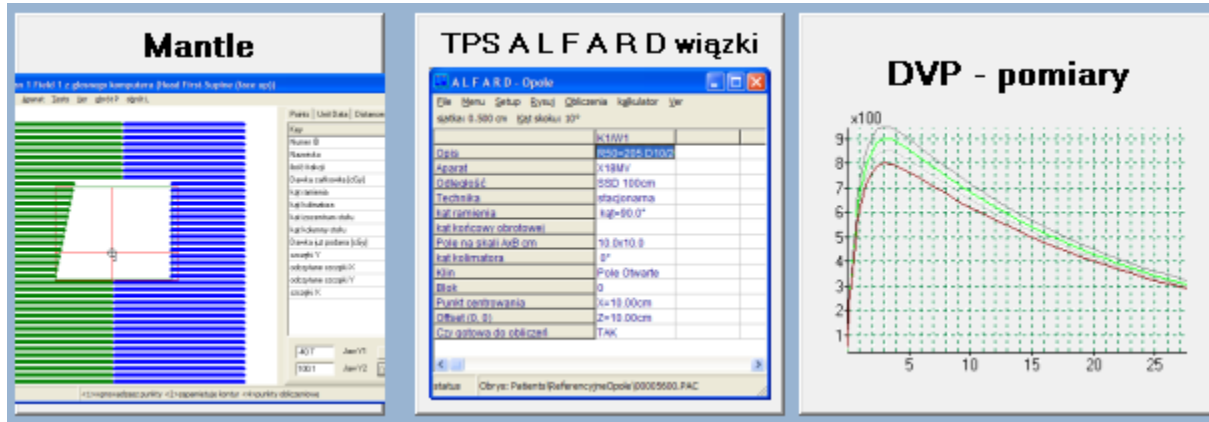


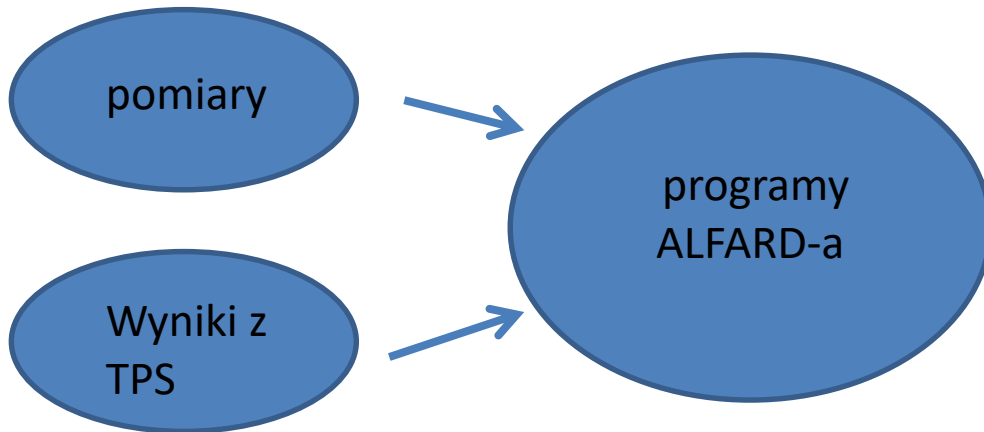
# Praktyczne zastosowania programów systemu ALFARD do weryfikacji TPS



Porównanie wyników obliczeń systemów planowania z odpowiednimi pomiarami w fantomach 3D.

# Źródła danych

- Pliki pomiarowe z automatycznych fantomów pomiarowych
- Pliki DICOM z systemów planowania



Pomiary odczytujemy programem DVPP a wyniki obliczeń z TPS programem MANTLE

# Pliki pomiarowe

- Program czyta pliki zawierające pomiary prawie wszystkich automatycznych fantomów pomiarowych
- Program prezentuje wczytane dane graficznie i tekstowo
- Nagłówki i spisy pozwalają ogarnąć dużą liczbę danych w celu ich porównania z wynikami obliczeń systemów planowania (TPS)

