

Charakterystyka matrycy IC Profiler

Grzegorz Kopec
Podkarpackie Centrum Onkologii w Rzeszowie

Jesienna Szkoła Fizyki Medycznej
Chorzów, 16–18 września 2016 r.

Cel pracy

- ▶ Celem pracy były zebranie charakterystyk matrycy wielodetektorowej IC Profiler pod kątem użyteczności urządzenia w rutynowej pracy z Zakładzie Fizyki Medycznej Podkarpackiego Centrum Onkologii jako „zamiennika” analizatora pola.

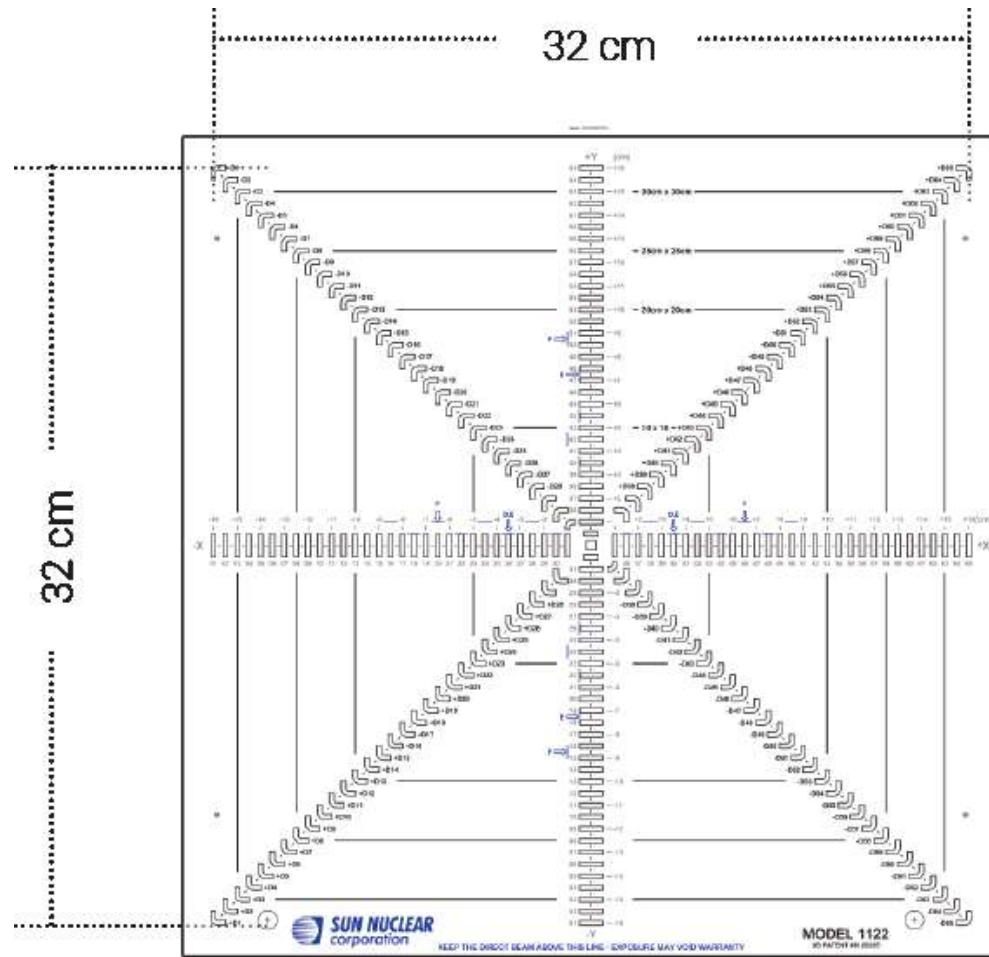
Sun Nuclear IC Profiler

- ▶ Sun Nuclear IC Profiler:
- ▶ 251 komór jonizacyjnych o objętości 0.05 cm^3
- ▶ obszar czynny $32 \times 32 \text{ cm}^2$ (45 cm w kierunkach diagonalnych)
- ▶ Odległość między komorami: 5 mm (7.1 mm w kierunku diagonalnym)

Sun Nuclear IC Profiler

- ▶ Wewnętrzna grubość build-up: 0.9 g/cm^2
- ▶ Grubość ekranowania przed promieniowaniem jonizującym: 2.3 g/cm^2
- ▶ Częstość zbierania sygnału: 125 – 800 ms
- ▶ Pomiar w trybie ciągłym i pulsowym
- ▶ Wewnętrzna procedura kalibracji urządzenia
- ▶ Tylko jeden kabel zasilający
- ▶ Real-time adjusting

Sun Nuclear IC Profiler



Sun Nuclear IC Profiler

$$CC_i = \frac{(RawCount_i - TimeTic \cdot bias_i)}{gain} \cdot P_{TP} \cdot CF_i$$

- ▶ CC_i – skorygowana liczba zliczeń
- ▶ $RawCount_i$ – „surowa” liczba zliczeń detektora
- ▶ $TimeTic$ – zsumowany czas od startu pomiaru
- ▶ $bias_i$ – wartość prądu upływu w $RawCount$ na jednostkę $TimeTic$
- ▶ $gain$ – wartość wzmocnienia komory jonizacyjnej
- ▶ P_{PT} – współczynnik korekcyjny na temperaturę i ciśnienie
- ▶ CF_i – współczynnik kalibracyjny komory

Materiał i metody

- ▶ Matryca IC Profiler
- ▶ Komora jonizacyjna Farmer 0.6 cm³
- ▶ Fantom wodny
- ▶ Płyty PMMA 30x30
- ▶ Analizator pola 3D Scanner
- ▶ Dedykowany software
- ▶ Akcelerator Clinac 2300 CD (en. 6 MV i 15 MV)

Prąd ciemny

- ▶ 5 pomiarów w różne dni
- ▶ Czas zbierania sygnału: 1 min
- ▶ Stosunek prądu upływu (signal to noise ratio)
< 0.18%

Odpowiedź po podłączeniu do sieci

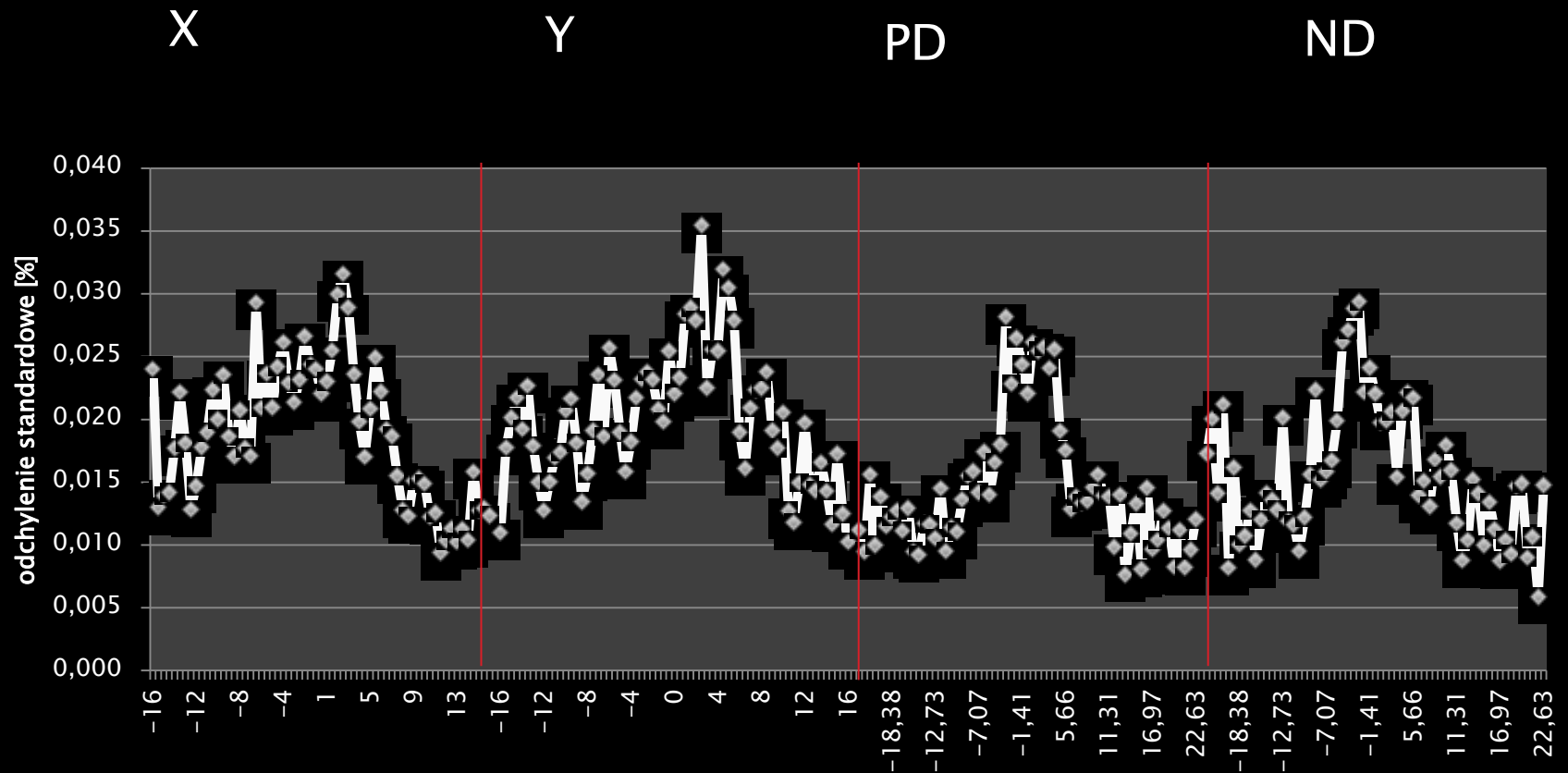
- ▶ Pomiar w warunkach „zimnych” i po osiągnięciu równowagi termicznej.
- ▶ Sekwencja pomiarów przez cztery godziny.
- ▶ W przypadku pomiaru „nierozgrzaną matrycą” odpowiedź urządzenia po podłączeniu do sieci była o 1.8% mniejsza od odpowiedzi końcowej.
- ▶ W przypadku matrycy pozostawionej na noc w bunkrze wartość ta wynosiła 1.2%.
- ▶ Stabilizację odpowiedzi ($<0.5\%$) uzyskano odpowiednio po 20 minutach i 15 minutach.

Powtarzalność (krótkookresowa)

- ▶ 20 pomiarów po 300 MU w krótkich, około jednodominutowych odstępach czasu.
- ▶ Pole pokrywające pełen panel detektorów
- ▶ Bez dodatkowego build-up.
- ▶ Pomiarzy znormalizowane do detektora w osi centralnej (CAX).
- ▶ Analiza sygnałów w czterech kierunkach: X, Y, PD (positive diagonal), ND (negative diagonal).

