

Dávka ve vodě nebo ve tkáni ?

Novák Václav, Přidal Ivo

Oddělení lékařské fyziky a radiační ochrany

Fakultní nemocnice Olomouc

2014

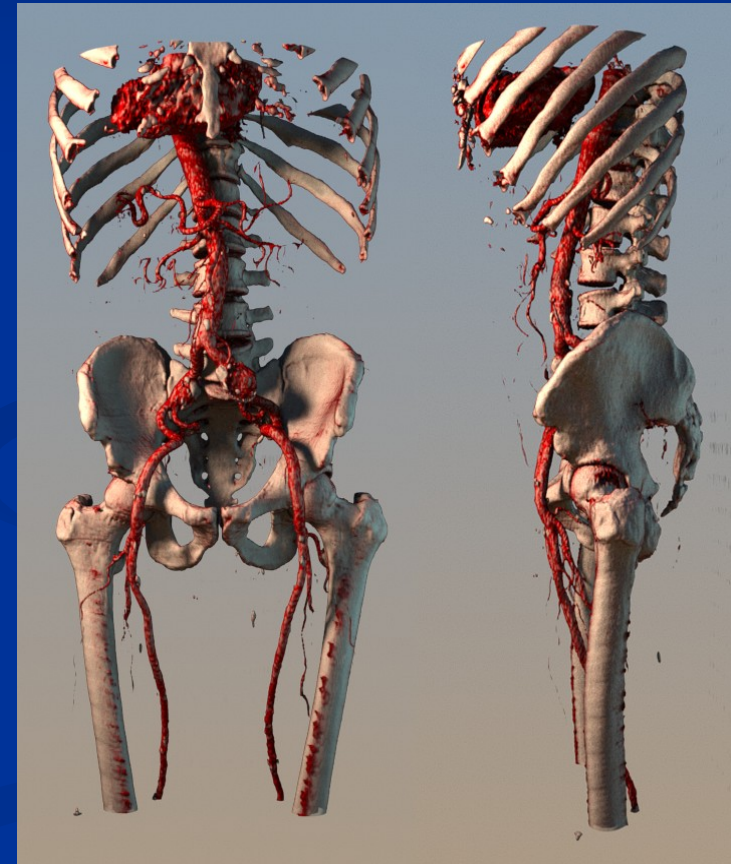
Konvenční algoritmy (Pencil beam, CC, ...)

- Dávka ve vodě
- Jediné prostředí = voda s proměnnou ED
- Stejné atomové složení tkání