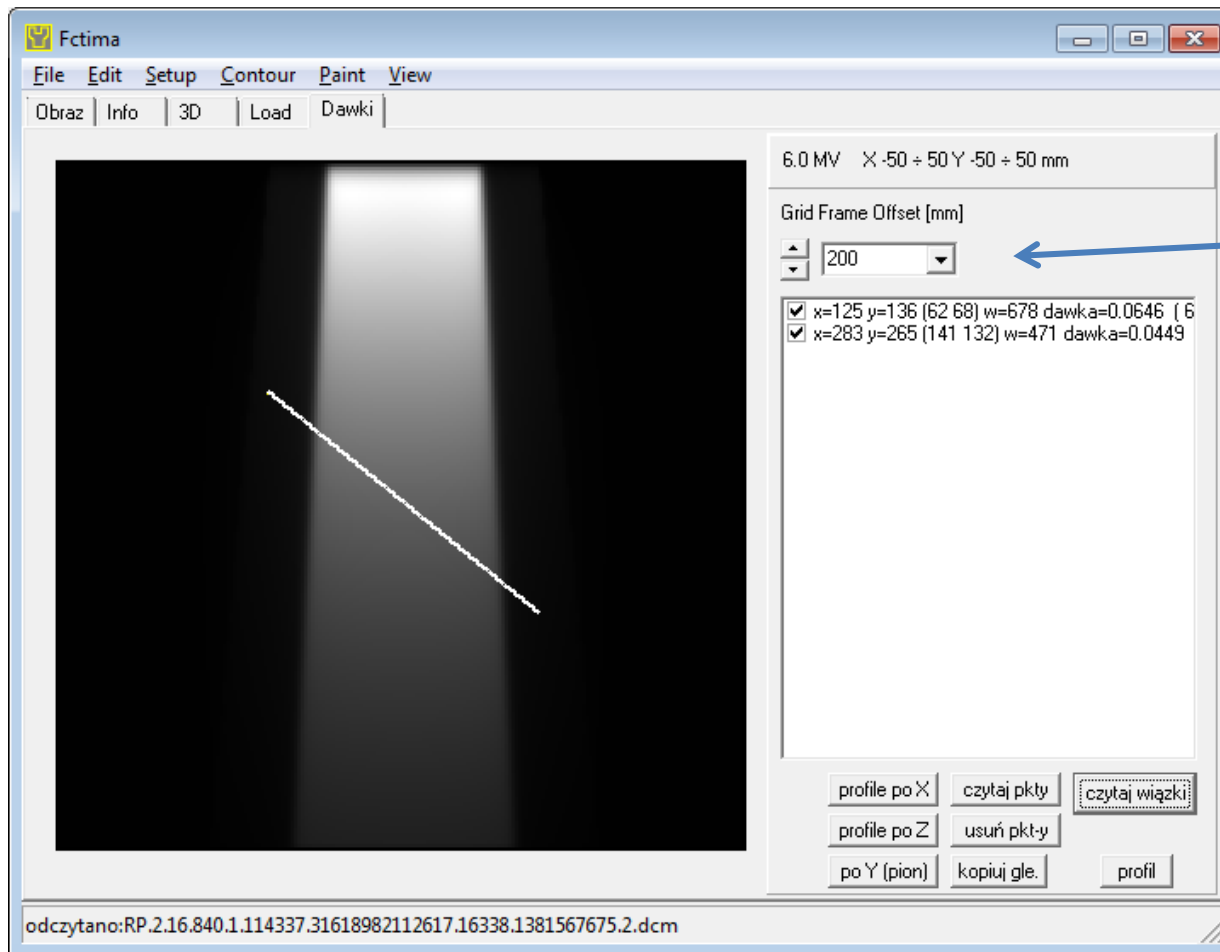
# Wyniki obliczeń systemów planowania

- Źródłem danych są przekazy DICOM zapisane w plikach
- TPS musi mieć możliwość eksportu DICOM w tym całej wynikowej matrycy dawek z dokładnością przynajmniej co 2 mm
- Przetestowany został z XiO, Master Plan, Monaco 5.1, Eclipse

# Jak pozyskujemy skan pomiarowy z matrycy dawek

- Program czyta zapisane wcześniej na dysku przekazy DICOM
- Prezentuje jedną wskazaną warstwę matrycy dawek
- Pozwala zaznaczyć dwa punkty między którymi odczyta dawki bezwzględne
- Można wybrać odczytane z planu punkty w celu wykonania skanów po: X, Y, Z