Powtarzalność krótkookresowa

Powtarzalność 6 MV

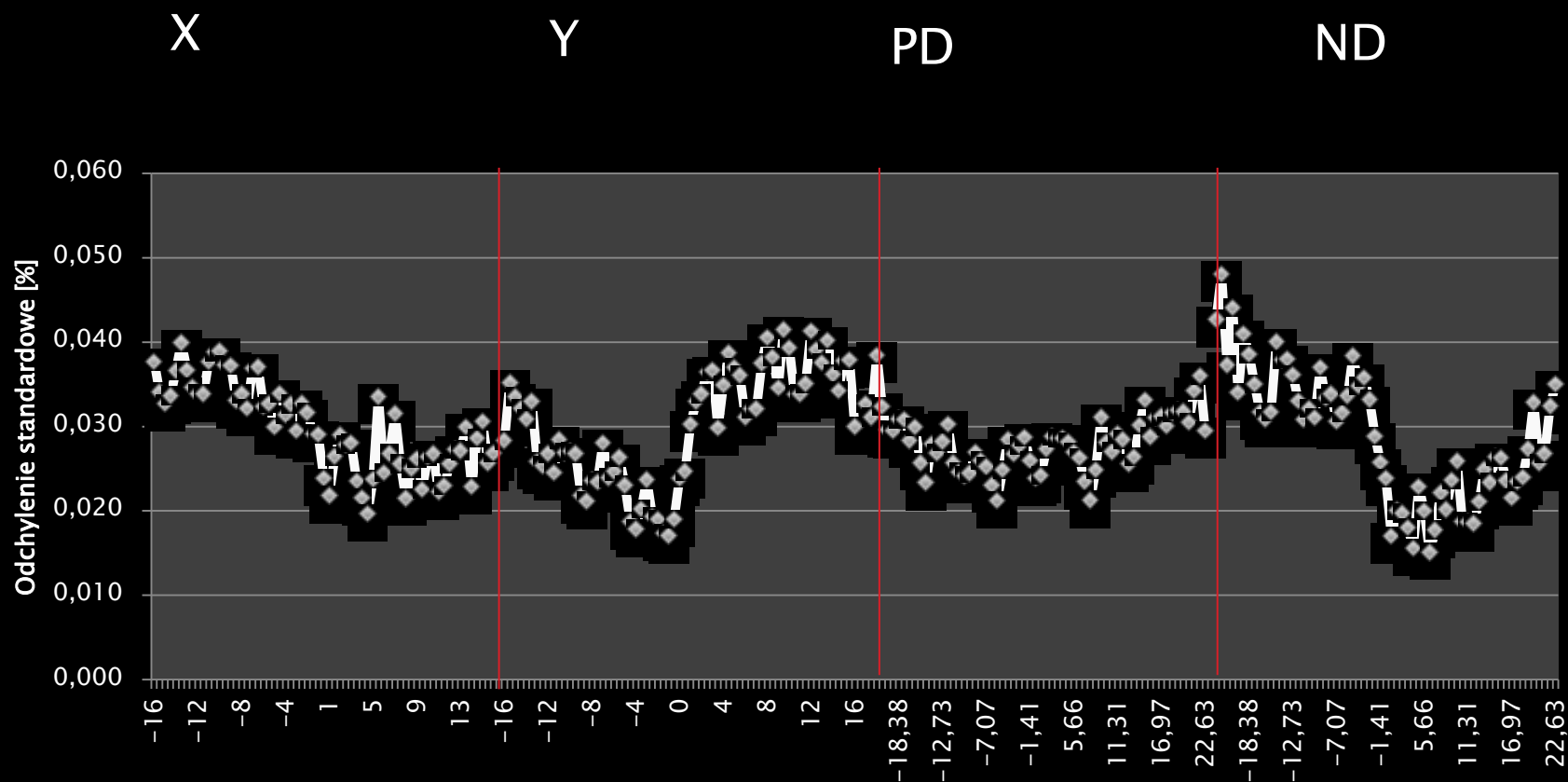


6 MV

- ▶ Średnie odchylenie standardowe dla kierunku: 0.02%
- ▶ Maksymalne odchylenie standardowe dla kierunku: 0.035%

Powtarzalność krótkookresowa

Powtarzalność 15 MV



15 MV

- ▶ Średnie odchylenie standardowe dla kierunku: 0.03%
- ▶ Maksymalne odchylenie standardowe dla kierunku: 0.048%

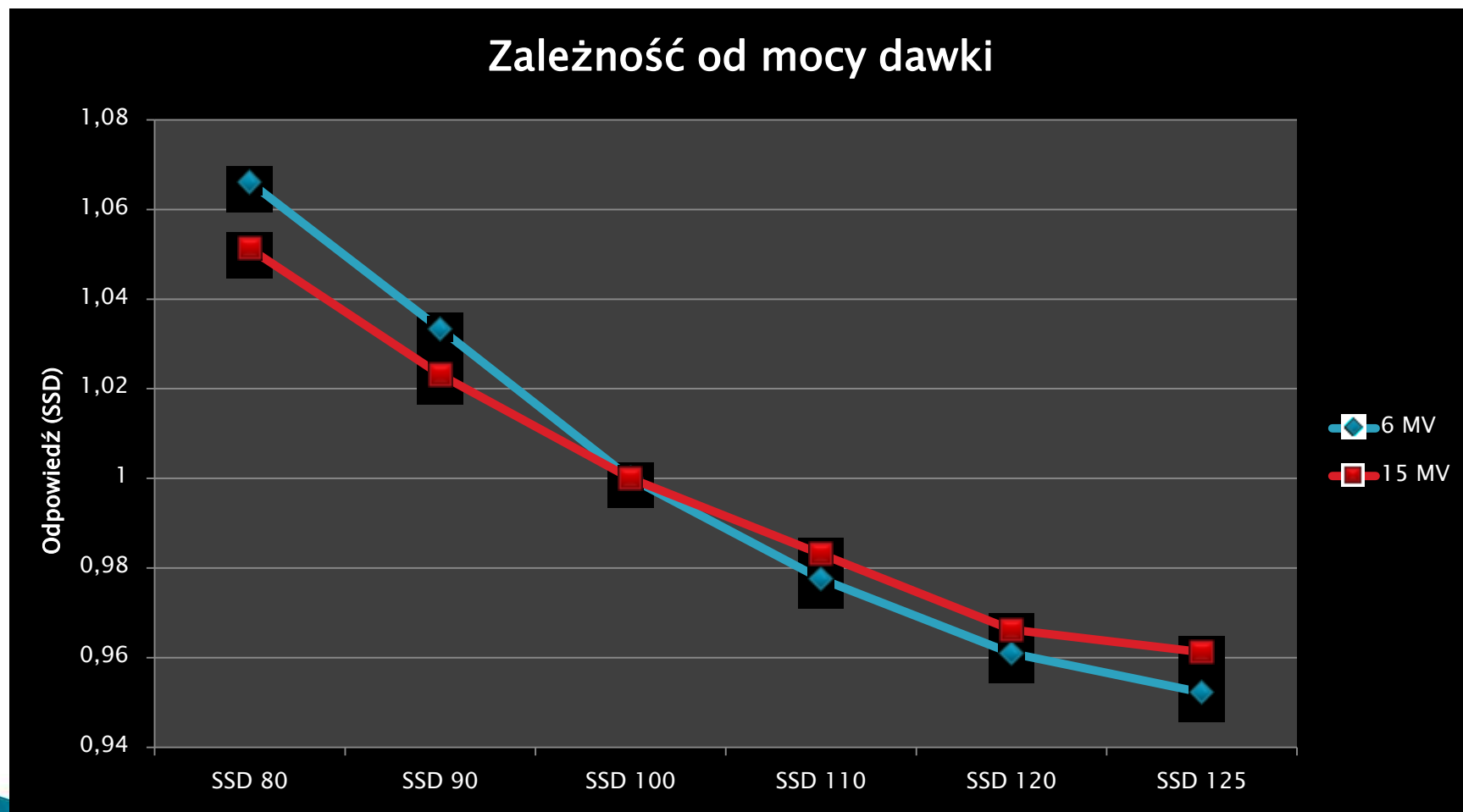
Zależność od mocy dawki

- ▶ Dwa niezależne pomiary: matrycą IC Profiler (w CAX) oraz komorą jonizacyjną Farmer 0.6 cm³ w wodzie
- ▶ Pomiar dla SSD w zakresie 80 – 125 cm
- ▶ Pole 10x10, 300 MU, $d = 10$ cm (dla wody)
- ▶ Normalizacja dla SSD = 100 cm

Zależność od mocy dawki

$$\text{Odpowiedź (SSD)} = \frac{\left[\frac{\text{sygnał}(SSD_i)}{\text{sygnał}(SSD_{100})} \right]_{panel}}{\left[\frac{\text{sygnał}(SSD_i)}{\text{sygnał}(SSD_{100})} \right]_{farmer}}$$

Zależność od mocy dawki



Linowość

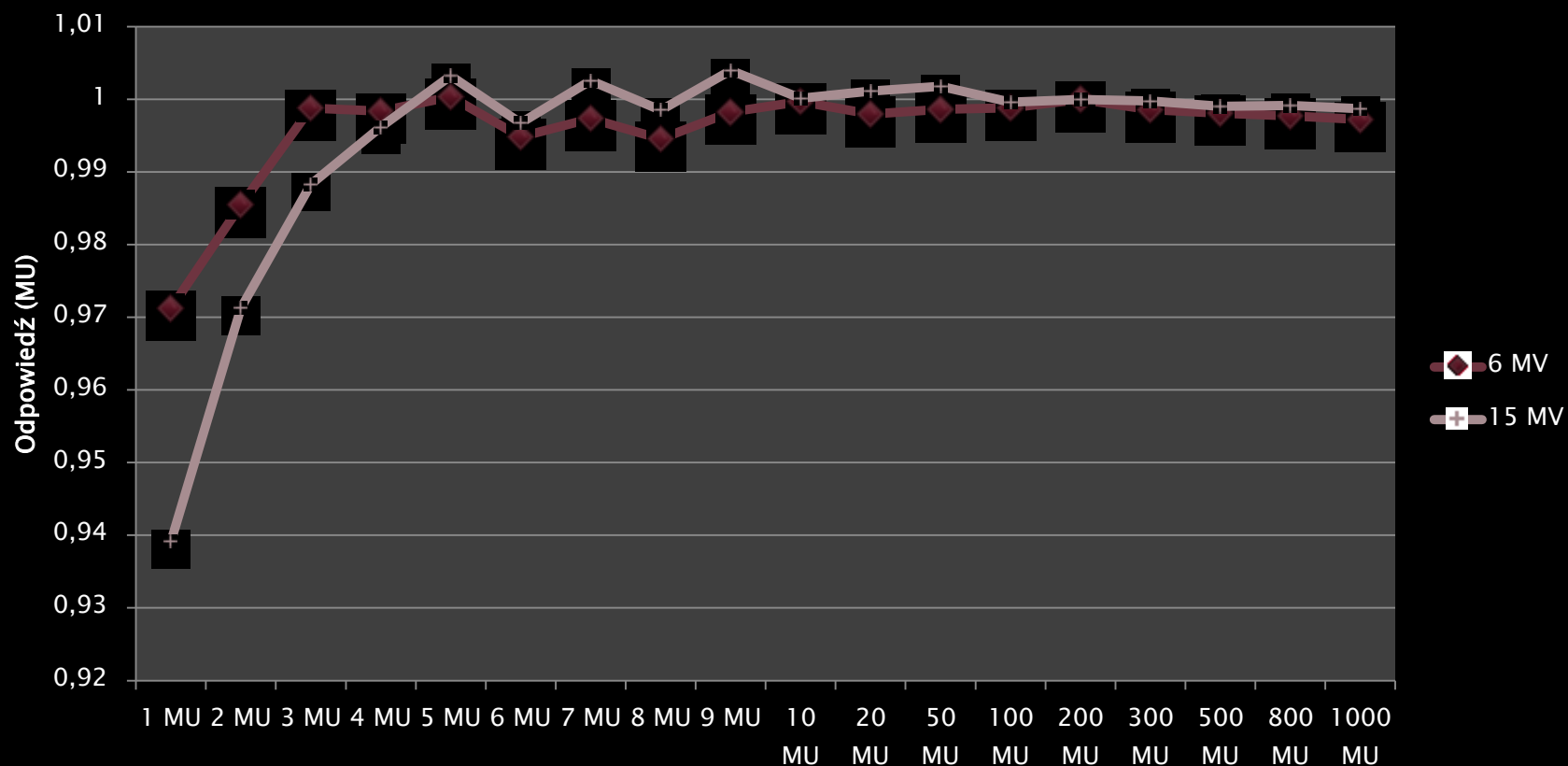
- ▶ Dwa niezależne pomiary: matrycą IC Profiler (w CAX) oraz komorą jonizacyjną Farmer 0.6 cm³ w wodzie
- ▶ Pomiar w zakresie 1 – 1000 MU.
- ▶ Pole 10x10, SSD 100 cm, d = 10 cm (dla wody)
- ▶ Normalizacja dla 300 MU