Monte Carlo algoritmy

- Konkrétní prostředí/tkáň s daným atomovým složením
- Dávka ve tkáni



Dávka ve vodě

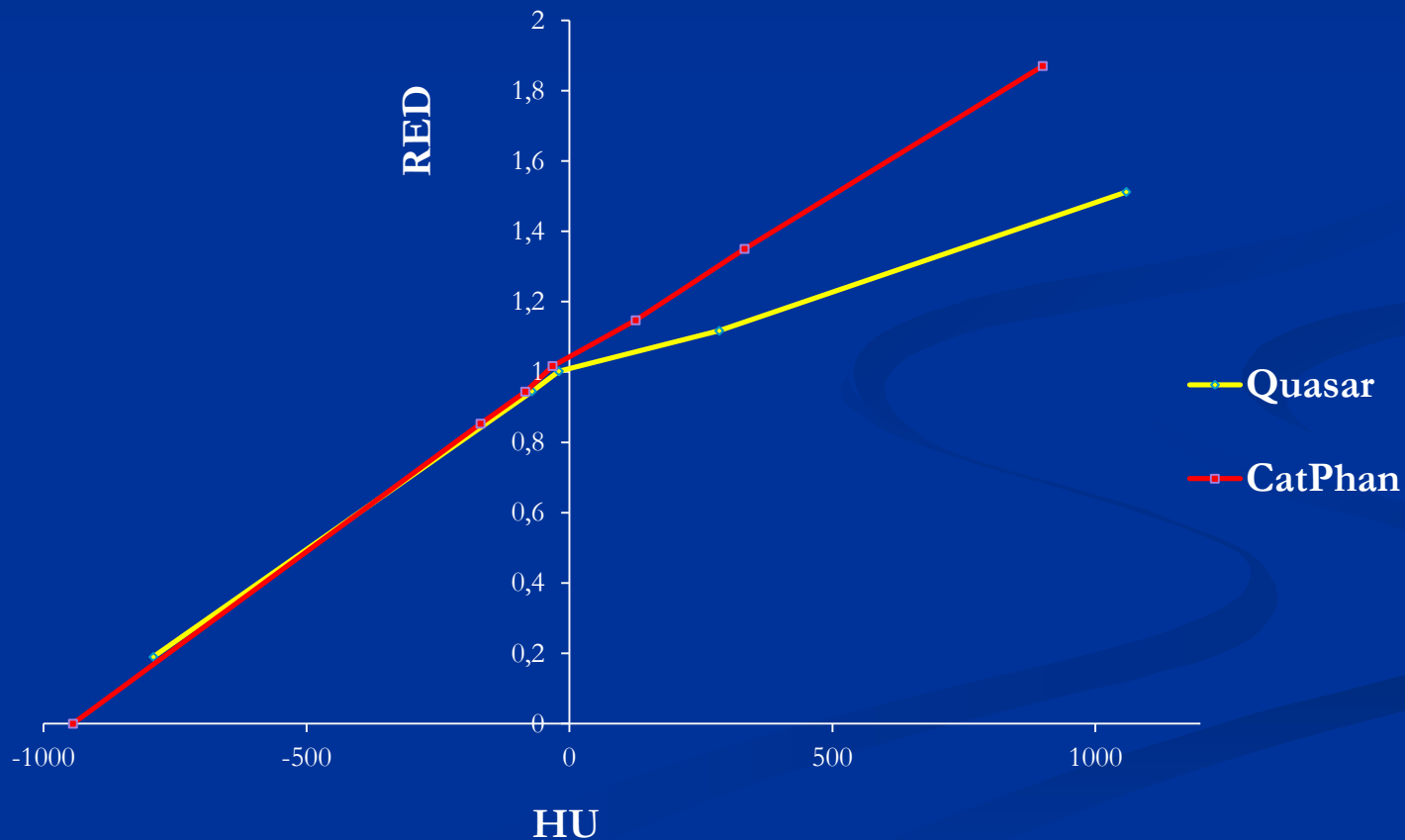
- Korekce na nehomogenity tkání založeny na ED
- Jediný materiál v pacientovi voda
- Zeslabení počítáno pomocí radiologické tloušťky
nehomogenity = density scaling
- Ignoruje závislost účinných průřezů na materiálu

Dávka ve tkáni

- Přesné atomové složení ???
- HU závisí na Z (materiál), ED (e^-/cm^3), kvalitě svazku (E)
- Existence tkání s různou el. hustotou a Z , ale vyjádřeny stejnou hodnotou HU
- Komplikovaná identifikace materiálu na CT

Jak pracuje Monaco ?

1. Konverze HU na relativní el. hustoty



Jak pracuje Monaco ?

2. Rel. elektr. hustotám přiřazeny fyzikální hustoty

$\rho = 0$	for RED < 0.0
$\rho = \frac{\sqrt{0.99^2 + 4.0 * 0.01 * RED} - 0.99}{2.0 * 0.01}$	For 0.0 ≤ RED < 1.0
$\rho = \frac{(RED - 0.15)}{0.85}$	for RED ≥ 1

- Omezená přesnost 0-3 g/cm³ (titan 4,6 g/cm³, nerezová ocel 8 g/cm³)

Jak pracuje Monaco ?

3. Fyzikální hustota => konkrétní typ tkáně s daným atomovým složením

(játra, plíce, oční čočka, mozek, kostní dřeň atd.)

- Rozdíly v atomové struktuře → rozdílné účinné průřezy pro interakce záření

Jak pracuje Monaco ?

ICRU 44, ICRU 46:

- Atomové složení a hustoty více než 100 tkání
- Účinné průřezy a brzdné schopnosti pro danou energii částic a typ tkáně

→ výpočet dávky ve tkáni

TABLE A1—(continued)