# Matryca dawek i dowolny przebieg linii badania dawki

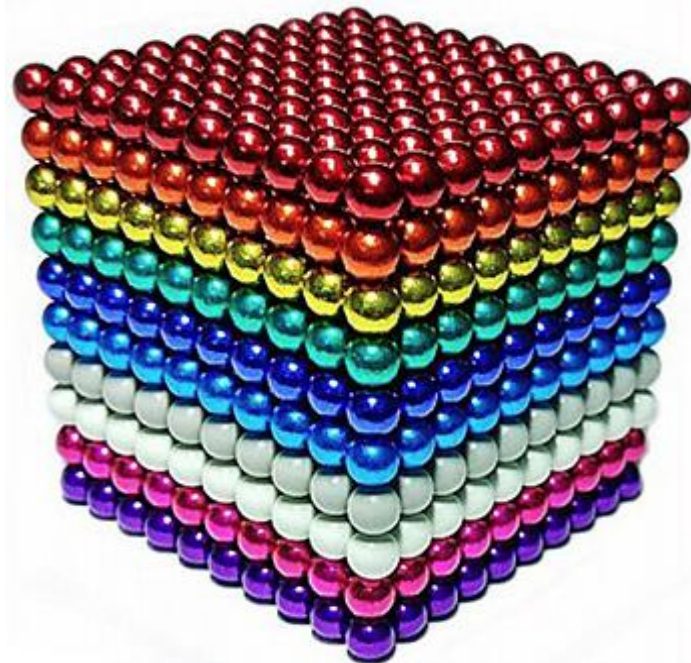


Wybór  
płaszczyzny

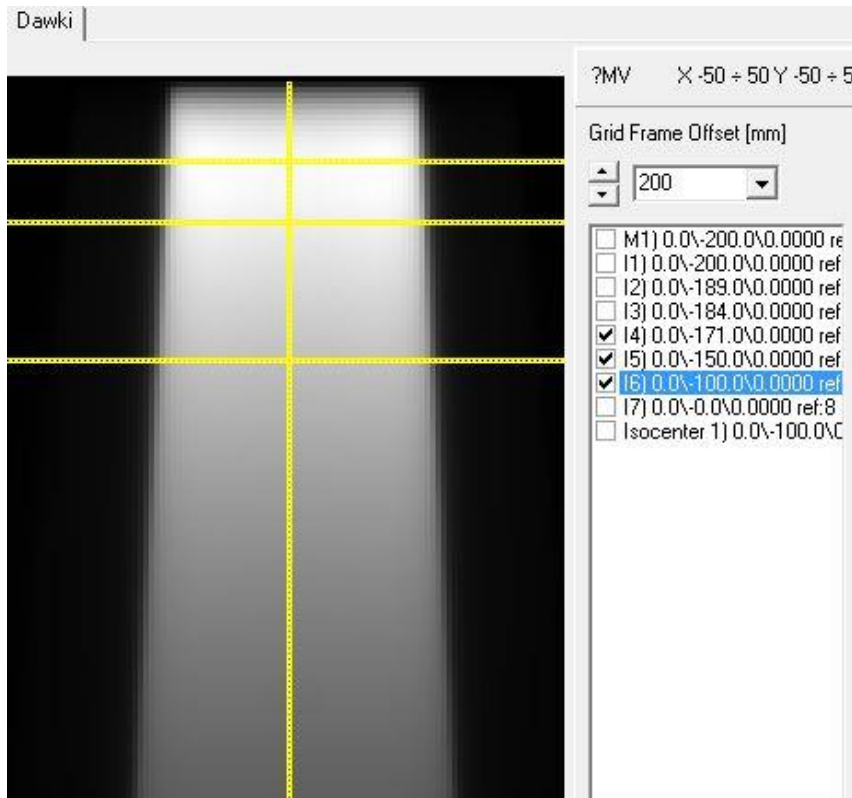


# Jak pozyskujemy skan pomiarowy z matrycy dawek

- TPS przekazuje wynikową matrycę dawek bardzo precyzyjnie udokumentowanym przekazem DICOM



# Praktyczne wykorzystanie wynikowej matrycy dawek bezwzględnych



W czasie planowania definiujemy:

- Interest point - dla XiO
- Plan Dose Point – dla Master Plan

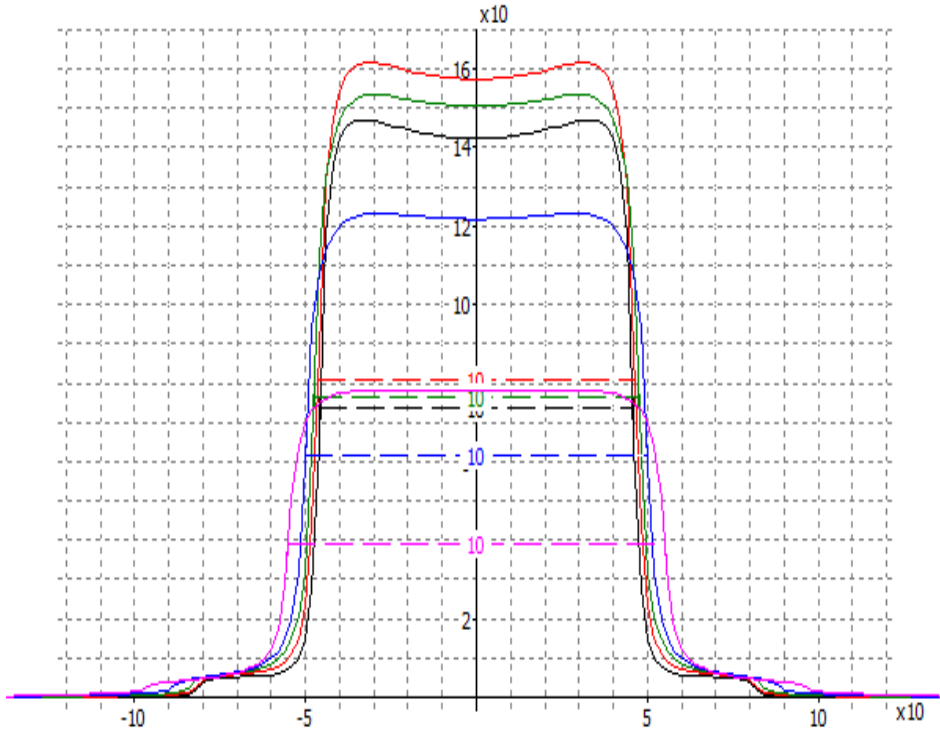
Punkty te jednoznacznie określą gdzie prowadzi line badania dawek. Gwarantują synchronizację punktów z matrycą dawek .

Przez te punkty prowadzimy line badania dawek tu :