Linowość

$$\text{Odpowiedź (MU)} = \frac{\left[\frac{\text{sygnał}(MU_i)}{\text{sygnał}(MU_{300})} \right]_{\text{panel}}}{\left[\frac{\text{sygnał}(MU_i)}{\text{sygnał}(MU_{300})} \right]_{\text{farmer}}}$$

Liniowość

Liniowość



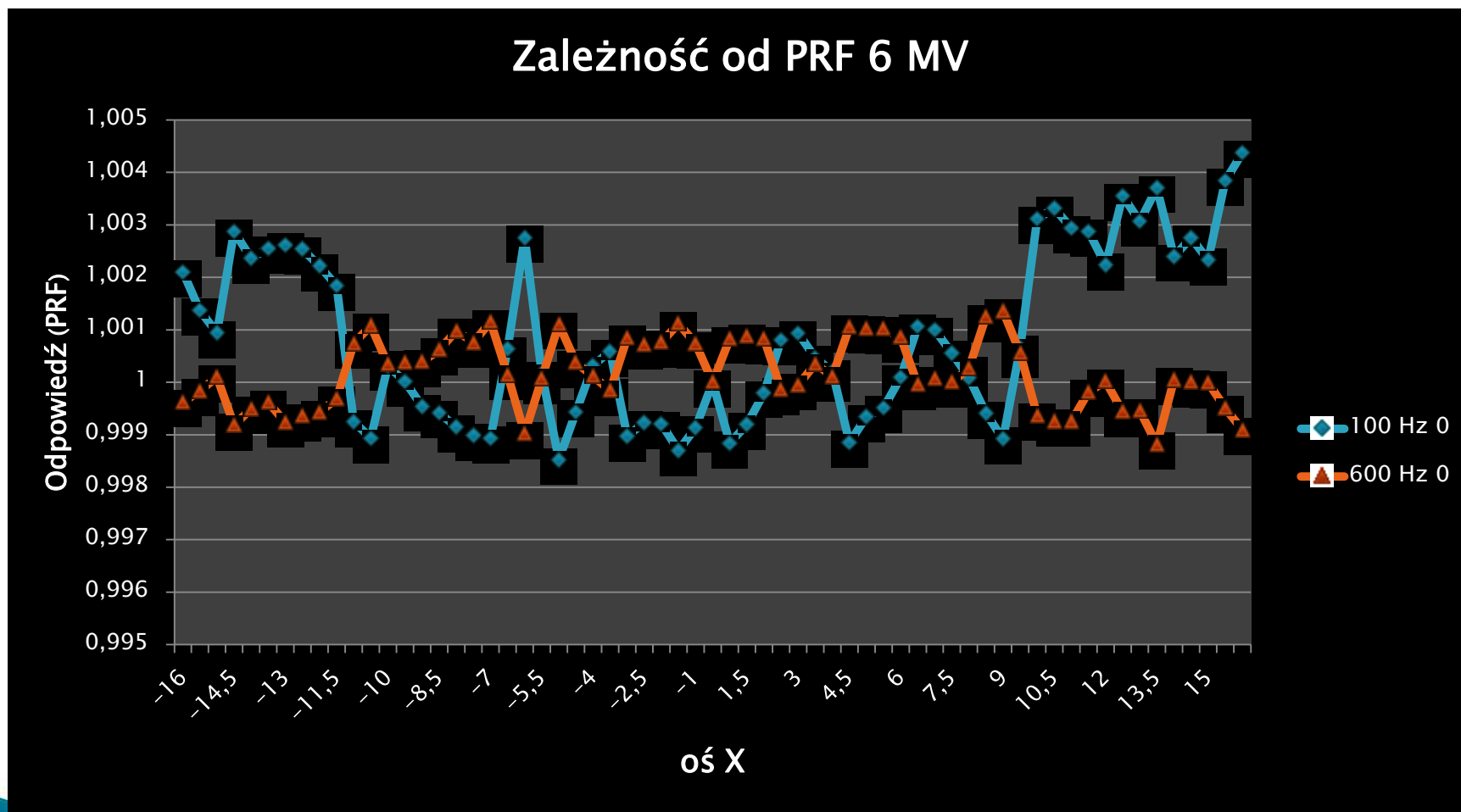
Zależność od PRF (pulse rate frequency)

- ▶ Dwa niezależne pomiary: matrycą IC Profiler (w CAX) oraz komorą jonizacyjną Farmer 0.6 cm³ w wodzie
- ▶ Pomiar w zakresie 100 MU/min – 600 MU/min
- ▶ Pole 10x10, SSD 100 cm, d = 10 cm (dla wody)
- ▶ Normalizacja dla 300 MU/min
- ▶ Interwał: 500 ms

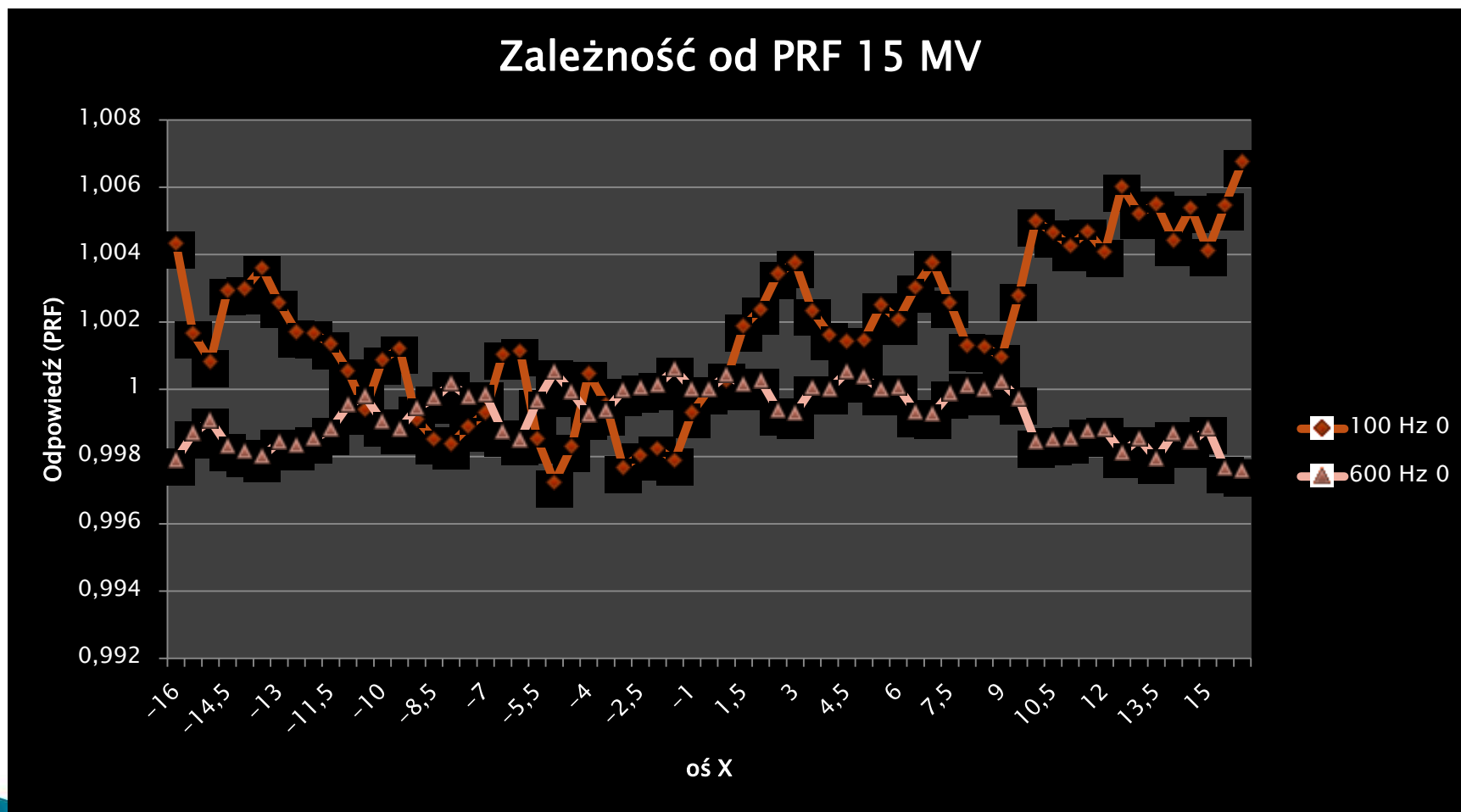
Zależność od PRF

$$Odpowiedź_i (PRF) = \frac{\left[\frac{\text{sygnał}(PRF_i)}{\text{sygnał}(PRF_{300})} \right]_{panel}}{\left[\frac{\text{sygnał}(PRF_i)}{\text{sygnał}(PRF_{300})} \right]_{farmer}}$$

Zależność od PRF



Zależność od PRF



Zależność od energii promieniowania

- ▶ Dwa niezależne pomiary: matrycą IC Profiler (w CAX) oraz komorą jonizacyjną Farmer 0.6 cm³ w wodzie.
- ▶ Pomiar dla SSD = 100 cm
- ▶ Pole 10x10, 300 MU, d = 10 cm, 300 MU

Zależność od energii promieniowania

$$Odpowiedź(E) = \frac{\left[\frac{\text{sygnał}(15 \text{ MV})}{\text{sygnał}(6 \text{ MV})} \right]_{\text{panel}}}{\left[\frac{\text{sygnał}(15 \text{ MV})}{\text{sygnał}(6 \text{ MV})} \right]_{\text{farmer}}}$$

Zwiększając energię promieniowania z 6 MV do 15 MV, odpowiedź sygnału zmniejszyła się o 0.11 w stosunku do pomiarów w wodzie.