Tissue	Elemental composition (percentage by mass)					ρ kg m ⁻³	ρ_e m ⁻² × 10 ¹⁰
	H	C	N	O	Others		
<i>Eye lens</i>							
Adult*	9.6	19.5	5.7	64.6	0.1 Na, 0.1 P, 0.3 S, 0.1 Cl	1070	3530
<i>Gallstones-cholesterol</i>	11.8	79.4	0.5	8.3		1075	3610
<i>GI tract (intestine)</i>							
Adult*	10.6	11.5	2.2	75.1	0.1 Na, 0.1 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.1 K	1030	3420
<i>Heart</i>							
Fetus (17 to 40 weeks)	10.6	7.5	1.8	79.3	0.2 Na, 0.1 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1040	3460
Child (2 years)	10.5	8.8	2.2	77.7	0.1 Na, 0.2 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1040	3450
Child (4 to 18 years)	10.5	10.4	2.5	75.7	0.1 Na, 0.2 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.3 K	1040	3450
Adult (healthy)	10.4	13.9	2.9	71.8	0.1 Na, 0.2 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 0.3 K	1050	3480
Adult (fatty)	10.3	18.2	3.1	67.4	0.1 Na, 0.2 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 0.3 K	1040	3450
<i>Heart (blood-filled)</i>							
Adult*	10.3	12.1	3.2	73.4	0.1 Na, 0.1 P, 0.2 S, 0.3 Cl, 0.2 K, 0.1 Fe	1060	3510
<i>Kidney</i>							
Fetus (17 to 40 weeks)	10.7	6.4	1.6	80.4	0.2 Na, 0.2 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1030	3430
Child (2 years)	10.6	9.4	2.1	77.0	0.2 Na, 0.2 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1040	3460
Adult*	10.3	13.2	3.0	72.4	0.2 Na, 0.2 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 0.2 K, 0.1 Ca	1050	3480
<i>Lipid*</i>	11.8	77.3	—	10.9		920	3090
<i>Liver</i>							
Fetus (17 to 40 weeks)	10.5	9.1	2.1	77.4	0.2 Na, 0.2 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1040	3450
Child (1 year)	10.3	12.6	2.7	73.3	0.1 Na, 0.3 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 0.3 K	1050	3480
Adult (healthy)*	10.2	13.9	3.0	71.6	0.2 Na, 0.3 P, 0.3 S, 0.2 Cl, 0.3 K	1060	3510
Adult (cirrhotic)	10.4	23.0	2.4	63.0	0.2 Na, 0.3 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 0.3 K	1040	3450
Adult (fatty)	10.3	18.6	2.8	67.1	0.2 Na, 0.2 P, 0.3 S, 0.2 Cl, 0.3 K	1050	3480
<i>Lung</i>							
Fetus (17 to 40 weeks)	10.6	7.6	1.8	79.2	0.2 Na, 0.2 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.1 K	1040	3460
Adult (healthy)*	10.3	10.5	3.1	74.9	0.2 Na, 0.2 P, 0.3 S, 0.3 Cl, 0.2 K	260 (Inflated)	862
Adult (congested)	10.5	8.3	2.3	77.9	0.2 Na, 0.1 P, 0.2 S, 0.3 Cl, 0.2 K	1040	3450
<i>Lymph</i>							
Adult*	10.8	4.1	1.1	83.2	0.3 Na, 0.1 S, 0.4 Cl	1030	3420
