



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Měření faktorů velikosti pole v malých čtvercových i obdélníkových polích

**Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT,
Fakultní Thomayerova nemocnice**

Bc. Nicola Trakslová, Ing. Tereza Hanušová Ph.D.

30.05.2024

Cíl práce

- **Pro fotonový svazek o energii 6 MV a 18 MV, ionizační komory**
 - **IBA Razor Nano Chamber**
 - **Pin Point 3D PTW T31022**
- **a velikosti pole $1 \times 1 \text{ cm}^2$, $2 \times 2 \text{ cm}^2$, $3 \times 3 \text{ cm}^2$, $4 \times 4 \text{ cm}^2$ a $10 \times 10 \text{ cm}^2$ stanovit**
 - **korekční faktory pro měření faktorů velikosti pole**
 - **polaritní a saturační koeficienty**
- **Pro různé velikosti pole určit závislost faktoru velikosti pole na směru nastavení detektoru**
 - **inline**
 - **crossline**

Cíl práce

- **Naměřit OF malých čtvercových polí pomocí různých detektorů pro energie 6 FFF a 10 FFF**
- **Naměřit OF dlouhých, úzkých obdélníkových polí až do velikosti 1x40 cm pomocí různých detektorů pro několik fotonových energií**
- **Pro vybrané velikosti pole a fotonové energie stanovit korekční faktory pro měření OF malých polí vzhledem k referenčnímu detektoru Exradin W1**

Podněty k práci

- **V IAEA TRS 483 [1] uvedeny korekční faktory pro měření faktorů velikosti pole pouze pro PinPoint 3D PTW T31016**
- **V žádném článku nejsou uvedeny hodnoty korekčních faktorů pro měření faktorů velikosti pole komory IBA Razor Nano Chamber pro fotonový svazek o energii 18 MV**
- **Výsledky měření budou použity v klinické praxi ve Fakultní Thomayerově nemocnici (zavedení stereotaktické radioterapie, doplnění beam dat)**



IBA Razor Nano Chamber

- **Nejmenší citlivý objem na trhu (0,003 cm³)**
- **Z tkáňově ekvivalentního materiálu**
 - **min průměrování objemu**
 - **min narušení fluence**
- **Průměr sférického aktivního objemu: 2 mm**
- **Centrální elektroda z grafitu**



IBA Razor Nano Chamber

- **Není vyznačen počátek ani konec citlivého objemu komory:**
 - nábojovou odezvu měříme v jejím geometrickém středu (není nutný posun do efektivního bodu měření)
- **Nevykazuje dobrou krátkodobou reprodukovatelnost (odchylka téměř 1 %)**
 - vadný kus komory
 - Špatná kabeláž (způsobující dodatečný náboj)
 - Změna výrobního procesu daného typu komory (naše komora zakoupena 2 roky po uvedení na trh)
 - Elektrometr Unidos od firmy PTW – následně Dose 1 od firmy IBA

Reprodukovatelnost měřeného náboje komory IBA Razor Nano Chamber

Elektrometr: PTW Unidos				
Napětí	300 V	-300 V	Odchylka [%]	
			300 V	-300 V
R ₁ [pC]	223.9	231.0	2.9	3.6
R ₂ [pC]	217.2	228.7	-0.1	2.6
R ₃ [pC]	207.6	228.3	-4.5	2.4
R ₄ [pC]	205.2	224.0	-5.7	0.4
R ₅ [pC]	212.3	216.3	-2.4	-3.0
R ₆ [pC]	220.8	214.5	1.5	-3.8
R ₇ [pC]	222.2	213.2	2.2	-4.4
R ₈ [pC]	222.0	217.6	2.1	-2.4
R ₉ [pC]	222.0	225.9	2.1	1.3
R ₁₀ [pC]	221.7	230.6	1.9	3.4
R _{prům} [pC]	217.5	223.0		