➡ niewielka zależność energetyczna

Powtarzalność współczynników kalibracji

- ▶ 5 kalibracji w krótkich, około jednominutowych odstępach czasu
- ▶ Pole pokrywające pełen panel detektorów
- ▶ Bez build-up
- ▶ Pomiarzy znormalizowane do detektora w osi centralnej (CAX)
- ▶ Analiza sygnałów w czterech kierunkach: X, Y, PD (positive diagonal), ND (negative diagonal)

6 MV

- ▶ Średnie odchylenie standardowe dla kierunku: 0,45%
- ▶ Maksymalne odchylenie standardowe dla kierunku: 1,30%

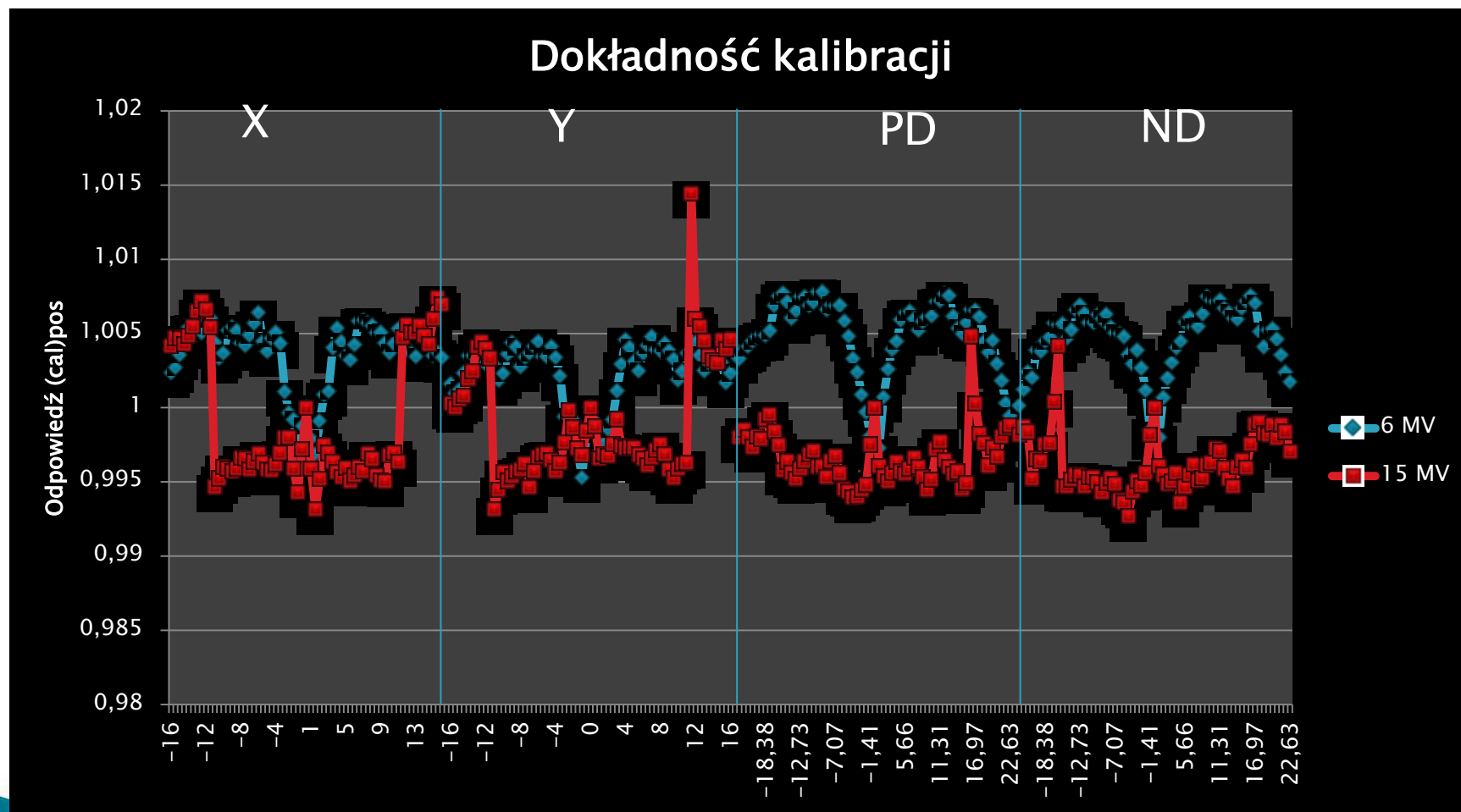
15 MV

- ▶ Średnie odchylenie standardowe dla kierunku: 0,14%
- ▶ Maksymalne odchylenie standardowe dla kierunku: 0,28%

Dokładność kalibracji

$$Odpowiedź_{pos}(cal) = \frac{sygnał_{cal}(180^0)}{sygnał_{cal}(0^0)}$$

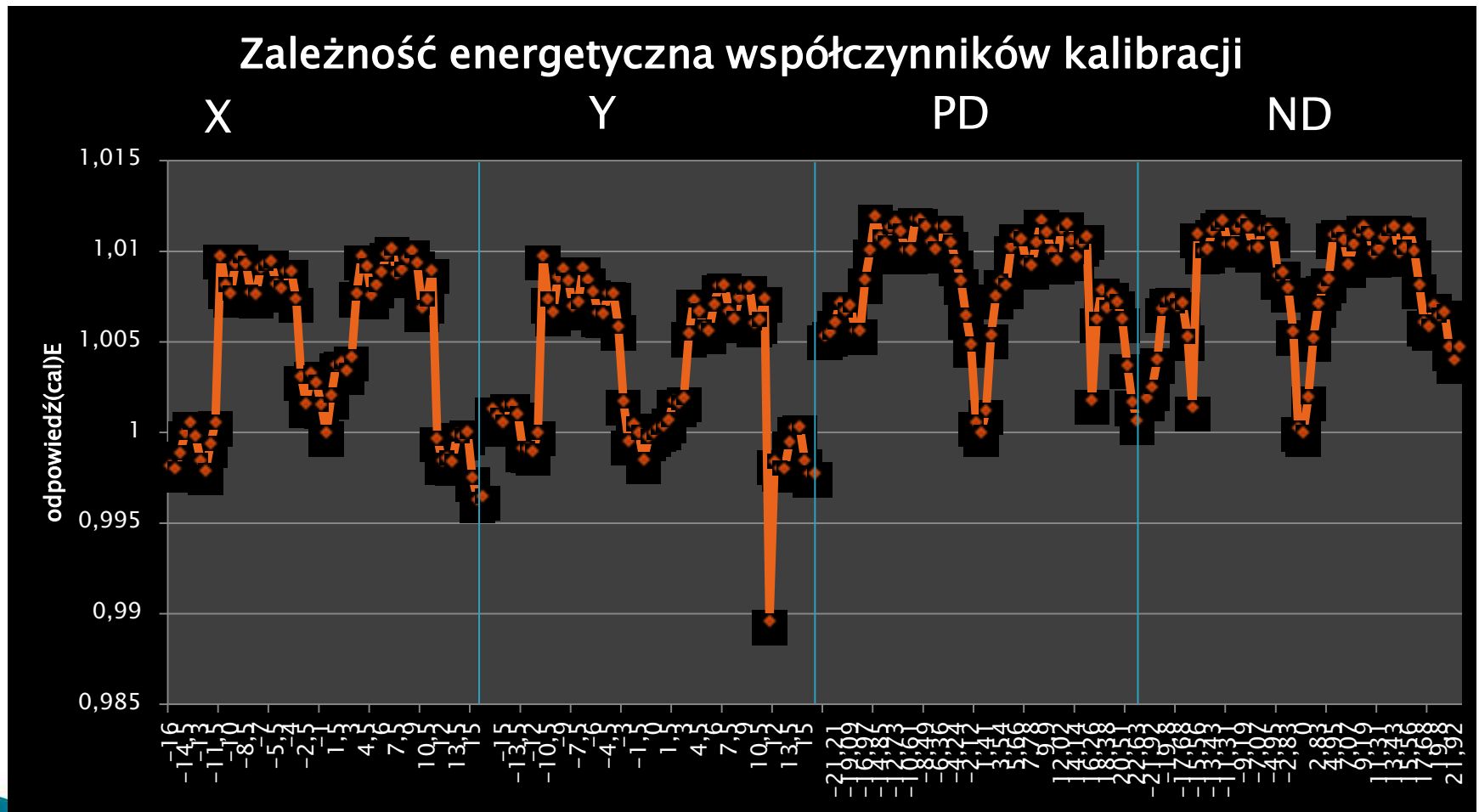
Dokładność kalibracji



Zależność energetyczna współczynników kalibracji

$$Odpowiedź_i(E_{cal}) = \frac{\text{sygnał}_i(15 \text{ MV})}{\text{sygnał}_i(6 \text{ MV})}$$