<i>Muscle (skeletal)</i>							
Fetus (15 weeks)	10.8	4.9	1.3	82.1	0.2 Na, 0.1 P, 0.1 S, 0.3 Cl, 0.2 K	1030	3430
Newborn	10.4	10.3	2.4	76.2	0.1 Na, 0.1 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1050	3480
Infant (3 months)	10.3	11.2	2.9	74.8	0.1 Na, 0.1 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1050	3480
Adult*	10.2	14.3	3.4	71.0	0.1 Na, 0.2 P, 0.3 S, 0.1 Cl, 0.4 K	1050	3480
<i>Ovary</i>							
Adult*	10.5	9.3	2.4	76.8	0.2 Na, 0.2 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1050	3490
<i>Pancreas</i>							
Adult*	10.6	16.9	2.2	69.4	0.2 Na, 0.2 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.2 K	1040	3460
<i>Placenta</i>							
17–26 weeks	10.7	6.4	1.7	80.5	0.2 Na, 0.1 P, 0.1 S, 0.2 Cl, 0.1 K	1030	3430
Above 26 weeks	10.4	9.0	2.6	77.2	0.2 Na, 0.1 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 0.1 K	1040	3450
<i>Protein</i>	6.6	53.4	17.0	22.0	1.0 S	1350	4330
<i>Skeleton-cartilage</i>							
Adult*	9.6	9.9	2.2	74.4	0.5 Na, 2.2 P, 0.9 S, 0.3 Cl	1100	3620
<i>Skeleton-cortical bone</i>							
Fetus (20 weeks)	6.4	12.8	3.5	57.1	0.1 Na, 0.1 Mg, 6.1 P, 0.2 S, 0.2 Cl, 13.5 Ca	1430	4570
Fetus (23 weeks)	5.2	14.3	3.9	51.7	0.1 Na, 0.1 Mg, 7.7 P, 0.2 S, 0.1 Cl, 16.7 Ca	1580	4990
Newborn	4.4	15.3	4.1	47.7	0.1 Na, 0.2 Mg, 8.5 P, 0.2 S, 0.1 Cl, 19.4 Ca	1720	5390
Infant (3 months)	4.7	15.4	4.2	48.5	0.1 Na, 0.2 Mg, 8.2 P, 0.2 S, 0.1 Cl, 18.4 Ca	1680	5280
Child (1 year)	4.5	15.9	4.4	46.7	0.1 Na, 0.2 Mg, 8.7 P, 0.3 S, 0.1 Cl, 19.1 Ca	1710	5360
Child (5 years)	4.3	15.8	4.4	45.7	0.1 Na, 0.2 Mg, 9.3 P, 0.3 S, 0.1 Cl, 19.8 Ca	1750	5470
Child (10 years)	4.0	15.9	4.4	45.0	0.1 Na, 0.2 Mg, 9.6 P, 0.3 S, 0.1 Cl, 20.4 Ca	1790	5580
Child (15 years)	3.8	16.0	4.4	44.3	0.1 Na, 0.2 Mg, 9.9 P, 0.3 S, 21.0 Ca	1830	5700
Adult*	3.4	15.5	4.2	43.5	0.1 Na, 0.2 Mg, 10.3 P, 0.3 S, 22.5 Ca	1920	5950
<i>Skeleton-ocranium (whole)</i>							
Adult	5.0	21.2	4.0	43.5	0.1 Na, 0.2 Mg, 8.1 P, 0.3 S, 17.6 Ca	1610	5070
<i>Skeleton-femur (whole)</i>							
Fetus (20 weeks)	9.5	7.5	2.0	75.4	0.2 Na, 1.6 P, 0.1 S, 0.3 Cl, 3.4 Ca	1120	3690
Newborn	8.7	10.5	2.5	69.1	0.2 Na, 0.1 Mg, 2.6 P, 0.1 S, 0.3 Cl, 5.9 Ca	1180	3850
Infant (6 months)	8.6	12.5	3.2	66.8	0.2 Na, 0.1 Mg, 2.6 P, 0.1 S, 0.3 Cl, 5.6 Ca	1190	3880
Child (2 years)	8.2	20.1	3.3	57.5	0.2 Na, 0.1 Mg, 3.2 P, 0.2 S, 0.3 Cl, 6.9 Ca	1210	3930
Child (10 years)	7.6	29.4	3.9	45.4	0.1 Na, 0.1 Mg, 4.2 P, 0.2 S, 0.1 Cl, 9.0 Ca	1270	4100