- poziomo dla profili
- pionowo dla spadków dawki



# Z matrycy do analizy

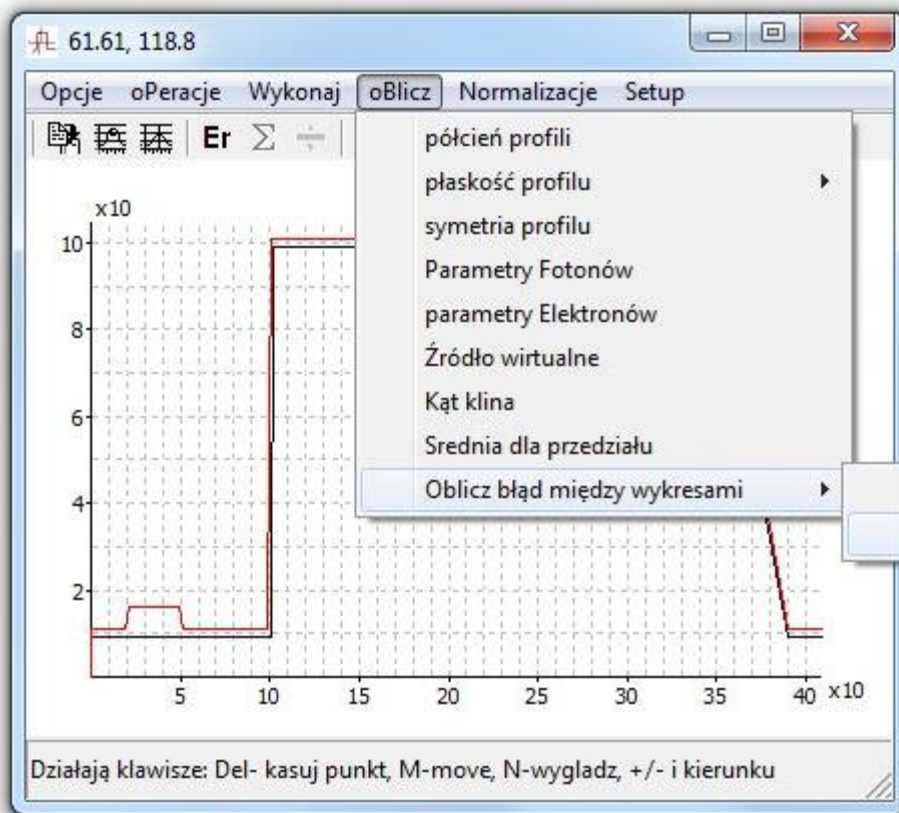


Odczytane z matrycy dawek skany jednym tupnięciem myszki wklejamy do listy analizowanych skanów. Lista powinna zawierać też aktualne pomiary z automatycznego fantomu pomiarowego. Najlepiej te, które były zastosowane w konfigurowaniu parametrów TPS.

# Możliwości porównawcze

- Wynik pomiarowy oraz obliczony, które są w postaci całych wykresów można porównać w sposób w pełni automatyczny uwzględniający wszystkie punkty wykresów
- Porównanie polega na odejmowaniu lub dzieleniu wartości odciętych i zapisywaniu punktów wynikowych w nowych wykresach czyli w skanach błędu.