Zależność energetyczna współczynników kalibracji

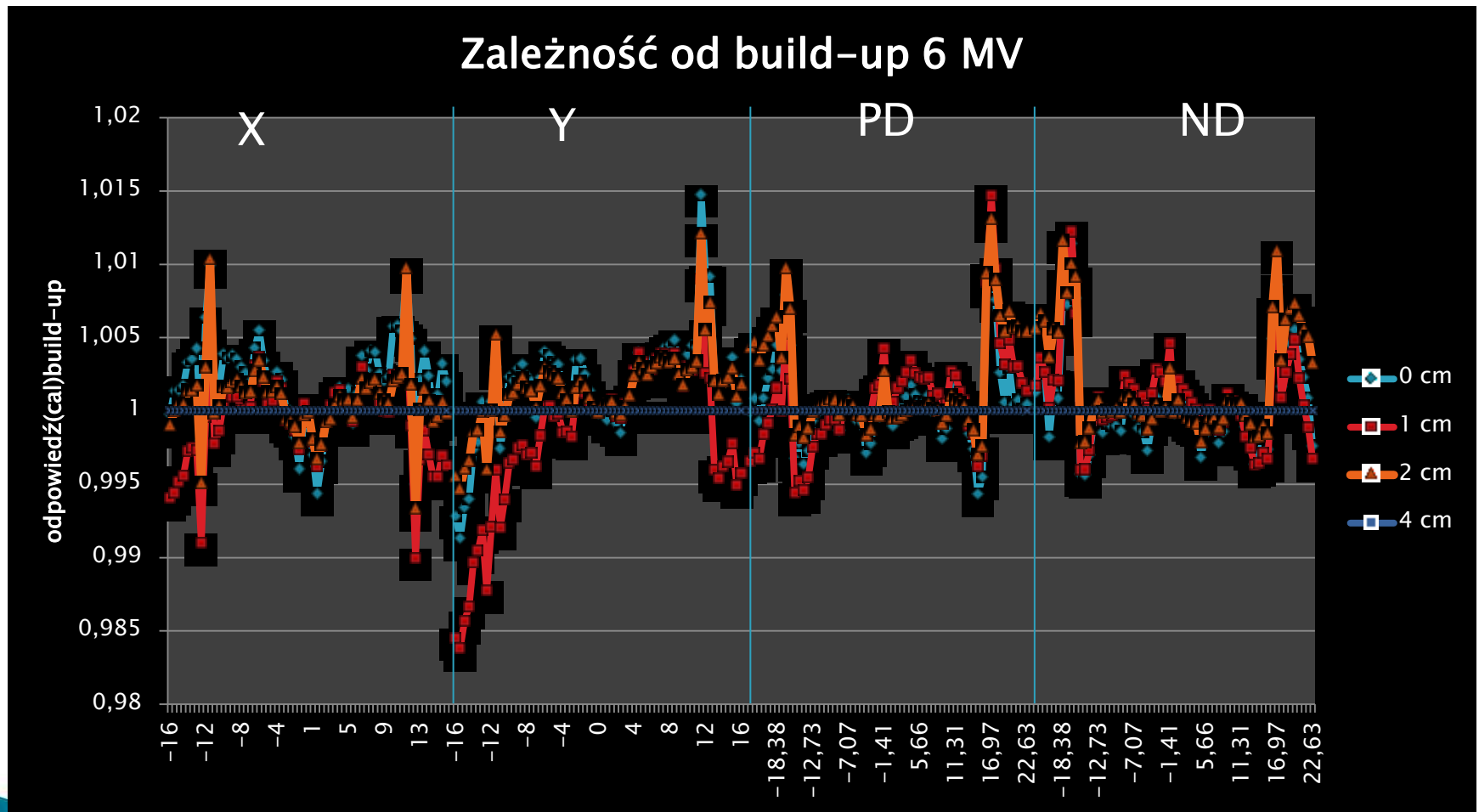


Zależność współczynników kalibracji od wielkości build-up

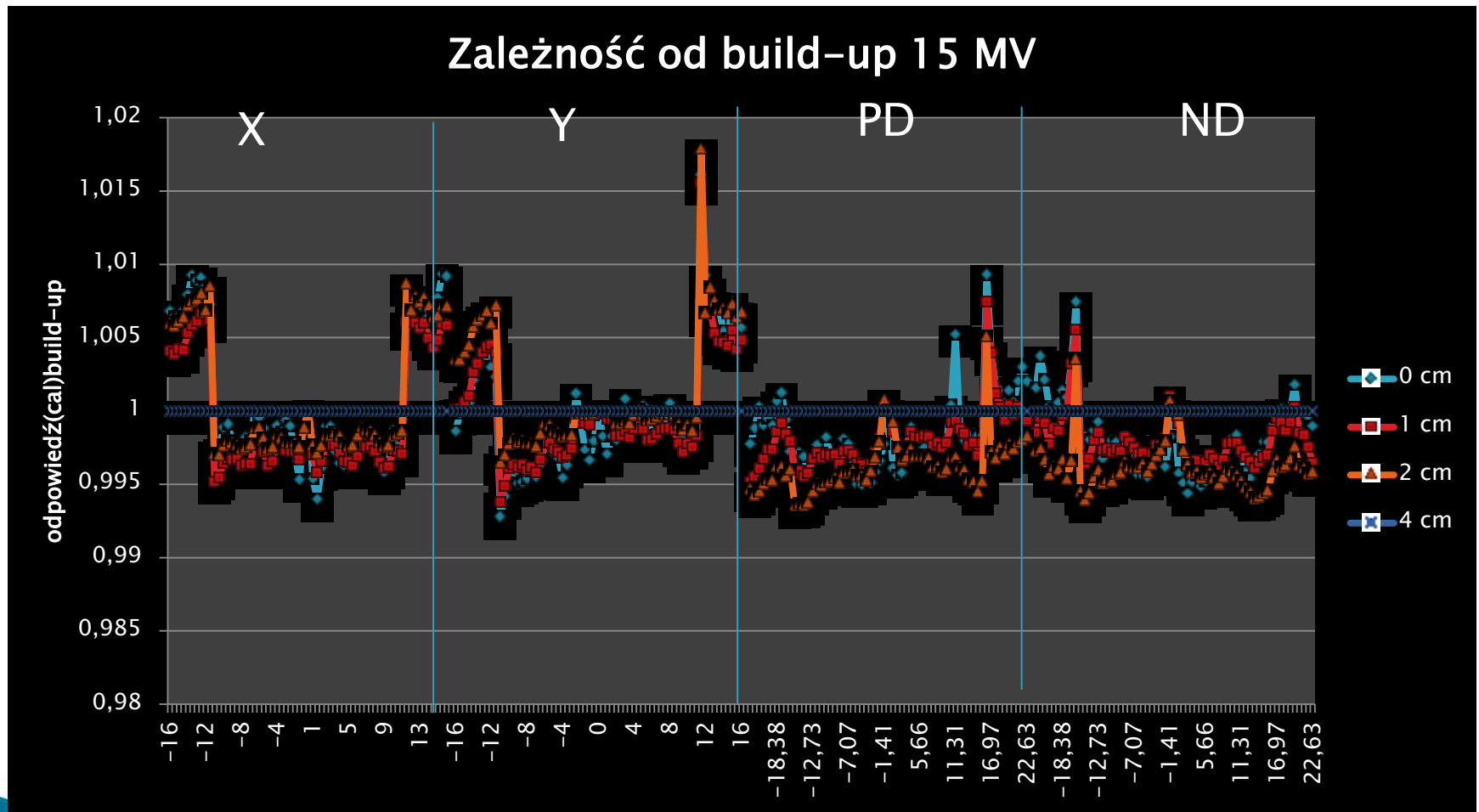
- ▶ Build-up: d_{\max} , 2 cm, 4 cm

$$Odpowiedź_i(\text{build-up}_{cal}) = \frac{\text{sygnał}_i(\text{build-up})}{\text{sygnał}_i(4\text{ cm})}$$

Zależność współczynników kalibracji od wielkości build-up



Zależność współczynników kalibracji od wielkości build-up



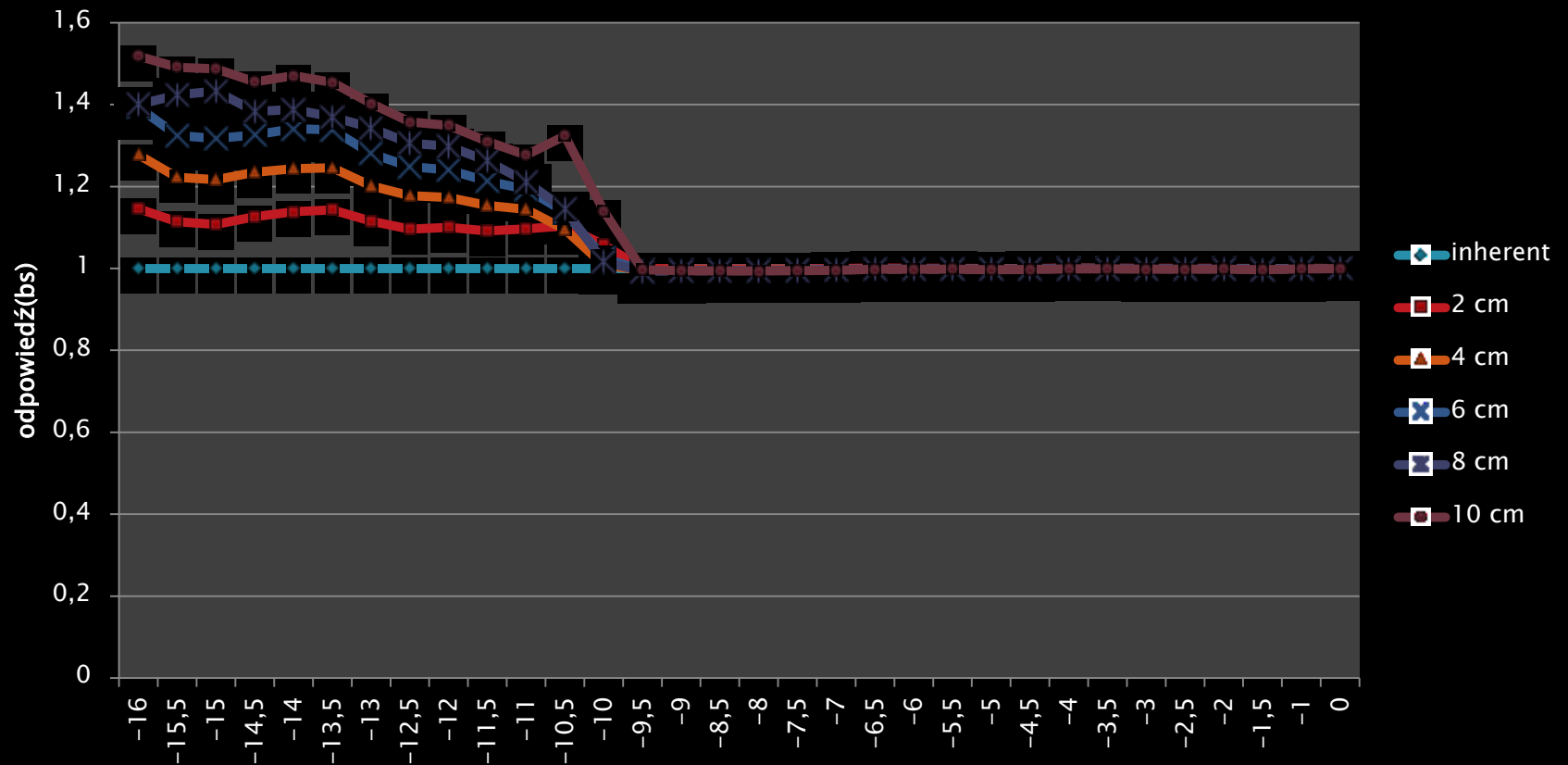
Backscatter

- ▶ Wartości build-up: 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm

$$Odpowiedź_i(bs) = \frac{\left[\frac{\text{sygnał}(bs)}{\text{sygnał}(inherent)} \right]_i}{\left[\frac{\text{sygnał}(bs)}{\text{sygnał}(inherent)} \right]_{cax}}$$