Jak pracuje Monaco ?

- Možnost volby do vody x do tkáně
- Odlišný přístup výpočtu do vody:
 1. Dávka ve tkáni
 2. V posledním kroku přepočet do vody (pomocí $S_{w,tissue}$) – vychází z Bragg – Grayovi teorie dutiny

Jaký přístup zvolit?

- **Dávka ve vodě** = dávka uvnitř buňky (složené převážně z vody) umístěné např. v kostní tkáni
- **Dávka ve tkáni** = dávka v celé kostní tkáni
- AAPM doporučuje pro MC algoritmy možnost přepočtu D_m na D_w
- Dosud žádná shoda

Dávka ve vodě

- 👍 Klinické zkušenosti a dozimetrické protokoly založeny na D_w
- 👍 Klinické studie na buňkách => předepsaná dávka = dávka do buňky (má charakter vody)
- 👍 Voda tvoří až 75% hmotnosti člověka
- 👍 Konverze u MC algoritmů D_m na D_w = další nejistoty, delší čas

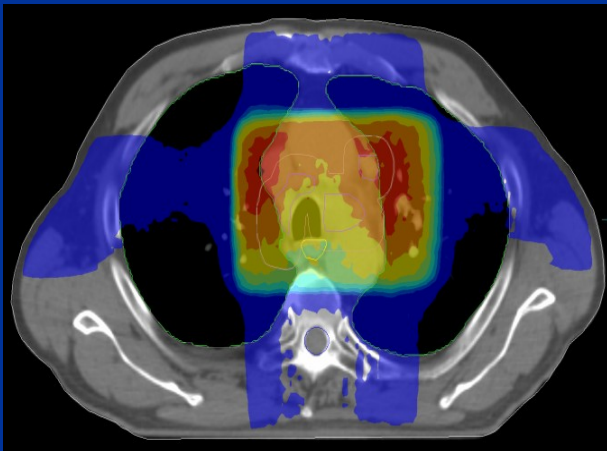
Dávka ve tkáni

- 👍 Podstata MC algoritmů – vyšší přesnost výpočtu (možná i větší klinický význam než dosavadní zkušenosti)
- 👉 Určení tkáně je zatím pouze odhad
- 👉 Problém standardních orgánů