# Metody obliczania błędu między wykresami



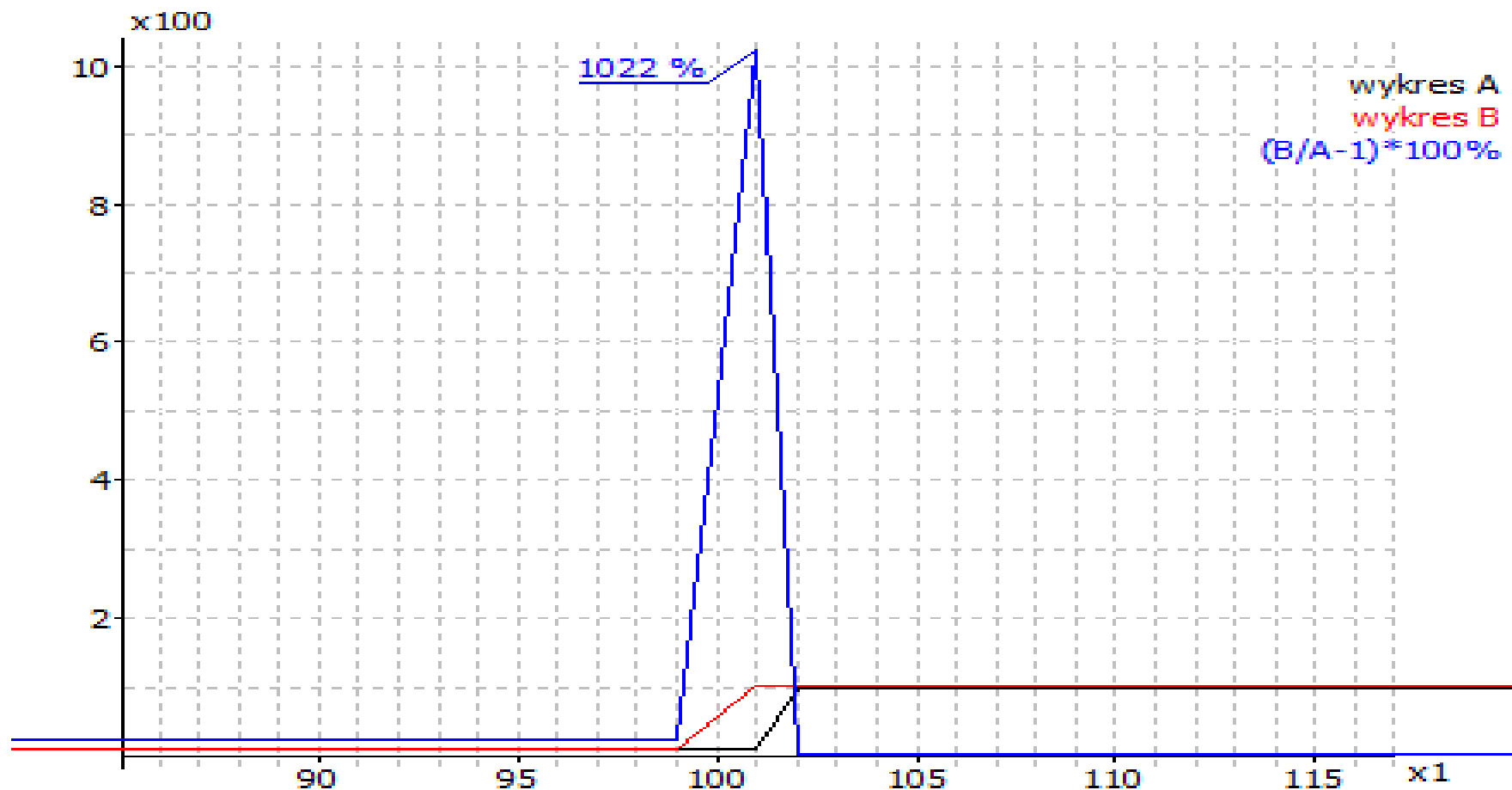
$$\frac{B - A}{A} \times 100\%$$

przez podzielenie wykresów  $(A/B-1)*100\%$

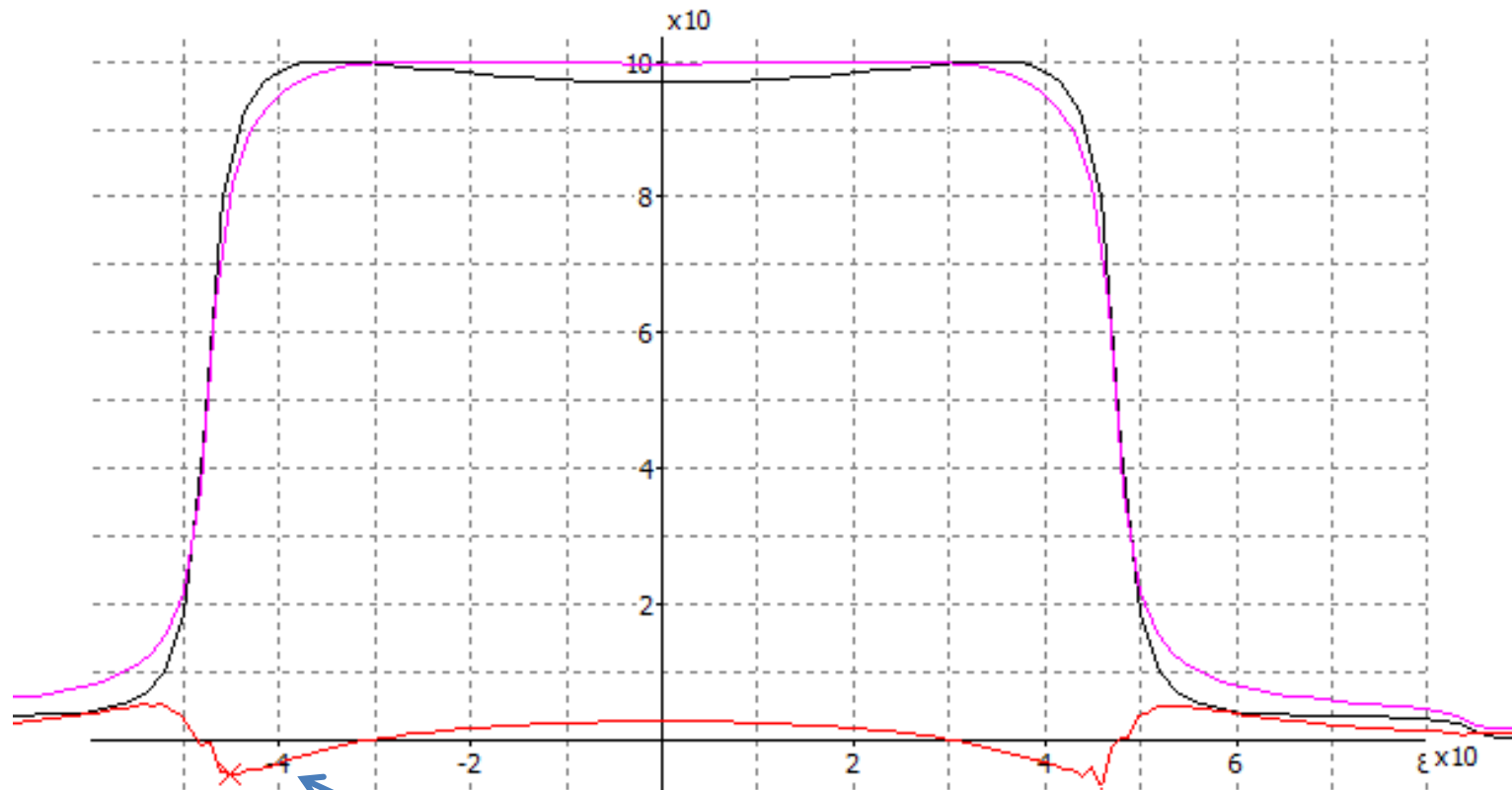
przez odjęcie  $(A-B)$  znormalizowanych do 100