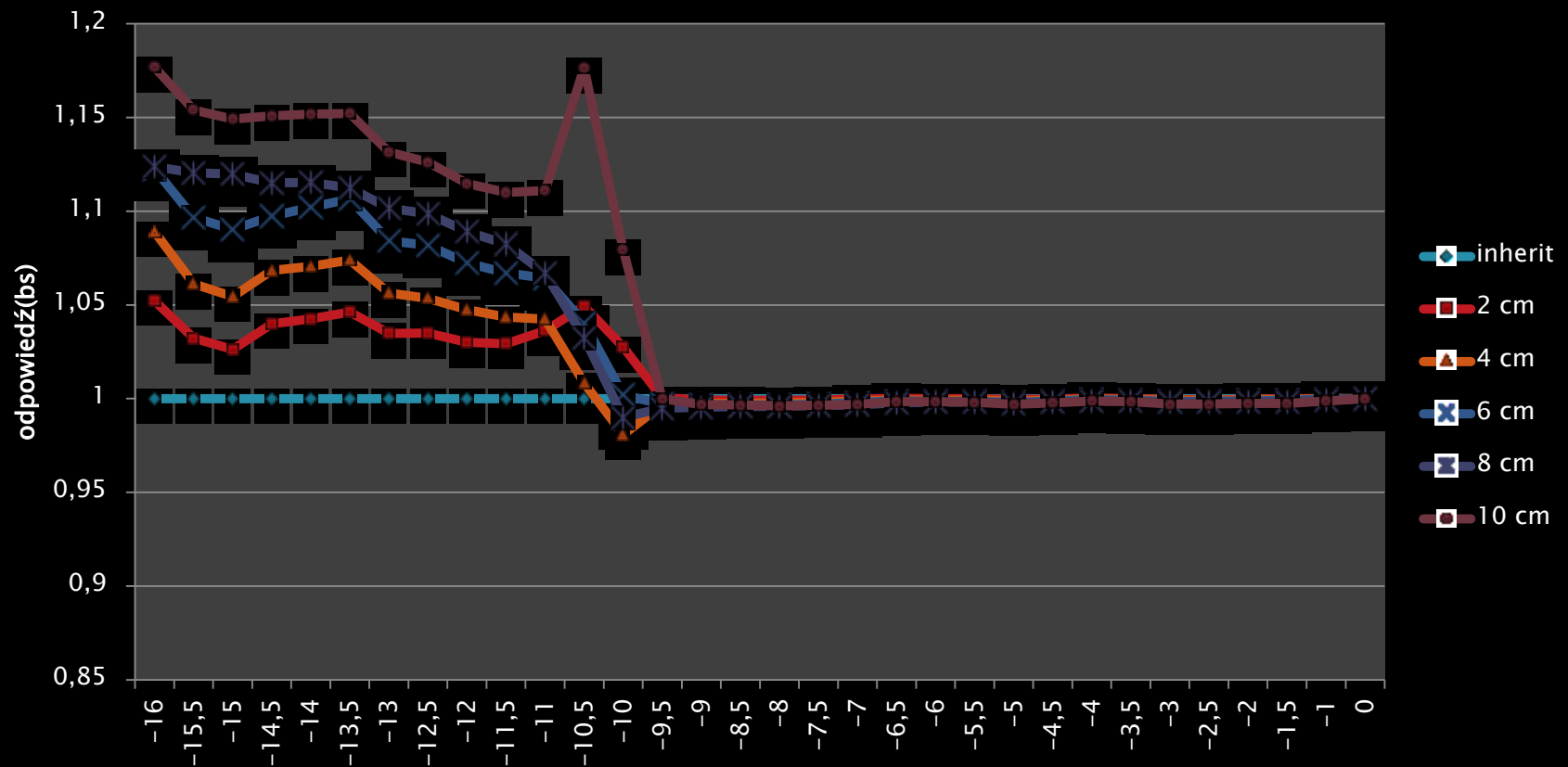
Backscatter

Zależność od backscatter 6 MV, 20x20



Backscatter

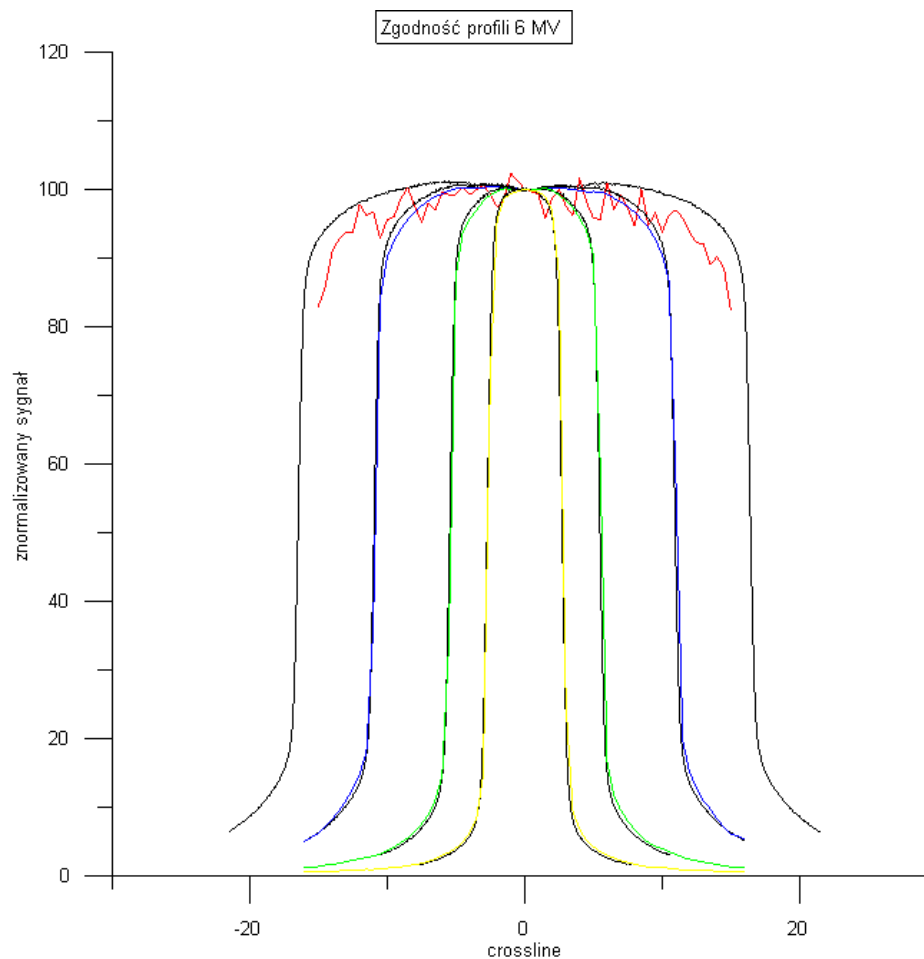
Zależność od backscatter 15 MV, 20x20



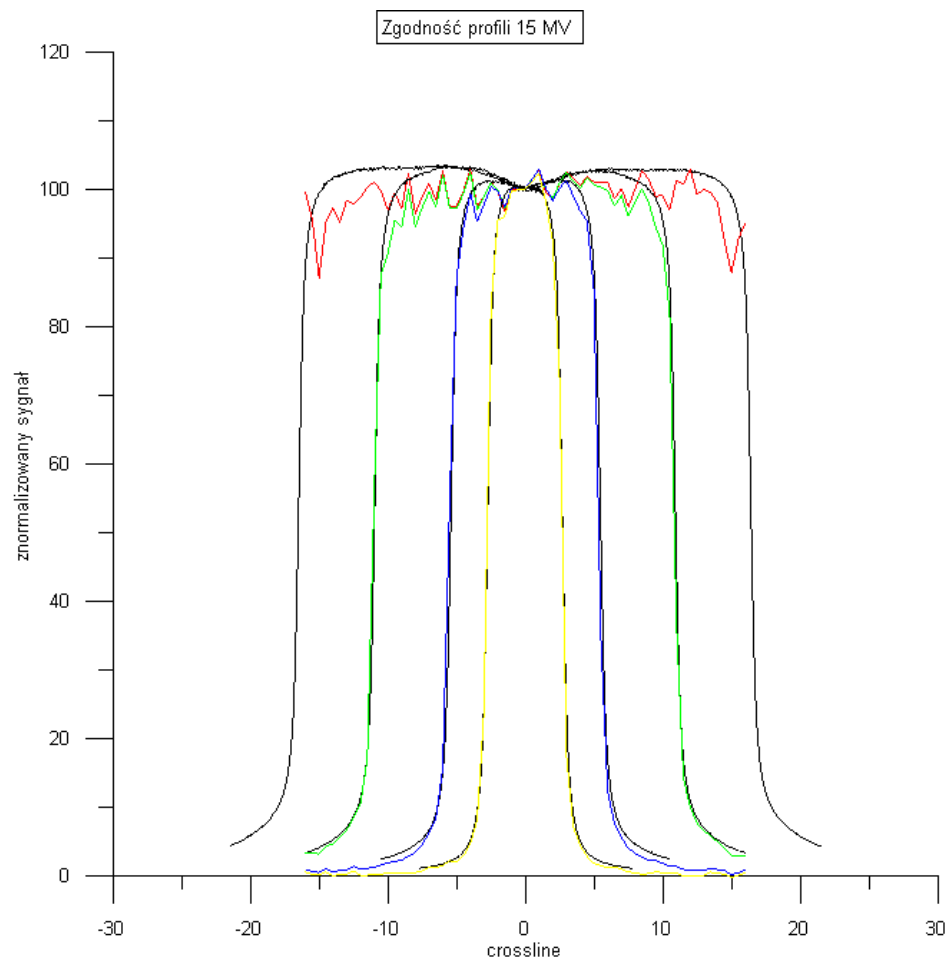
Profile

- ▶ Dwa niezależne pomiary: matrycą IC Profiler (w CAX) oraz analizatorem pola 3D Scanner
- ▶ Pola: 5x5, 10x10, 20x20, 30x30
- ▶ Głębokości: d_{\max} , 5 cm, 10 cm
- ▶ Profile: inline, crossline

Zgodność profili (d = 10 cm)



Zgodność profili (d = 10 cm)