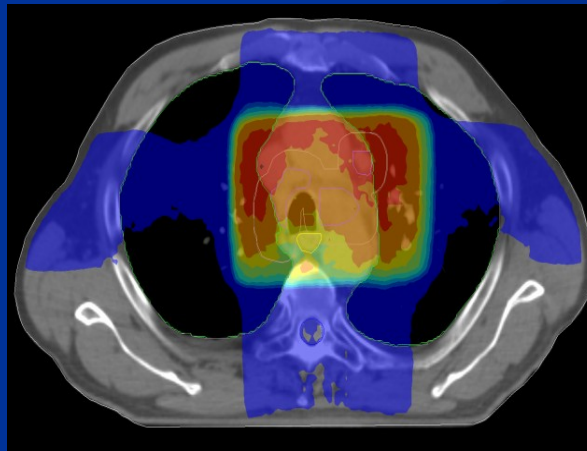
Porovnání výpočtů

- Pro téměř všechny měkké tkáně poměrně malé rozdíly = malý klinický vliv
- V přítomnosti tkání s velkými rozdíly v ED:

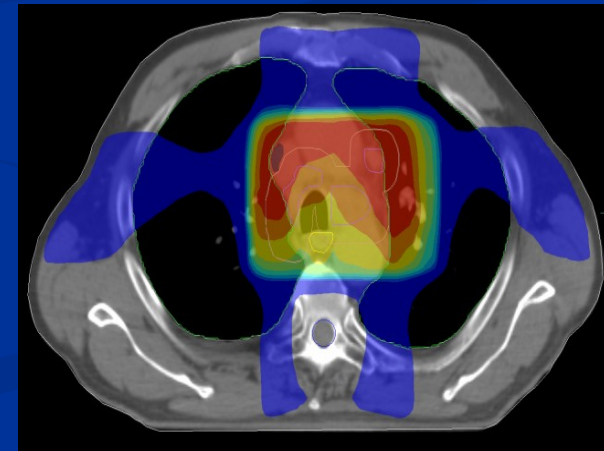
Dávka ve tkáni (MC)



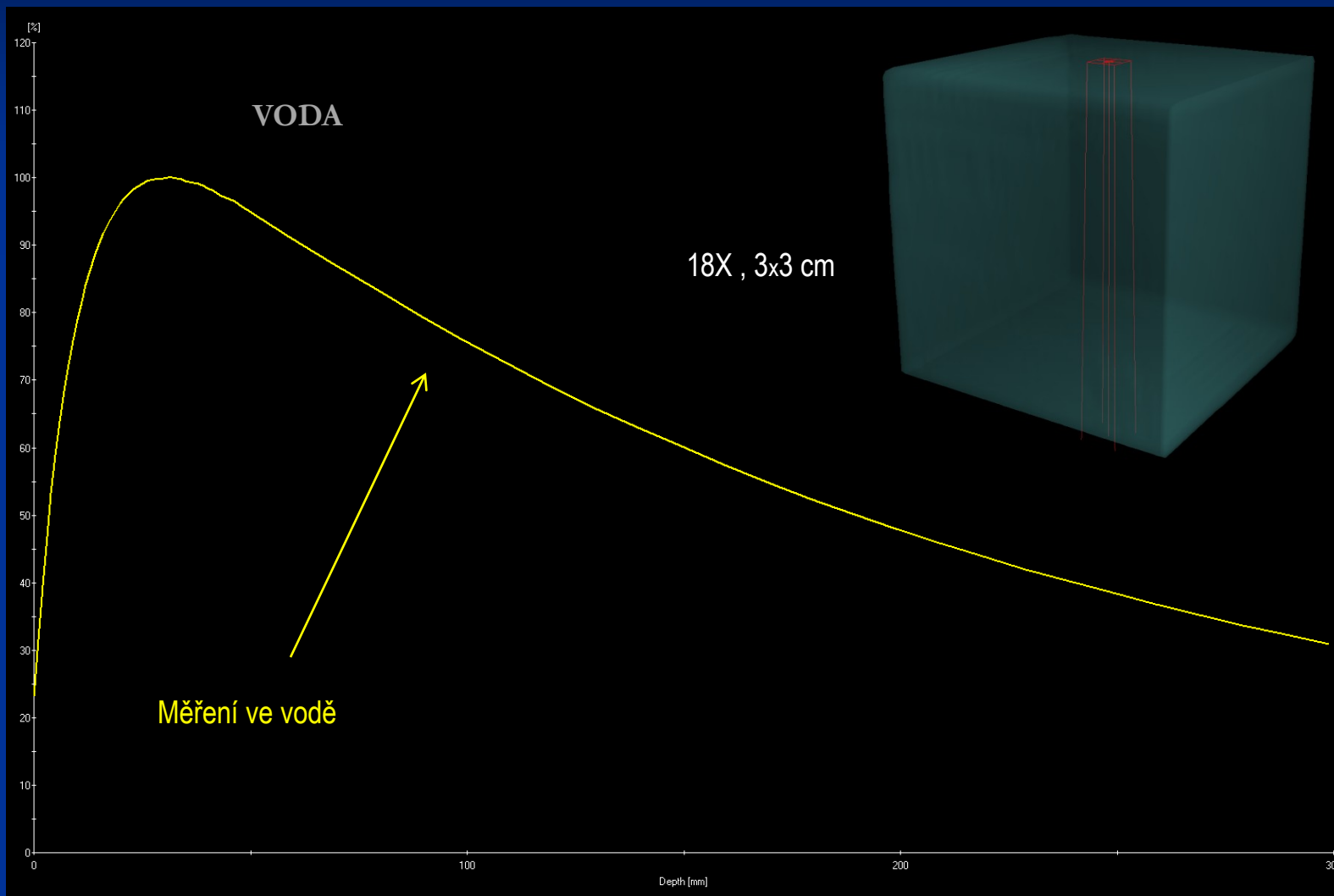
Dávka ve vodě (MC)