# Obliczanie błędu między wykresami A i B przez dzielenie rzędnych

## A i B przez dzielenie rzędnych



# Wykres błędu

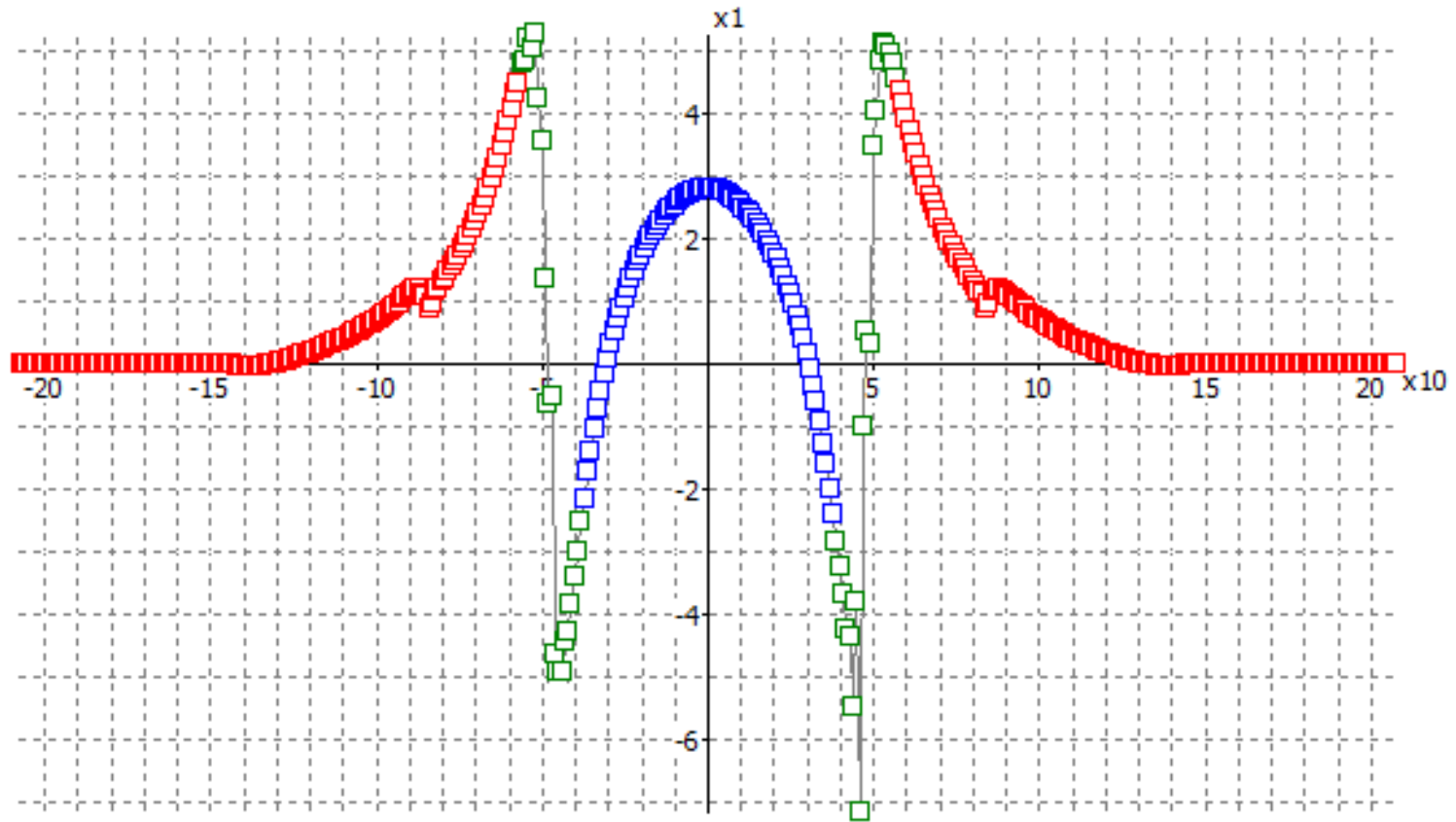


Wynik odejmowania  
wykresów

# Różnica między wykresami A i B

- Wiarygodna i obiektywna ocena różnic między wykresami A i B to:
- Znormalizowanie wykresów do wartości  $\max=100\%$
- odjęcie rzędnych wykresu A-B

# Analiza błędów, wyznaczanie średniej dla 5-ciu przedziałów



# Definiowanie przedziałów

- Dla profili przedziały mogą być określone według 80 i 120 % wielkości pola ale to nie jest uniwersalne
- Dla profili przedziały mogą być określane według gradientu dawki – to jest doskonałe rozwiązanie działa nawet dla profili pól klinowych
- Dla spadków dawki granicą dwóch przedziałów jest głębokość dawki maksymalnej
- Podkreślić należy, że granice te wyznaczane są automatycznie.



# Wyniki obliczeń błędów

- Wyniki zawierają wartości:
- Dawki minimalnej
- Maksymalnej
- Średniej dla każdego przedziału
- Odchylenie standardowe SD
- Wartość:  $(avg+1,5*SD)$
- Informację o samym przedziale.

Wszystkie te liczby są kopiowane do schowka i łatwo je wkleić do arkusza kalkulacyjnego.

