouhodobá stabilita readeru	x	netřeba uvažovat
Fading	x	netřeba uvažovat
Citlivost na světlo	x	netřeba uvažovat
Kombinovaná nejistota	11 %	

Nejistota odezvy LiF:Mg,Cu,P

$$\sigma(M^{TLD}) = 11 \%$$

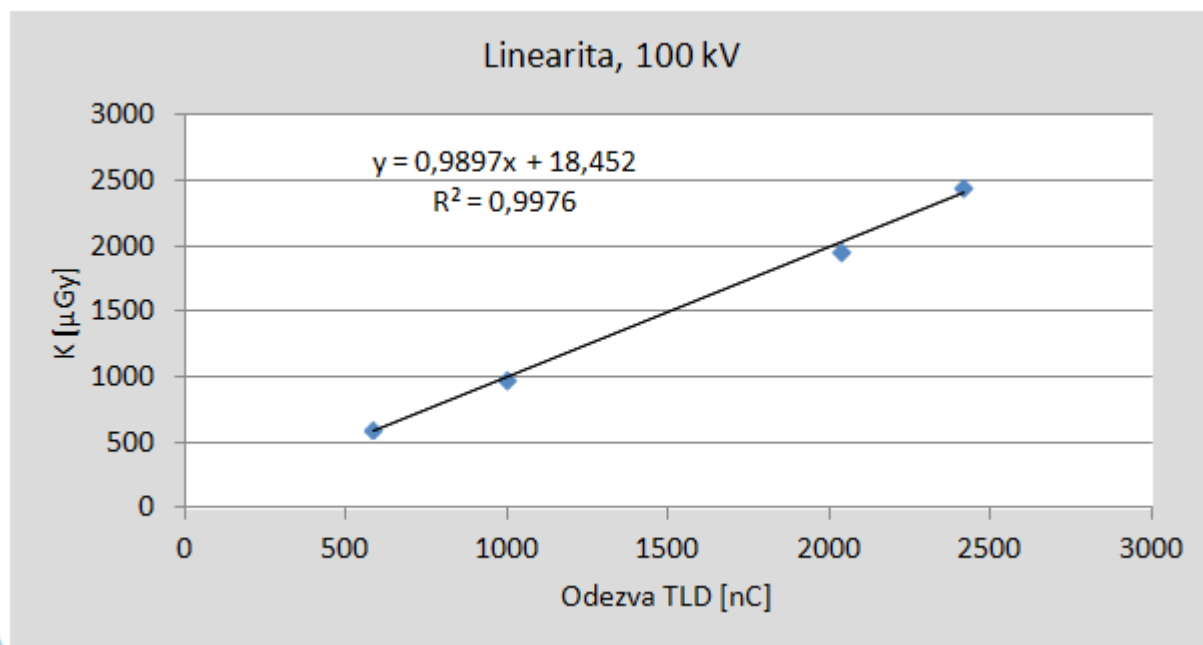
Nelinearita odezvy

4 %

vlastní měření

2

Stanovení nejistoty



(4!)/2 kalibračních koeficientů
 → variační koeficient odezvy dělený $3^{1/2}$

Nejistota odezvy LiF:Mg,Cu,P

$$\sigma(M^{TLD}) = 11 \%$$

Komponenta nejistoty	σ	Způsob stanovení
Variační koeficient odezvy TLD	9 %	variační koeficient ze souboru stejně ozářených TLD
Nelinearita odezvy	4 %	vlastní měření
Energetická závislost	2 %	vlastní měření
Krátkodobá stabilita readeru	4 %	proklad souboru stejně ozářených TLD
Dlouhodobá stabilita readeru	x	netřeba uvažovat
Fading	x	netřeba uvažovat
Citlivost na světlo	x	netřeba uvažovat
Kombinovaná nejistota	11 %	

Nejistota odezvy LiF:Mg,Cu,P

$$\sigma(M^{TLD}) = 11 \%$$

Energetická závislost	2 %	vlastní měření
-----------------------	-----	----------------

- 4 skupiny po 10 čípech
- U [kV] různá
- I [mA] a t [s] voleny tak, aby byly všechny skupiny ozářeny přibližně stejnou dávkou