Elektrometr: DOSE 1						
Napětí	300 V	-300 V	100 V	Odchylka [%]		
				300 V	-300 V	100 V
R ₁ [pC]	222.4	214.4	213.0	-0.2	2.5	-0.5
R ₂ [pC]	222.2	215.7	206.1	-0.3	3.1	-3.7
R ₃ [pC]	222.6	211.4	201.2	-0.1	1.0	-6.0
R ₄ [pC]	223.4	201.3	205.1	0.3	-3.8	-4.2
R ₅ [pC]	222.3	200.7	217.5	-0.2	-4.1	1.6
R ₆ [pC]	223.2	199.2	219.4	0.2	-4.8	2.5
R ₇ [pC]	223.3	203.2	219.1	0.2	-2.9	2.4
R ₈ [pC]	222.1	212.2	219.5	-0.3	1.4	2.6
R ₉ [pC]	223.3	216.4	219.8	0.2	3.4	2.7
R ₁₀ [pC]	222.9	217.6	219.6	0.1	4.0	2.6
R _{prům} [pC]	222.8	209.2	214.0			

- **300 V – stabilní odezva (odchylka max 0.3 %)**
- **100 V a -300 V – nestabilní odezva (odchylka až 6 %)**



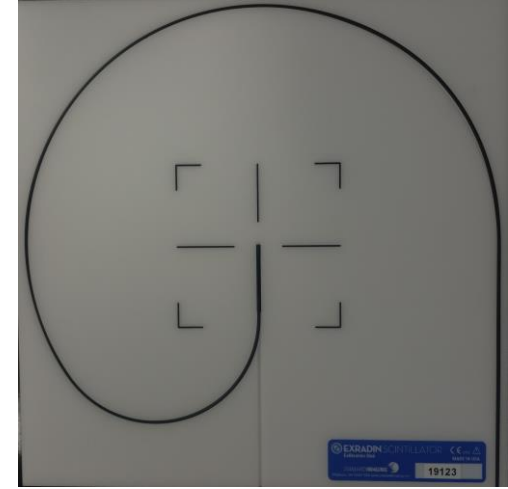
PinPoint 3D PTW T31022

- **Cylindrická ionizační komora plněná vzduchem**
- **Citlivý objem 0,016 cm³**
- **Nahradila starší ionizační komoru PinPoint 3D PTW T31016**
 - **více lineární odezvě**
 - **menšímu vlivu polarity**
 - **menší závislosti polaritního koeficientu na velikosti pole**
 - **nižší korekční faktory pro měření faktorů velikosti pole**
- **Centrální elektroda z oceli**
- **Vodotěsná**

Exradin W1



MIN



MAX

- **Plastový voděkvivalentní scintilátor**
- **Scintilační vlákno**
 - **Citlivý objem detektoru**
 - **Z polystyrenu**
 - **Průměr 1 mm, délka 3 mm**
- **Optické vlákno**
 - **propojuje scintilační vlákno s fotodiodou**
 - **Při jeho ozáření: vznik Čerenkovova záření – nutná korekce**
 - **měření při dvou různých konfiguracích optických vláken**



Určení absorbované dávky ve vodě

- Určení absorbované dávky ve vodě – z nábojových odezev měřených ve Fakultní Thomayerově nemocnici

$$D_{w,Q} = M \cdot N_{D,w} \cdot k_{Q,Q_0} \cdot k_{\text{sat}} \cdot k_{\text{pol}} \cdot k_{\text{TP}}$$

- U komory IBA Razor Nano Chamber - velký efekt polarity (odchylka až 6,5 %) kvůli jejímu malému citlivému objemu ($0,003 \text{ cm}^3$)
- Saturační koeficient určen dvounapět'ovou metodou pomocí nábojových odezev naměřených při napětí V_1 a V_2

$$k_{\text{sat}} = a_0 + a_1 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + a_2 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

koeficienty a_0 , a_1 a a_2 pro danou ionizační komoru uvedeny v IAEA TRS 398 [2]