# Obliczanie pochodnej dyskretnej

*następnikowe:*  $\frac{dy}{dx} = \frac{y_1 - y_0}{k}$

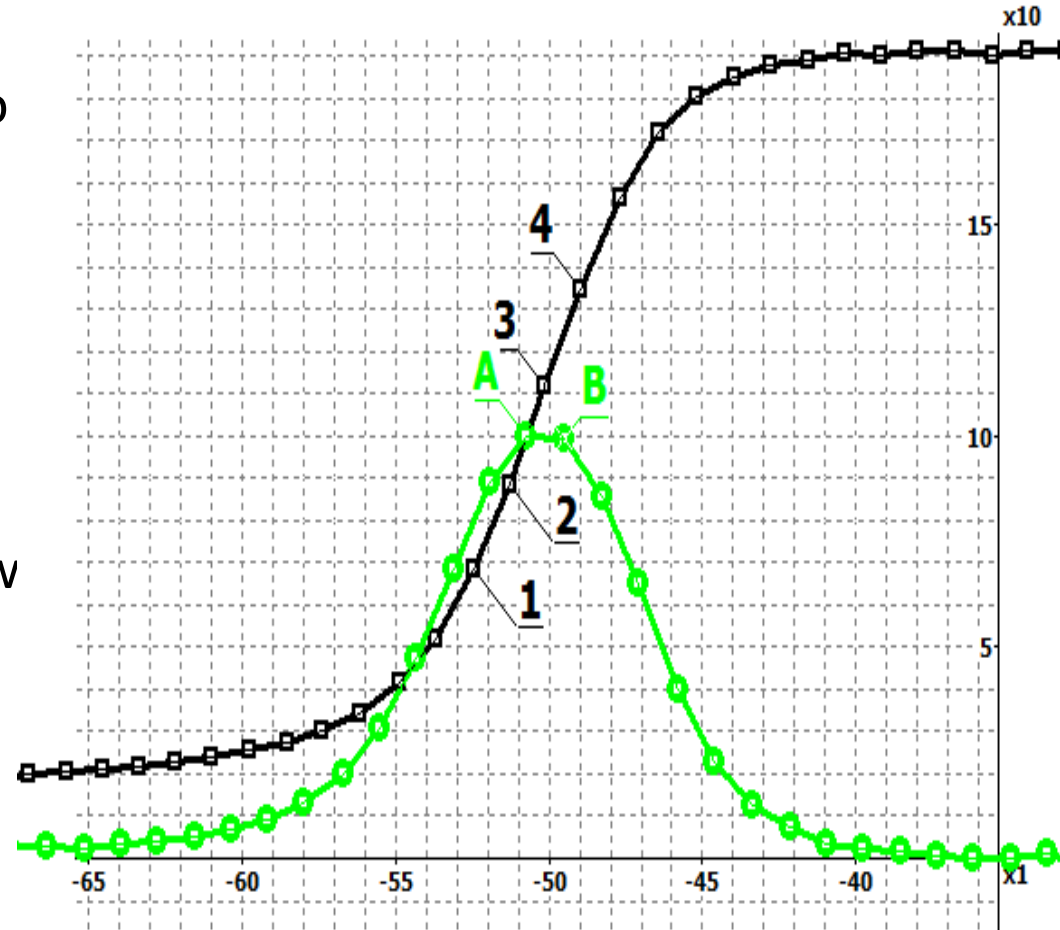
*poprzednikowe:*  $\frac{dy}{dx} = \frac{y_0 - y_{-1}}{k}$

*centralne:*  $\frac{dy}{dx} = \frac{y_1 - y_{-1}}{k}$

- Pochodna mówi nam o tym, jak gwałtownie zmienia się funkcja w danym jej miejscu – duża pochodna to szybka zmiana i na odwrót. Pochodne dyskretne obliczamy bazując na minimum dwóch punktach funkcji dyskretnej i dlatego dzielimy je na: poprzednikowe, następnikowe i centralne – w zależności od doboru punktów.
- Obliczenia pochodnej dyskretnej dla „surowych” niewygładzonych skanów jest niemożliwe. Procedura obliczeniowa musi być bardziej zaawansowana.