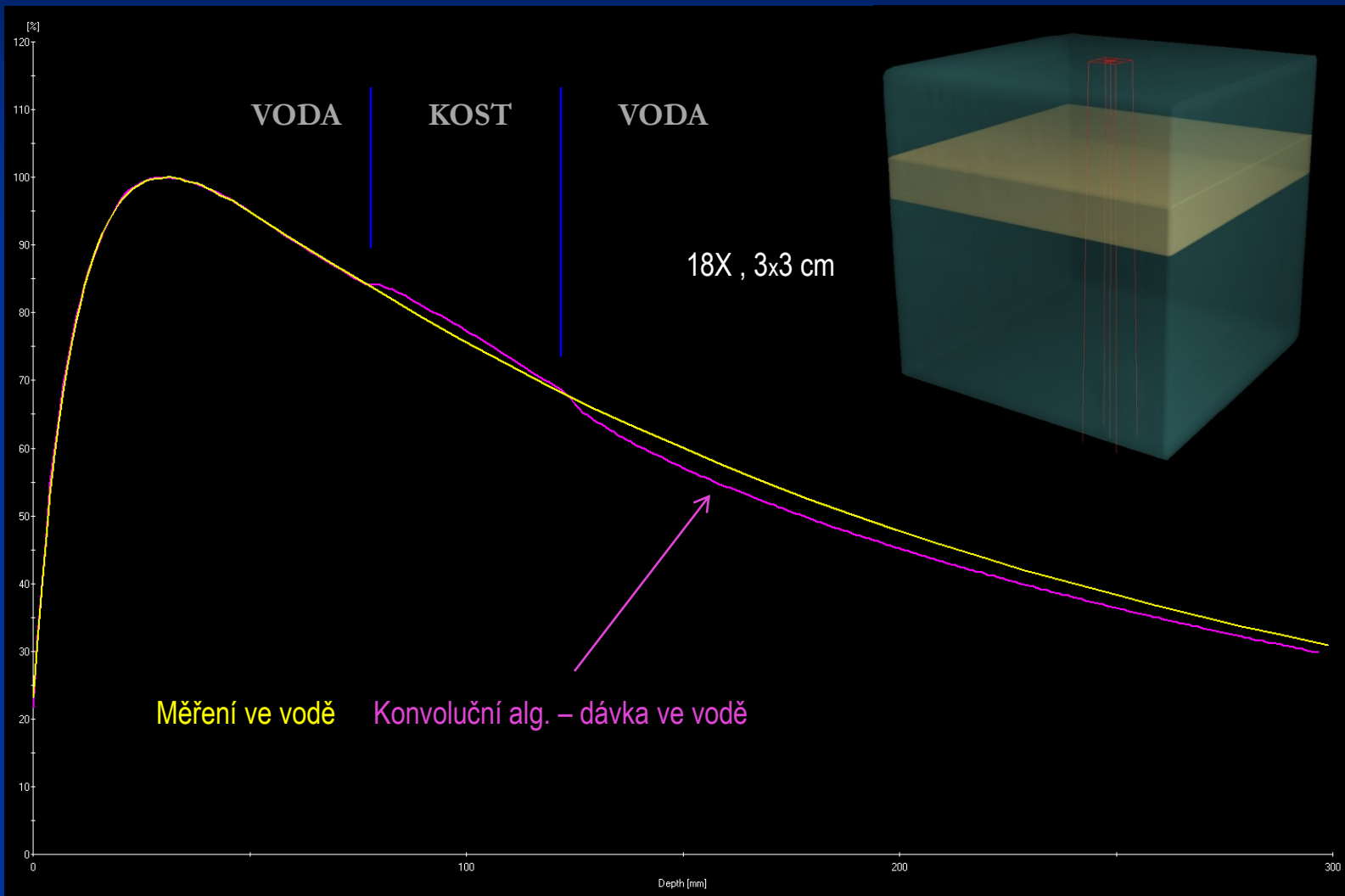
Dávka ve vodě (Point kernel)