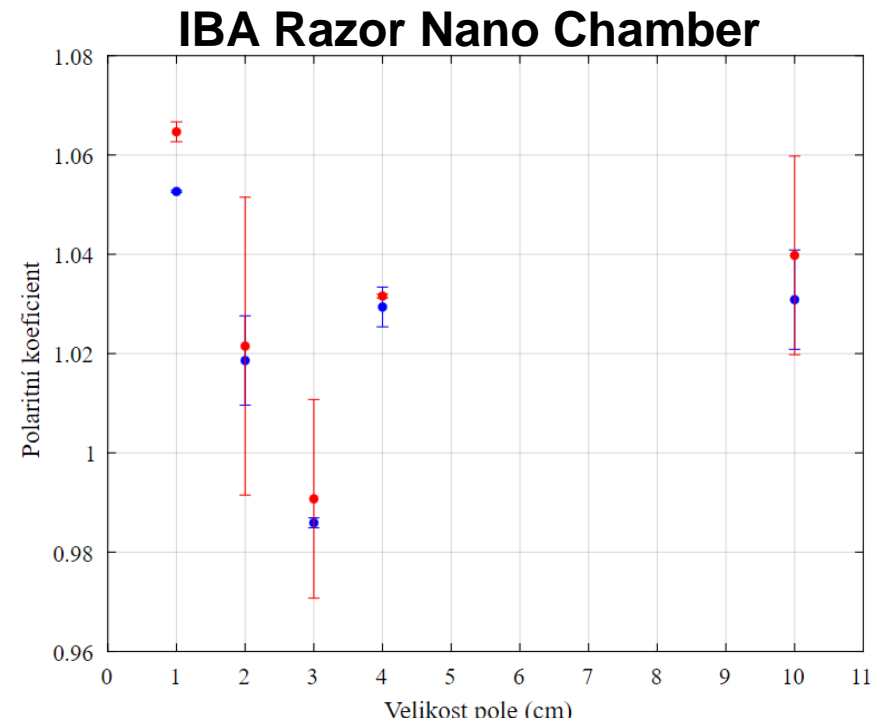
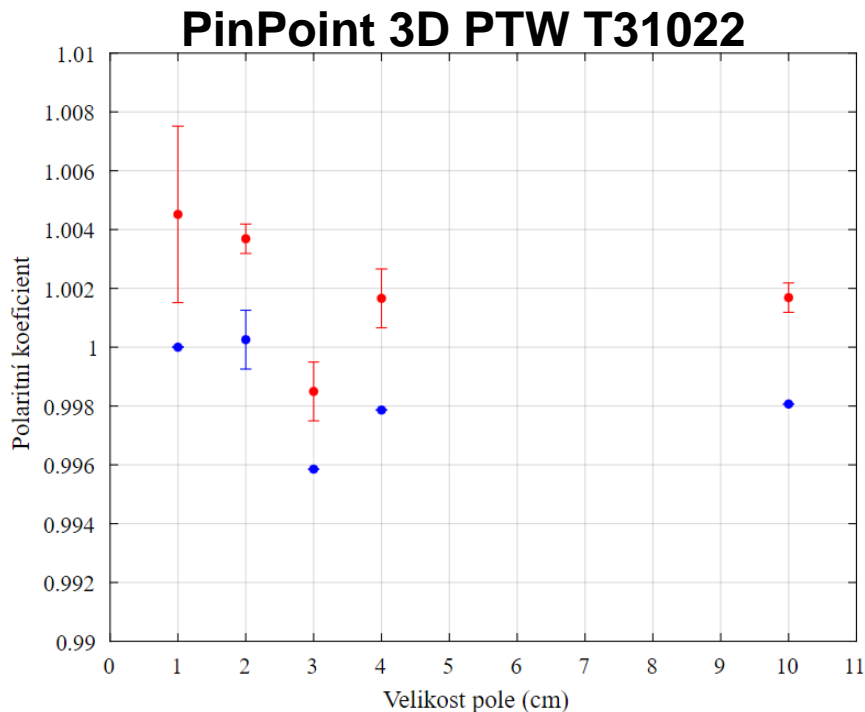
Korekční faktory pro měření faktorů velikosti pole

- Při měření použit referenční scintilační detektor Exradin W1
 - vysoká ekvivalence s vodou
 - malý průměr aktivního objemu (1 mm)
- Stanoveny z faktorů velikosti pole scintilačního detektoru Exradin W1 a dané ionizační komory dle vztahu

$$k_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}} = \frac{\left[\Omega_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}} \right]_{\text{DET}}}{\left[\Omega_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}} \right]_{\text{IC}}}$$

Polaritní koeficient

- $3 \times 3 \text{ cm}^2$: snížení k_{pol} (oproti ostatním velikostem pole)
- $k_{\text{pol}} > 1$ (kromě $3 \times 3 \text{ cm}^2$)
- $k_{\text{pol}}(\text{Razor Nano Chamber}) > k_{\text{pol}}(\text{PinPoint 3D})$ kromě $3 \times 3 \text{ cm}^2$ (pro energii 6 MV soulad s článkem Looe 2018 [5])