2

Stanovení nejistoty

U [kV]	M_{TLD}/M_{IK}
60	0,89
70	0,90
80	0,92
100	0,89
Výběrová směrodatná odchylka	2 %

Nejistota odezvy LiF:Mg,Cu,P

$$\sigma(M^{TLD}) = 11 \%$$

Komponenta nejistoty	σ	Způsob stanovení
Variační koeficient odezvy TLD	9 %	variační koeficient ze souboru stejně ozářených TLD
Nelinearita odezvy	4 %	vlastní měření
Energetická závislost	2 %	vlastní měření
Krátkodobá stabilita readeru	4 %	proklad souboru stejně ozářených TLD
Dlouhodobá stabilita readeru	x	netřeba uvažovat
Fading	x	netřeba uvažovat
Citlivost na světlo	x	netřeba uvažovat
Kombinovaná nejistota	11 %	

Nejistota odezvy LiF:Mg,Cu,P

$$\sigma(M^{TLD}) = 11 \%$$

Krátkodobá stabilita
readeru

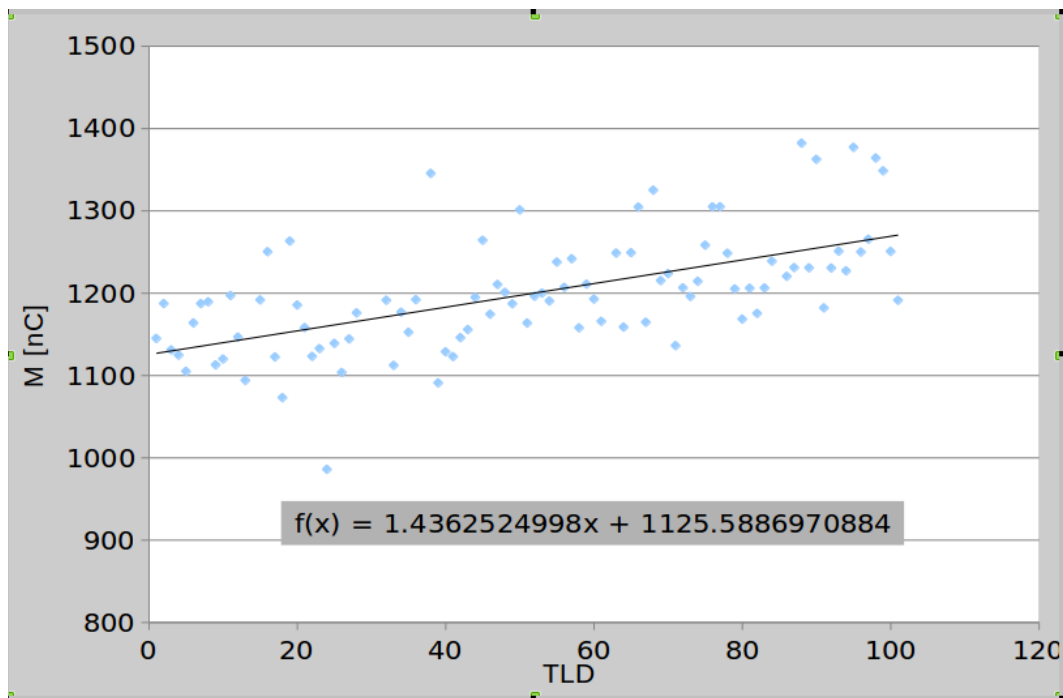
4 %

Proklad souboru stejně
ozářených TLD

2

Stanovení nejistoty

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{3}} \max \left\{ \left| 1 - \frac{(a \cdot x_1 + b)}{(a \cdot x_{n/2} + b)} \right|, \left| 1 - \frac{(a \cdot x_n + b)}{(a \cdot x_{n/2} + b)} \right| \right\}$$



2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$ ←

Nejistota posuzována zvlášť pro

a) $M_j^{TLD} \approx 10 \cdot M_0^{TLD}$

b) $M_j^{TLD} < 10 \cdot M_0^{TLD}$ - nejistota nepatrně vyšší

$\sigma(M^{TLD}) = 9 \%$



TRS 457:

$\max\{\sigma(M^{TLD})\} = 12,5 \%$

$$\sigma(D_j) = 19 \%$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$$

$$\sigma(K_a) = 3,8 \%$$



$$\sigma(K_a) = 3,8 \%$$

Komponenta nejistoty	σ	Způsob stanovení
Nejistota kalibračního koeficientu ionizační komory	1,326 %	kalibrační laboratoř
Energetická závislost	2,5 %	výrobce
Reprodukovatelnost ionizační komory a rtg zařízení	0,1 %	vlastní měření
Závislost na dávkovém příkonu	2,5 %	výrobce
Nejistota korekčního koeficientu na teplotu a tlak	0,3 %	maximální standardní nejistota z několika měření
Rozlišení sestavy ionizační komory a elektrometru	0,01 μ Gy	výrobce
Kombinovaná nejistota	3,8 %	

$$\sigma(D_j) = 19\%$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11\%$$

$$\sigma(K_a) = 3,8\%$$



$$\sigma(D_j) = 19 \%$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$$

$$\sigma(K_a) = 3,8 \%$$

$$\sigma(N_K) = 11,6 \%$$

- $\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$
- $\sigma(K_a) = 3,8 \%$
- $\sigma(k_d) = 0,4 \%$

$$\sigma(D_j) = 19 \%$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$$

$$\sigma(K_a) = 3,8 \%$$

$$\sigma(N_K) = 11,6 \%$$

$$\sigma(\mu_{en}/\rho) = 2,0 \%$$



Nejistota poměru hmotnostních součinitelů absorbce energie

$$\sigma(\mu_{en}/\rho) = 2,0 \%$$

Svazek	Měkká tkáň/vzduch	Plíce/vzduch	Mozek/vzduch
40 kV	1,10	1,13	1,16
60 kV	1,06	1,06	1,09
80 kV	1,05	1,05	1,07
100 kV	1,05	1,05	1,07
Variační koeficient souboru			3,5 %

Při výpočtech použita pouze hodnota $(\mu_{en}/\rho) = 1,07$.

$$\sigma(\mu_{en}/\rho) = 3,5 / 3^{1/2} = 2,0 \%$$

$$\sigma(D_j) = 19 \%$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$$

$$\sigma(K_a) = 3,8 \%$$

$$\sigma(N_K) = 11,6 \%$$

$$\sigma(\mu_{en}/\rho) = 2,0 \%$$



$$\sigma(D_j) = 19 \%$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$$

$$\sigma(K_a) = 3,8 \%$$

$$\sigma(N_K) = 11,6 \%$$

$$\sigma(\mu_{en}/\rho) = 2,0 \%$$

16,6 %



$$\sigma(D_j) = 19 \%$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$$

$$\sigma(K_a) = 3,8 \%$$

$$\sigma(N_K) = 11,6 \%$$

$$\sigma(\mu_{en}/\rho) = 2,0 \%$$

16,6 %

Směrová závislost TLD

$$\sigma(\text{smer}) = 10 \%$$

2

Stanovení nejistoty

$$D_j = (M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) \cdot N_K \cdot K_a \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a^T$$

$$\sigma(M_j^{TLD} - M_0^{TLD}) = 11 \%$$

$$\sigma(K_a) = 3,8 \%$$

$$\sigma(N_K) = 11,6 \%$$

$$\sigma(\mu_{en}/\rho) = 2,0 \%$$

$$\sigma(\text{smer}) = 10 \%$$

19 %

$$D_T = \sum_{i=1}^I f_i \left\{ \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^{k_i} D_j \right\}$$

Závěr

- Diskrétní pokrytí orgánu TLD zanedbáváme
- Mozek – dávka stanovena z 8 periferních TLD a 8 centrálních
→ rozdíl 2 %
- Ostatní orgány → obtížné stanovit

Výsledek předčil naše očekávání!



Děkuji za pozornost!

I THOUGHT I WAS
INTERESTED IN UNCERTAINTY
BUT NOW I'M NOT SO SURE



JOSTHO