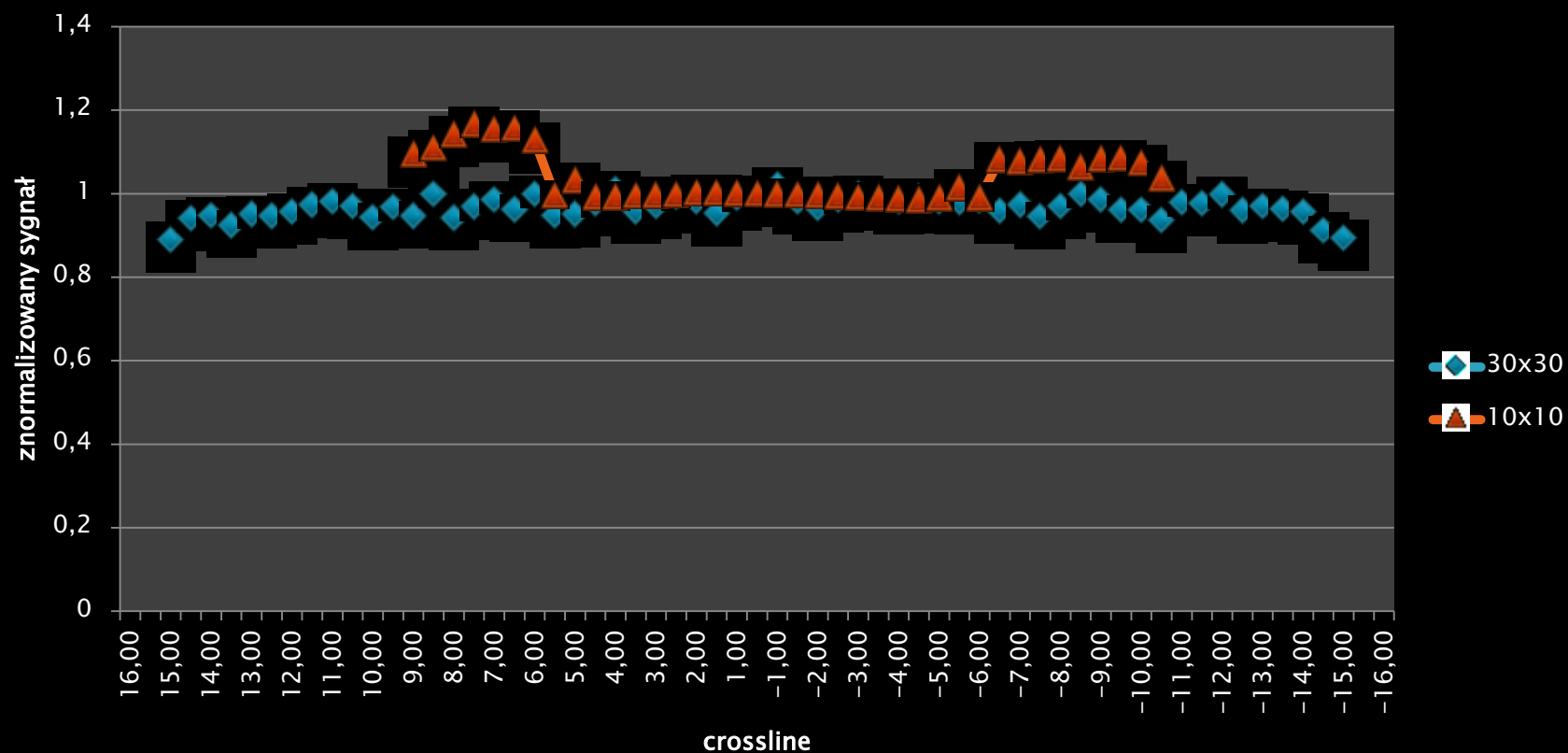


Dokładność profili

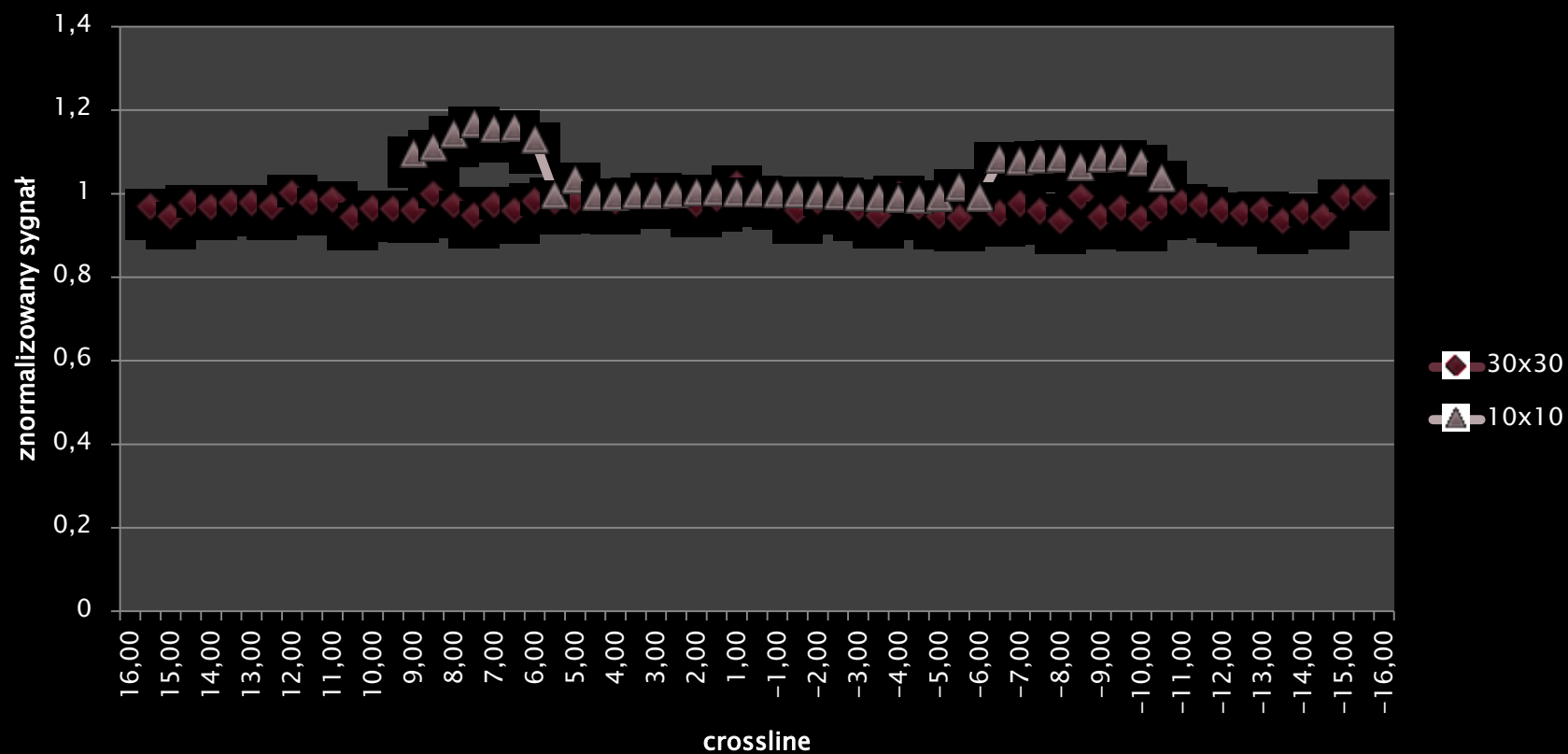
$$Odpowiedź_i(prof) = \frac{(sygnał_i)_{panel}}{(sygnał_i)_{analizator}}$$

Dokładność profili

Dokładność profili 6 MV, d=10 cm



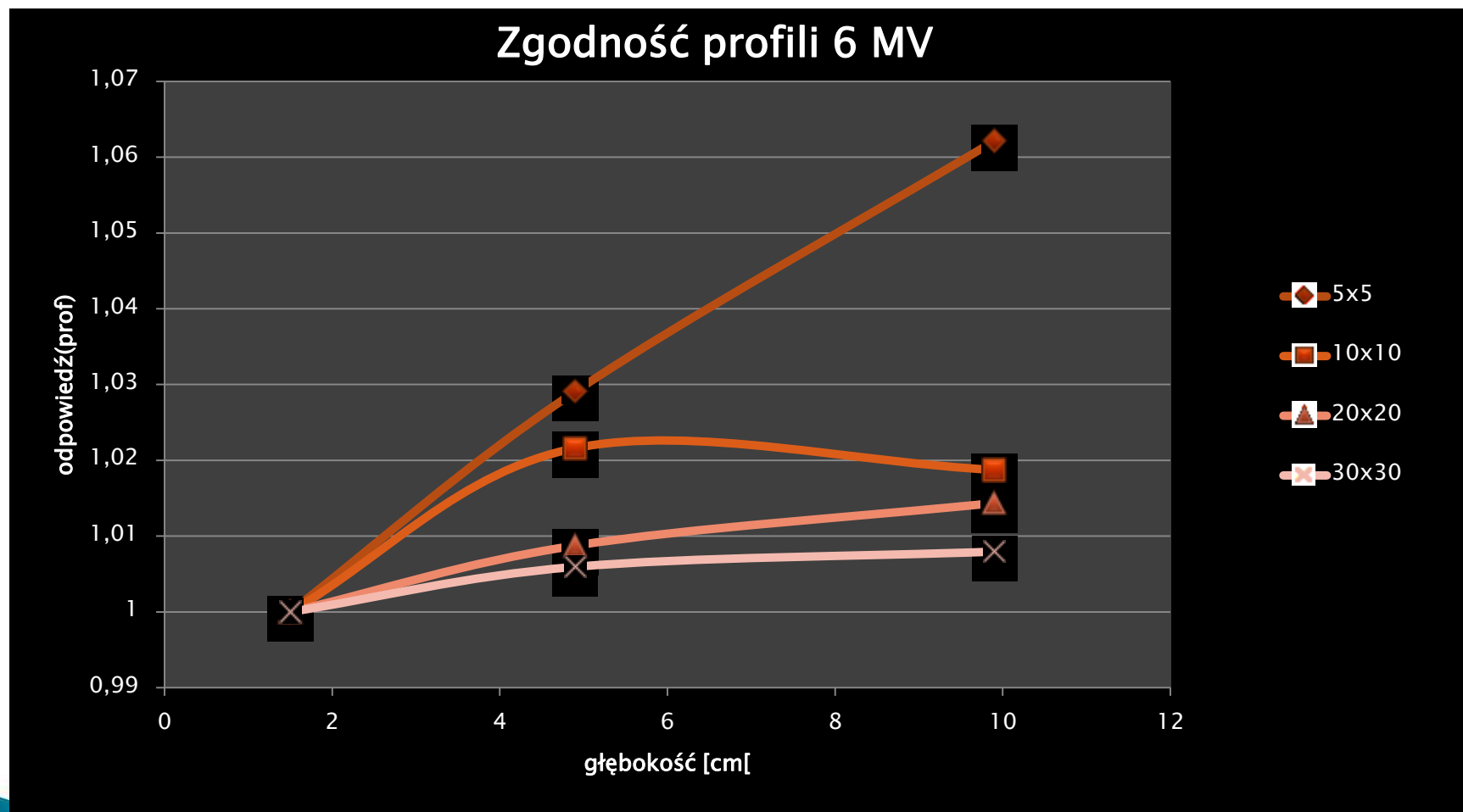
Dokładność profili 15 MV, d=10 cm



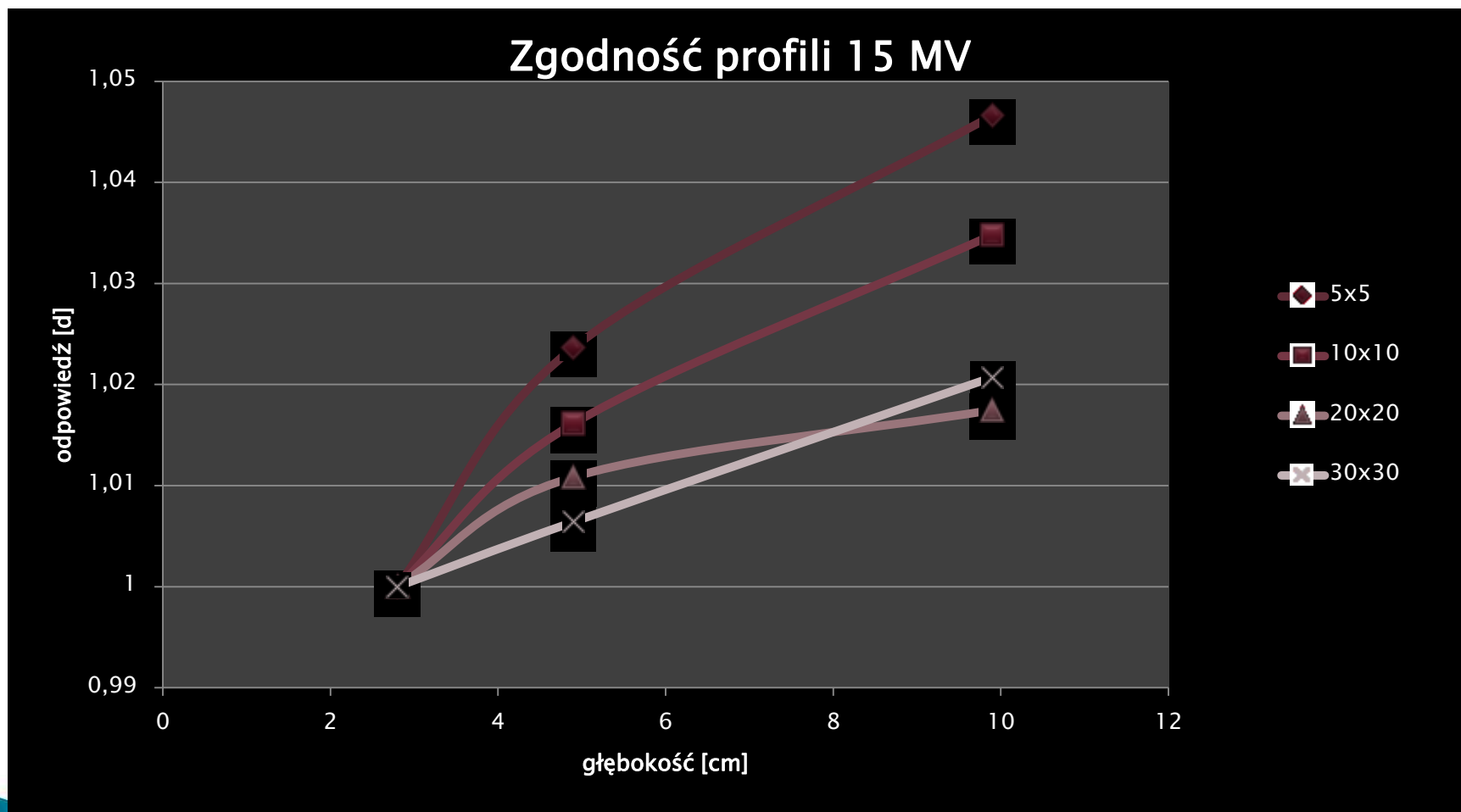
Zgodność profili

$$Odpowiedź_d(prof) = \frac{(sygnał_{cax})_{panel}}{(sygnał_{cax})_{analizator}}$$