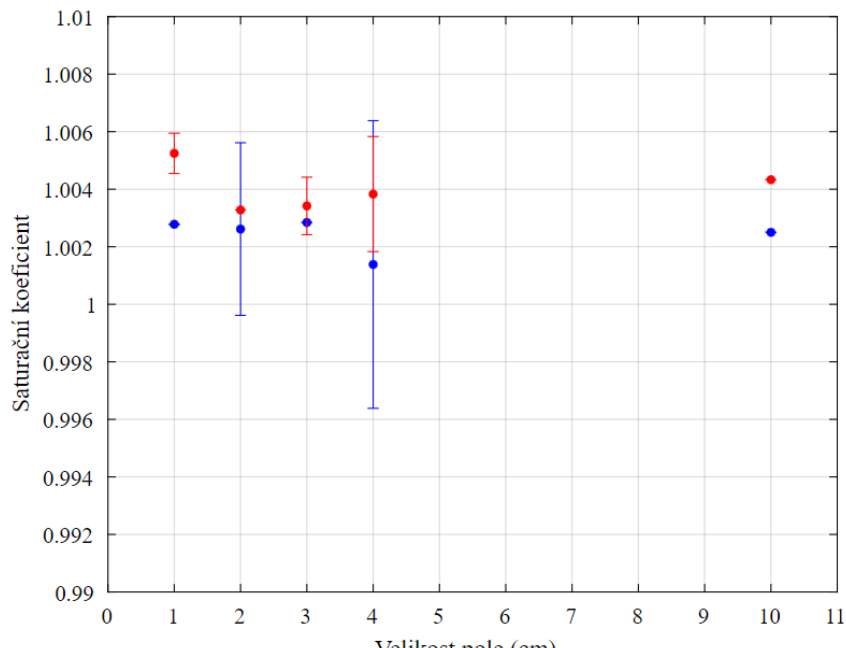


Saturační koeficient

- $1 \times 1 \text{ cm}^2$: velký vliv saturace iontů

Pin Point 3D PTW T31022

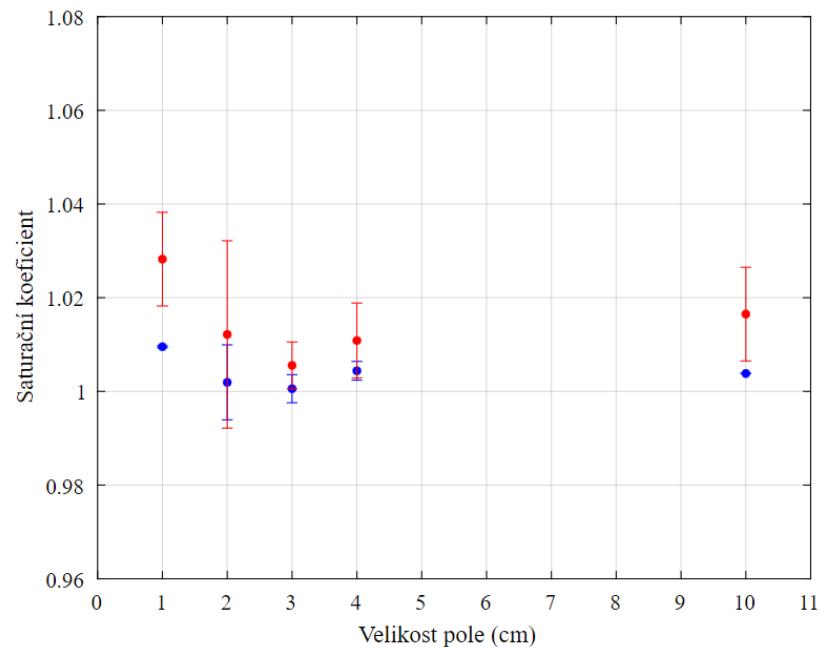
Odchylka do 0,7 %



IBA Razor Nano Chamber

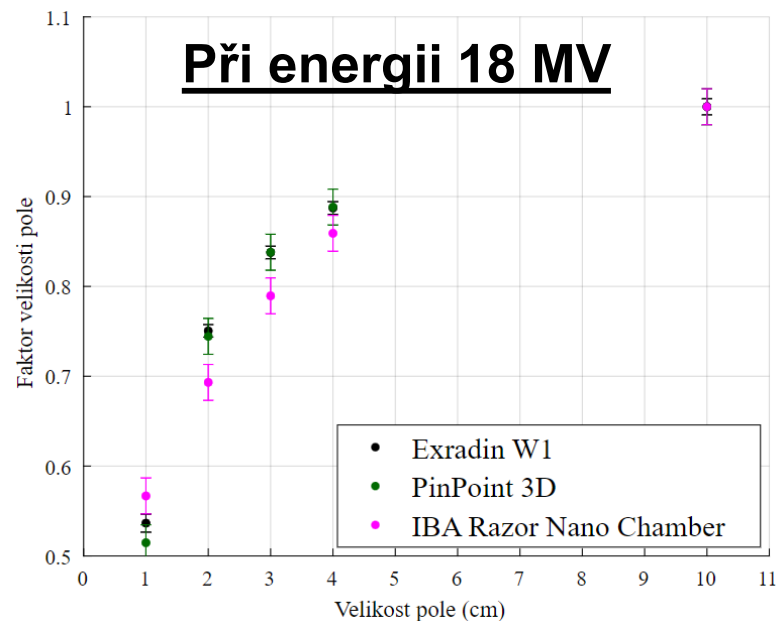
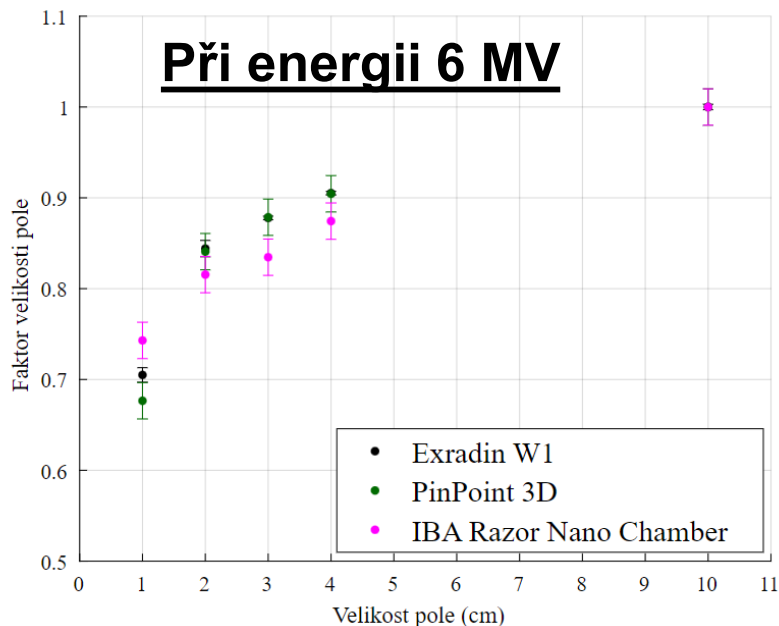
6 MV: odchylka do 1 %

18 MV: odchylka do 4 %



Faktory velikosti pole

- Pro vyšší energii: rychlejší nárůst faktoru velikosti pole s rostoucí velikostí pole [6]
- $1 \times 1 \text{ cm}^2$: $\Omega_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}}$ (Razor Nano Chamber) > $\Omega_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}}$ (PinPoint 3D)
 $\Omega_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}}$ (Razor Nano Chamber) > $\Omega_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}}$ (Exradin W1)
- 6MV: soulad do 3 % s Partanen 2021 [7]



Korekční faktory pro měření faktorů velikosti pole

Pin Point 3D PTW T31022

Max odchylka 4,2 % (1x1 cm²)