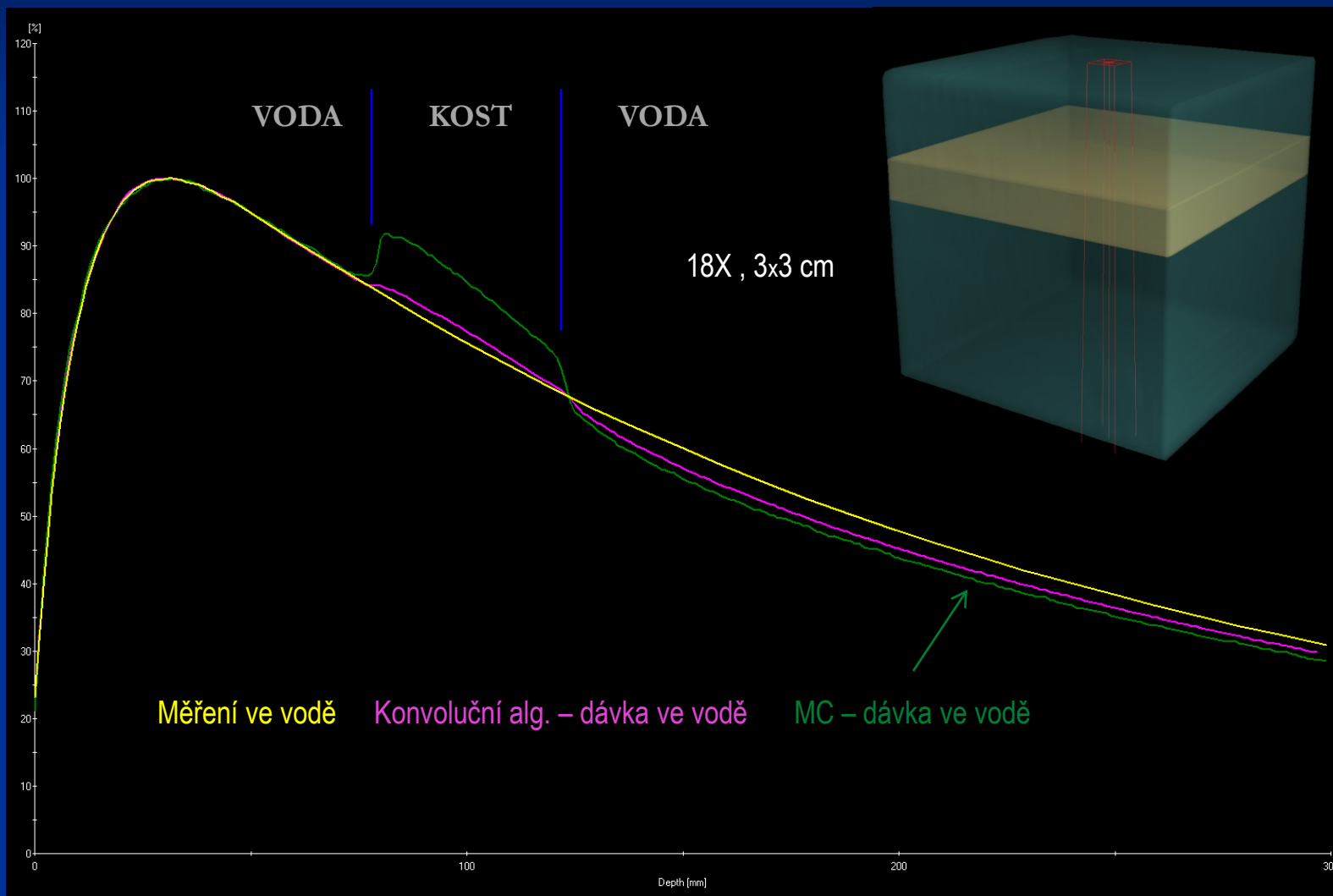
Závěr



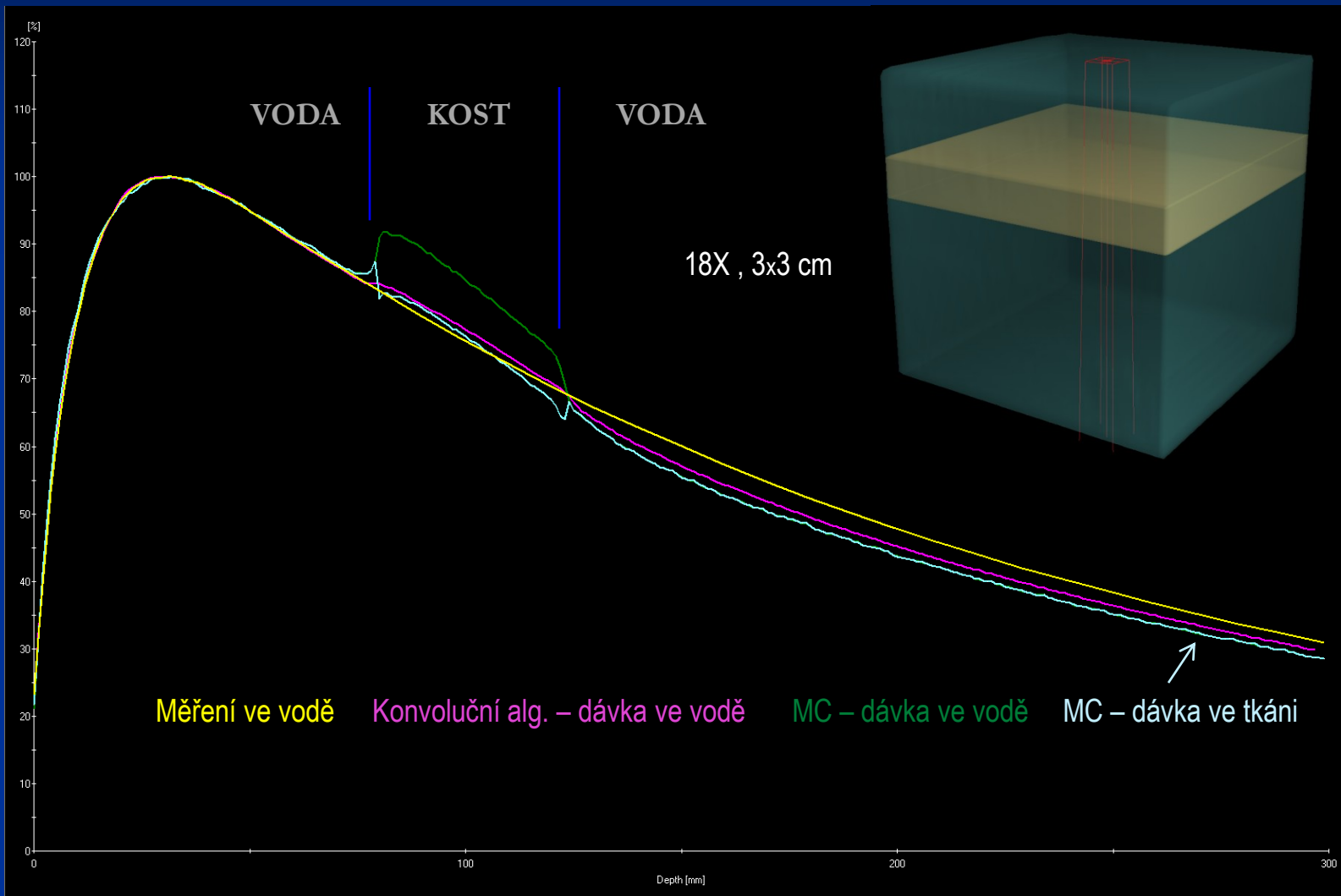
Závěr



Závěr



Závěr



Děkuji za
pozornost