Dokładność profili



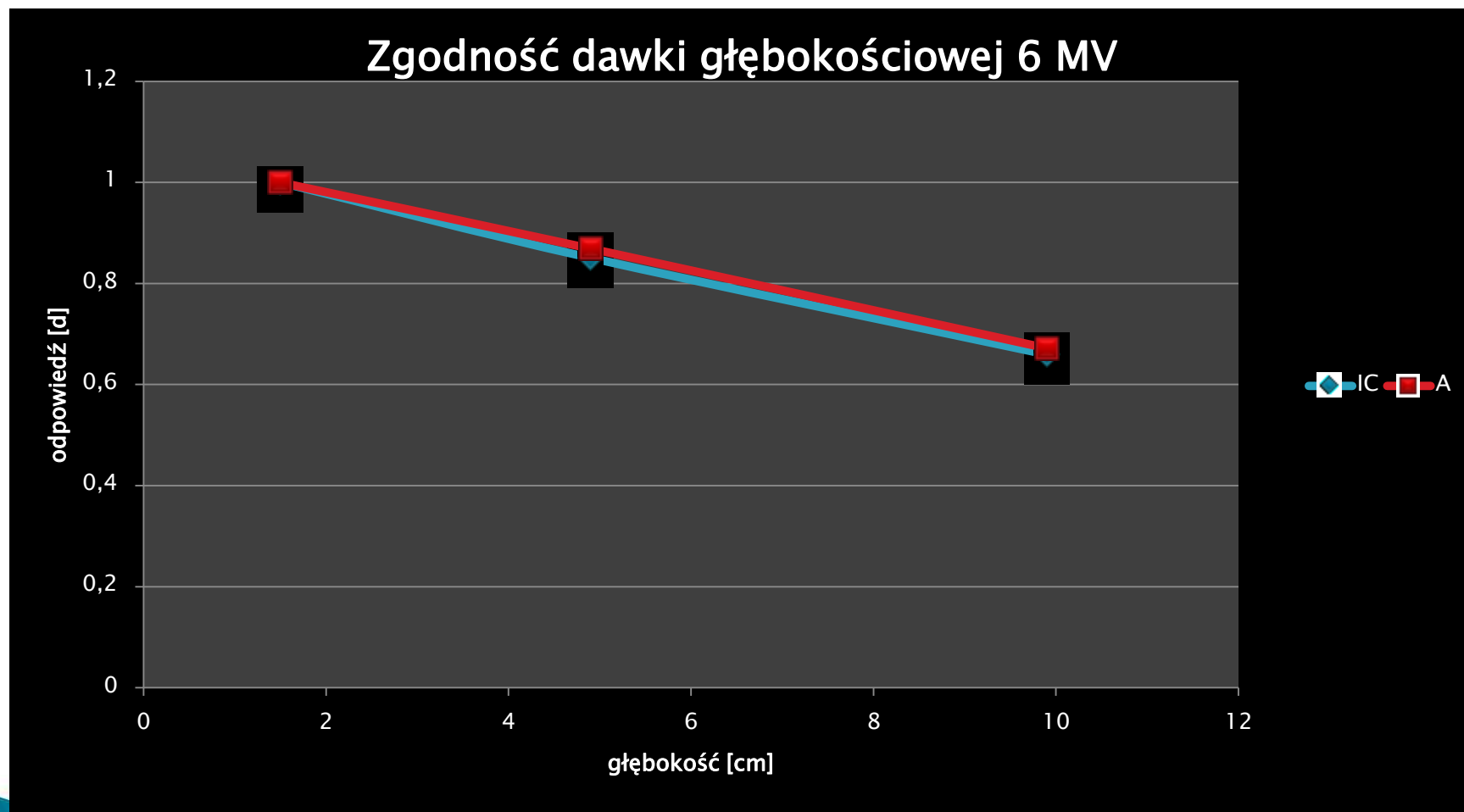
Dokładność profili



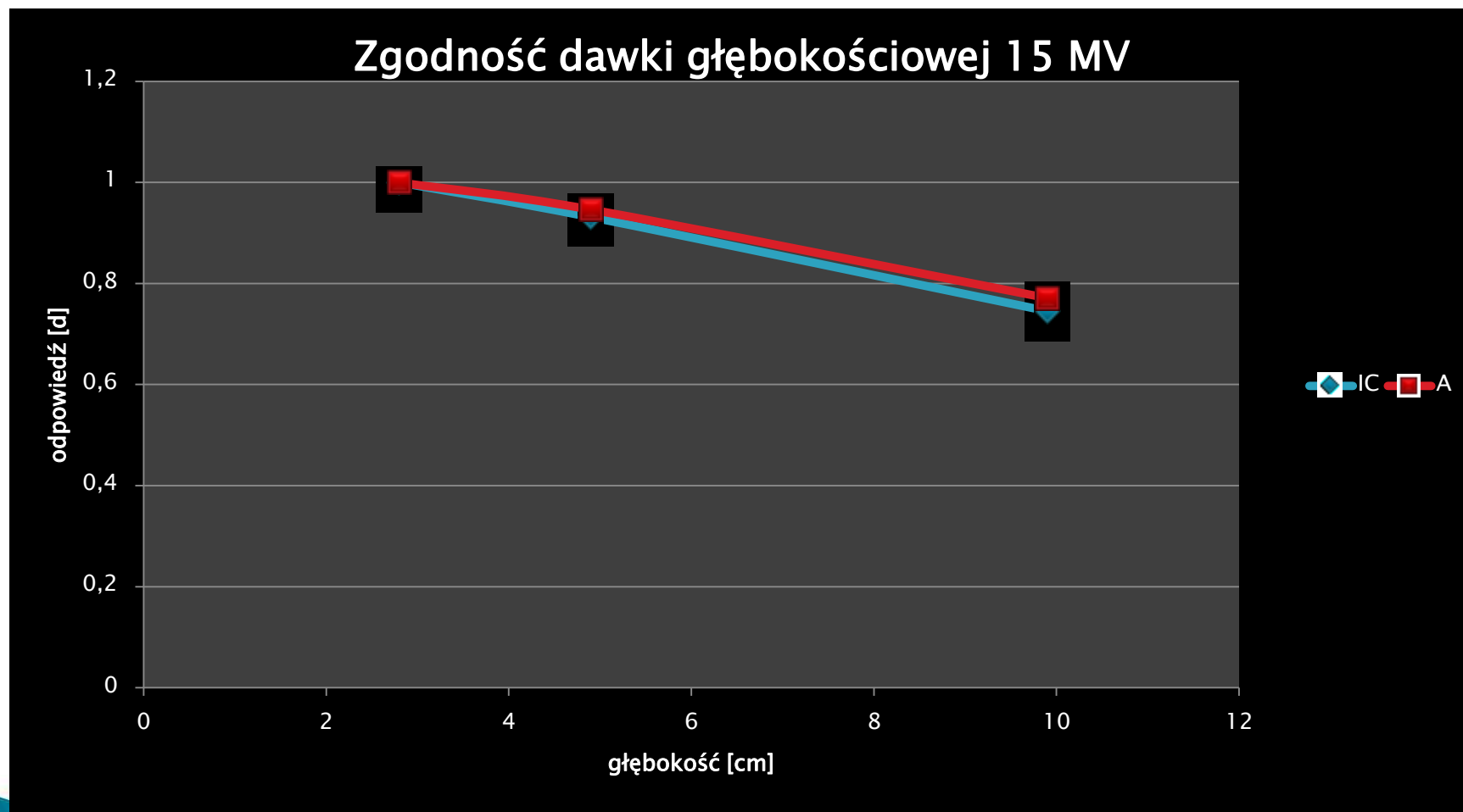
Zgodność dawki głębokościowej

$$Odpowiedź_{buildup}(prof) = \left(\frac{(sygnał_{cax})_d}{(sygnał_{cax})_{dmax}} \right)_{analizator}^{panel}$$

Zgodność dawki głębokościowej



Zgodność dawki głębokościowej



Wnioski

- ▶ Matryca wielodetektorowa IC Profiler w większości badanych parametrów zachowuje ok. 1 % różnicę odpowiedzi w stosunku do sygnałów referencyjnych.
- ▶ Aby zachować liniowość pomiaru należy stosować ekspozycje > 20 MU.
- ▶ Bardzo dobra zgodność profili w stosunku do pomiarów analizatorem w 80% obszarów pola.
- ▶ Lepsza odpowiedź dla większych pól.
- ▶ Niezależność energetyczna oraz dobre ekranowanie przed back-scatter.
- ▶ Wskazane stosowanie oddzielnym współczynników kalibracji dla danej energii.
- ▶ Wymagana równowaga temperaturowa.

Wnioski

Oszczędność czasu:

- ▶ Od wejścia do bunkra do momentu rozpoczęcia pomiarów: 7 – 10 min.
- ▶ Pomiar płaskości i symetrii dla pola 30x30 – ok. 4 minut.
- ▶ Real-time adjusting: szybkie sprawdzenie czy akcelerator „trzyma” symetrię oraz niezbędne korekty w czasie rzeczywistym

Literatura:

- ▶ T. A. Simon, J. Kozelka, W. E. Simon, D. Kahler, J. Li, and Ch. Liu, „Characterization of a multi-axis ion chamber array”, Medical Physics 37, 6101 (2010);
- ▶ I. J. Das, C. W. Cheng, R. J. Watts, A. Ahnesjo, J. Gibbons, X. A. Li, J. Lowenstein, R.K. Mitra, W. E. Simon, and T. C. Zhu, „Accelerator beam data commissioning equipment and procedures: Report of the TG-106 of the Therapy Physics Committee of the AAPM”, Medical Physics 35, 4186–4215 (2008);
- ▶ V. Leduc, C. Furstoss, P. Pater, P. Munger and W. Wierzbicki, „18 MV X-Ray Beam Commissioning with the IC Profiler: A Fast 3D Relative Dosimetry Technique Using An Ion Chamber Array in a Solid Tissue-Equivalent Phantom”, Medical Physics 38, 3511 (2011);
- ▶ S. Gao, P. A. Balter, M. Rose and W. E. Simon, „Measurement of changes in linear accelerator photon energy through flatness variation using an ion chamber array”, Medical Physics 40, 4 (2013)'
- ▶ Polskie Centrum Akredytacji, „Program Akredytacji Laboratoriów Badawczych wykonujących testy urządzeń radiologicznych DAB-09”, Wydanie 1, Warszawa, 29.06.2012;
- ▶ M. Kania, J. Rostkowska, „Krajowe zalecenia dotyczące kontroli aparatów stosowanych w teleradioterapii – Medyczny akcelerator liniowy”, Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Warszawa 2001;
- ▶ IC PROFILER, „Reference Guide, IC PROFILER™”, Sun Nuclear Corporation 2013.



Dziękuję za uwagę.