Ostatní velikosti pole:
odchylka do 1 %

IBA Razor Nano Chamber

6 MV: odchylka do 5 %
(1x1 cm² a 3x3 cm²)
V Gul 2020 [6]: odchylka do 2 %

18 MV: odchylka do 8 % (2x2 cm²)

Korekční faktory pro měření faktoru velikosti pole

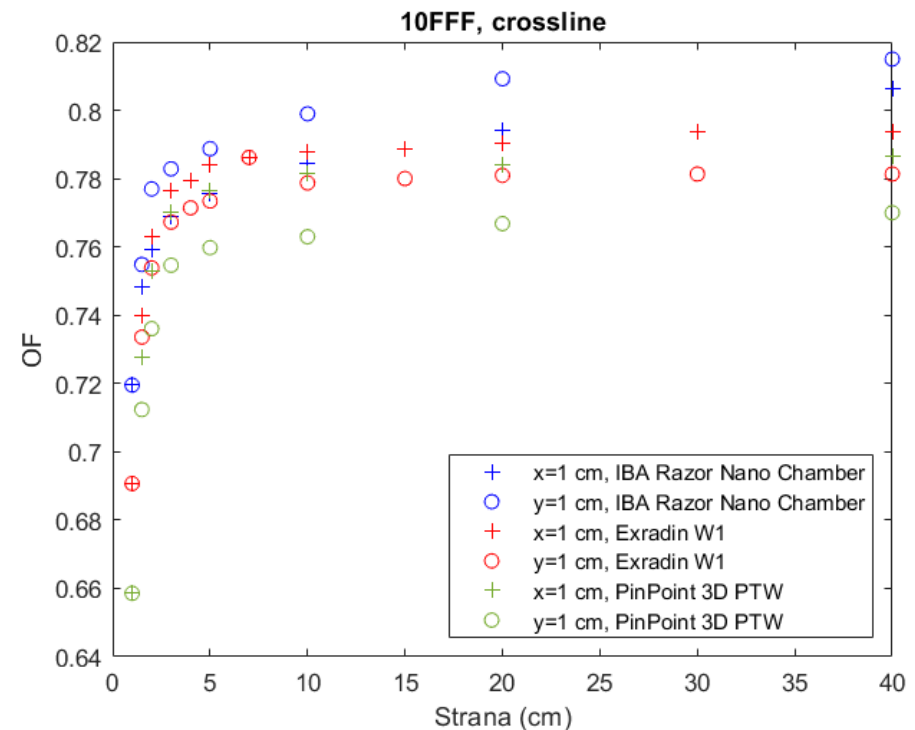
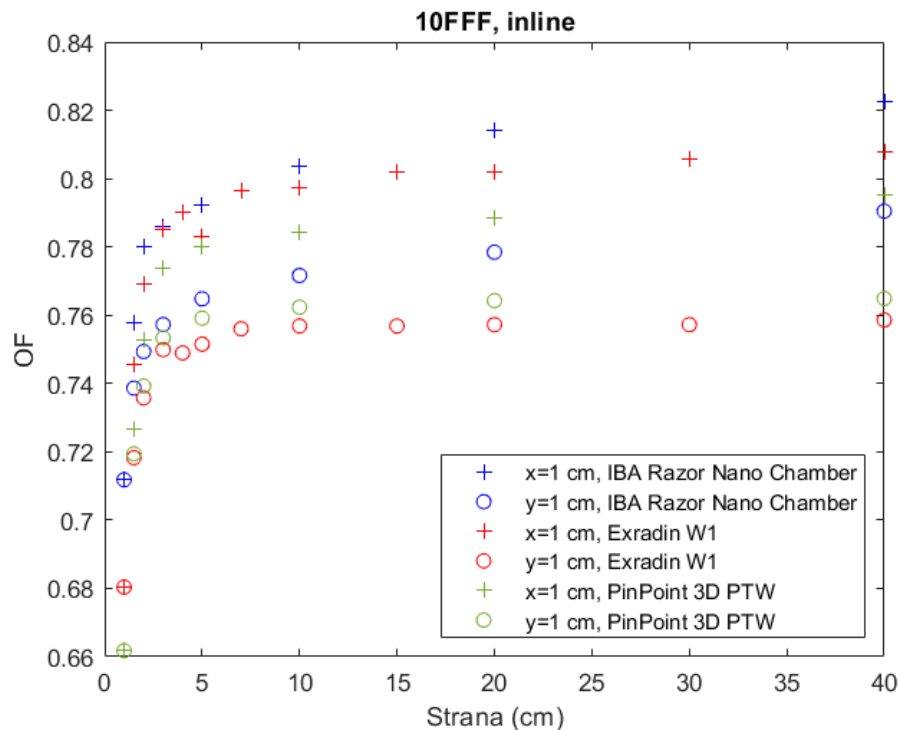
	6 MV	18 MV
10x10 cm ²	1,000 ± 0,021	1,000 ± 0,019
4x4 cm ²	1,001 ± 0,020	0,999 ± 0,019
3x3 cm ²	0,999 ± 0,020	1,000 ± 0,019
2x2 cm ²	1,004 ± 0,020	1,008 ± 0,019
1x1 cm ²	1,042 ± 0,020	1,042 ± 0,095

Korekční faktory pro měření faktoru velikosti pole

	6 MV	18 MV
10x10 cm ²	1,00 ± 0,02	1,00 ± 0,02
4x4 cm ²	1,04 ± 0,02	1,03 ± 0,02
3x3 cm ²	1,05 ± 0,02	1,06 ± 0,02
2x2 cm ²	1,04 ± 0,02	1,08 ± 0,02
1x1 cm ²	0,95 ± 0,02	0,95 ± 0,09

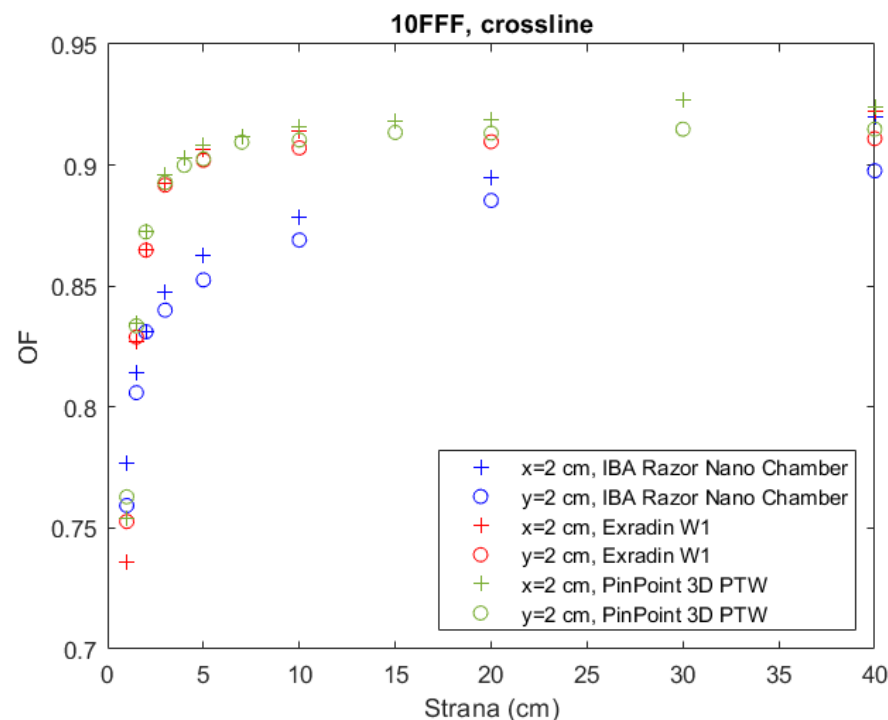
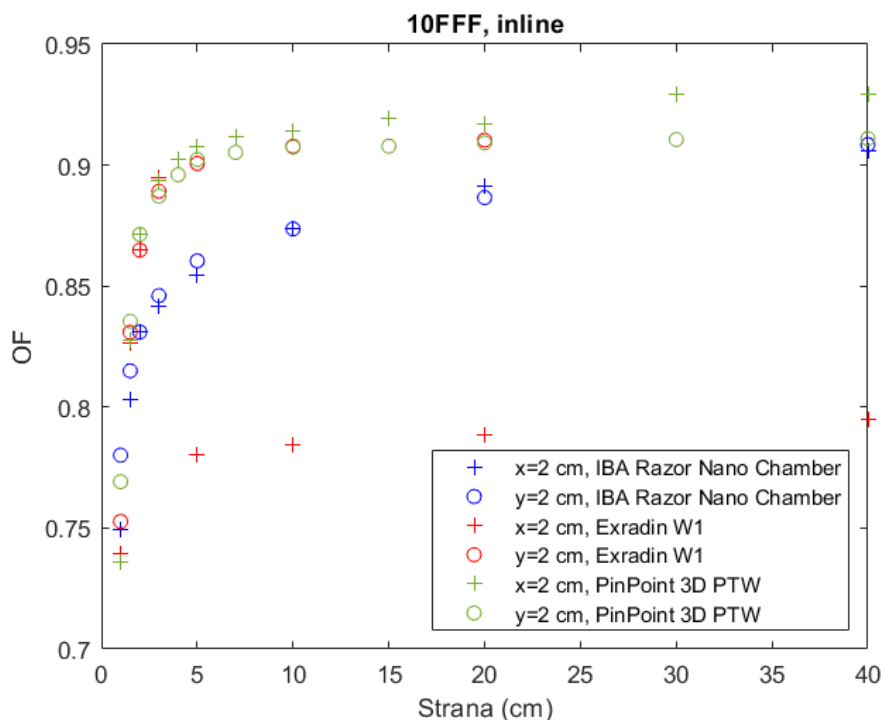
Závislost output faktorů na velikosti pole

- Závislost OF na velikosti pole měřena s orientací detektoru crossline a inline
- Se zvětšující se velikostí pole roste OF
- Pro malá pole (s délkou strany do 10 cm) je růst strmější



Závislost output faktorů na velikosti pole

- Závislost OF na velikosti pole měřena s orientací detektoru crossline a inline
- Se zvětšující se velikostí pole roste OF
- Pro malá pole (s délkou strany do 10 cm) je růst strmější



Závislost faktorů velikosti pole na orientaci detektoru

- **Největší vliv směru polohy detektoru u scintilátoru**
- **Nutno zohlednit vliv collimator exchange effectu**
- **Celkový OF: průměr z OF při nastavení detektoru do crossline a do inline směru**
- **Větší vliv orientace detektoru u malé velikosti pole – nejhorší reprodukovatelnost**

Shrnutí

- k_{sat} , k_{pol} nezávislé na velikosti pole (snížení k_{pol} pro $3 \times 3 \text{ cm}^2$)
- IBA Razor Nano Chamber
 - vysoký vliv polarity (odchylka až 6,5 % pro $1 \times 1 \text{ cm}^2$ a 18 MV)
 - vysokou odchylku krátkodobé reprodukovatelnosti (až 6 % pro napětí 100 V a -300 V)
 - $k_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}} > 1$ (pro $2 \times 2 \text{ cm}^2$, $3 \times 3 \text{ cm}^2$ a $4 \times 4 \text{ cm}^2$ a 6 MV i 18 MV)
 - odchylka $k_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}}$ až 8 % (pro $2 \times 2 \text{ cm}^2$ a 18 MV)
- $k_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}} \text{ (Razor Nano Chamber)} > k_{Q_{\text{clin}}, Q_{\text{msr}}}^{f_{\text{clin}}, f_{\text{msr}}} \text{ (PinPoint 3D)}$
- Nutno oddělit vliv collimator Exchange effectu a směru polohy detektoru



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Děkuji za pozornost





ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Literatura

- [1] Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Reference and Relative Dose Determination. Technical Reports Series 483. Vienna: IAEA, 2017
- [2] Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water. Technical Reports Series 398. Vienna: IAEA, 2000
- [3] iba DOSIMETRY. RAZOR Nano Chamber. [Online; zobrazeno 3. 3. 2023]. url: https://www.iba-dosimetry.com/fileadmin/user_upload/products/02_radiation_therapy/Razor_Nano_Chamber/iba-product-nanochamber-header.jpg, upraveno
- [4] PTW THE DOSIMETRY COMPANY. PinPoint 3D Ion Chamber. [Online; zobrazeno 3. 3. 2023]. url: https://www.ptwdosimetry.com/fileadmin/_processed_/e/0/csm_PTW_00313_31022_9d925c1cb7.jpg, upraveno
- [5] H. Looe et al. „The polarity effect of compact ionization chambers used for small field dosimetry“. In: Medical Physics 45 (12 2018), s. 5608 –5621
- [6] A. Gul et al. „Feasibility study of using Stereotactic Field Diode for field output factors measurement and evaluating three new detectors for small field relative dosimetry of 6 and 10 MV photon beams“. In: Journal of Applied Clinical Medical Physics 21 (11 2020), s. 332
- [7] M. Partanen et al. „Properties of IBA Razor Nano Chamber in small-field radiation therapy using 6 MV FF, 6 MV FFF, and 10 MV FFF photon beams“. In: ActaOncologica 60 (11 2021).