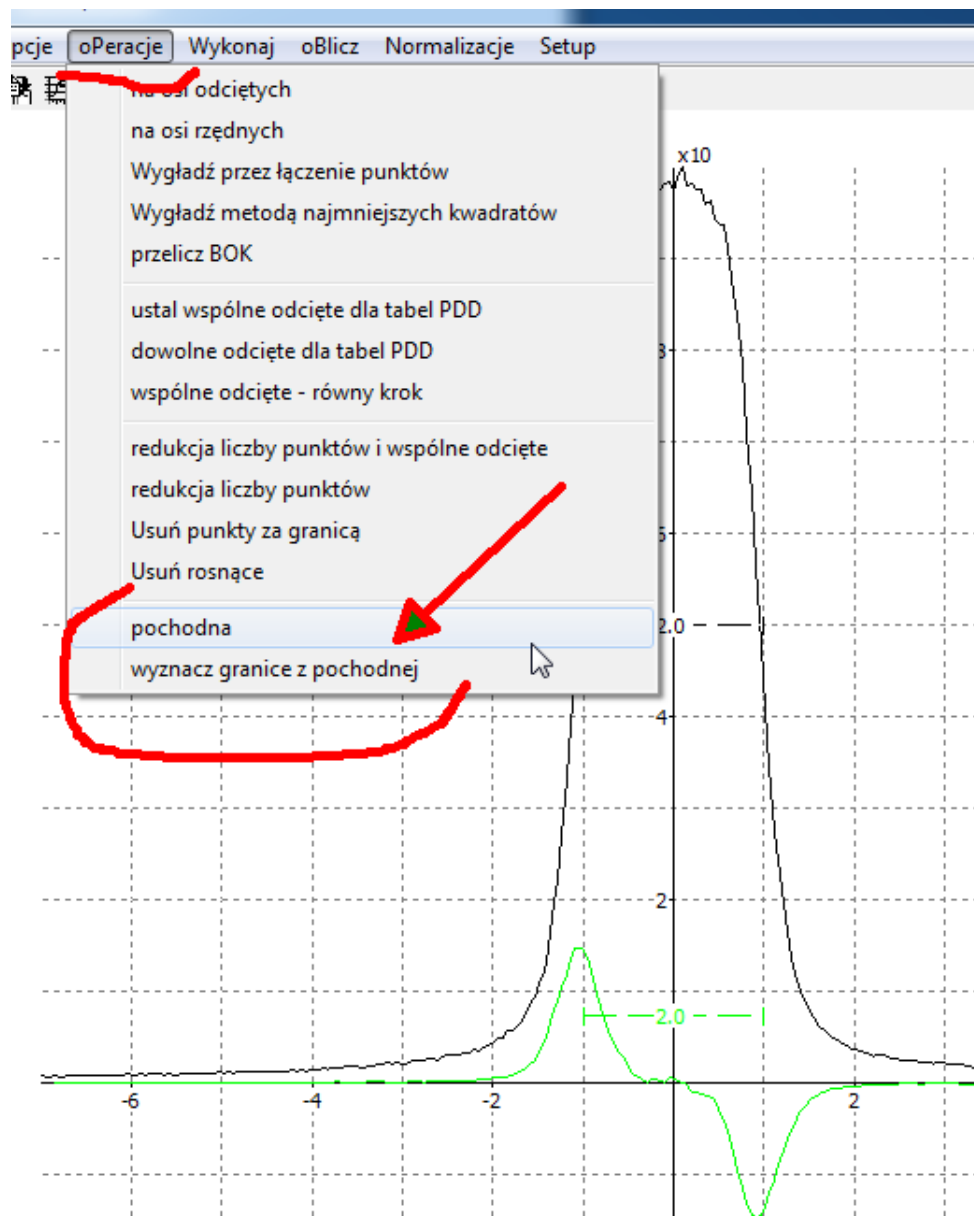
# algorytm obliczania gradientu

- polega na dopasowaniu prostą metodą najmniejszych kwadratów do grupy wybranych punktów
- punkt A wykresu zielonego ma rzędną równą wartości współczynnika nachylenia dopasowanej prostej, która jest najlepszym dopasowaniem funkcji liniowej do czterech punktów czarnego wykresu. Punkt A ma odciętą będącą średnią pierwszego i czwartego punktu skanu czarnego. Punkt B jest obliczany podobnie ale prosta jest dopasowywana do kolejnych czterech punktów



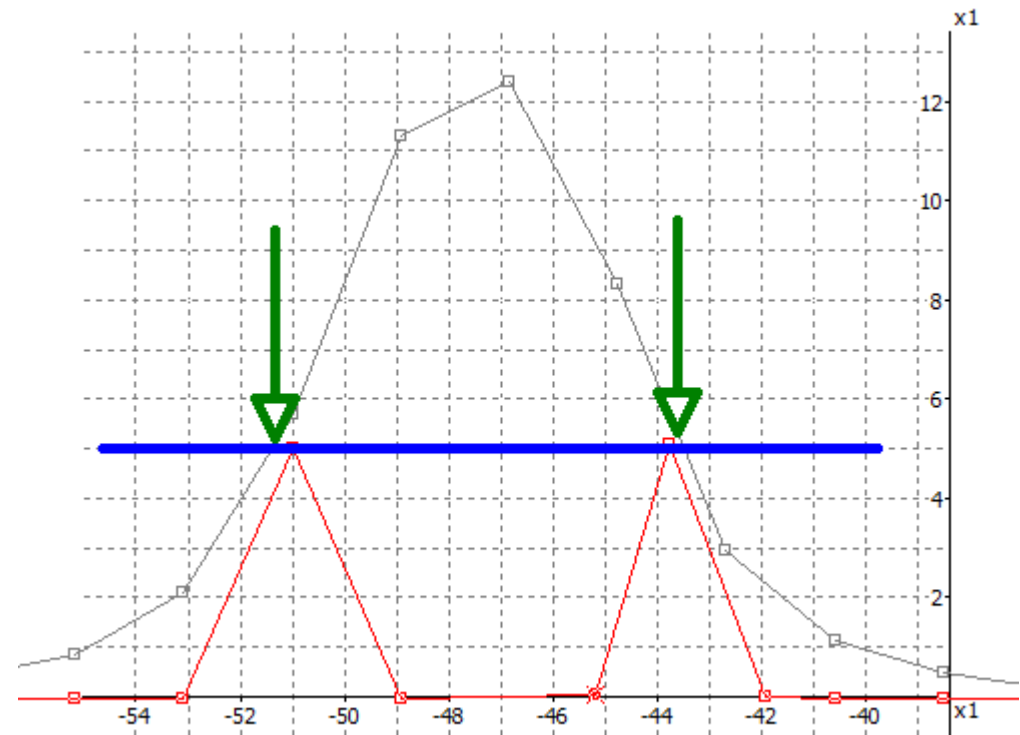
# Obliczanie pochodnej wykresu pomiarowego

Obliczanie jest poprzedzane pytaniem po ile punktów pomiarowych brać do wyznaczenia prostej metodą najmniejszych kwadratów aby jej współczynnik nachylenia ustanowić punktem nowego wykresu o odciętej będącej średnią z odciętych pierwszego i ostatniego punktu. Wybierając „po dwa punkty” otrzymamy wykres gradientów, który jest wynikiem odejmowania wartości rzędnych kolejnych punktów, odcięte są średnią odciętych odejmowanych punktów.



## Wyznaczanie odciętych granic na podstawie pochodnej

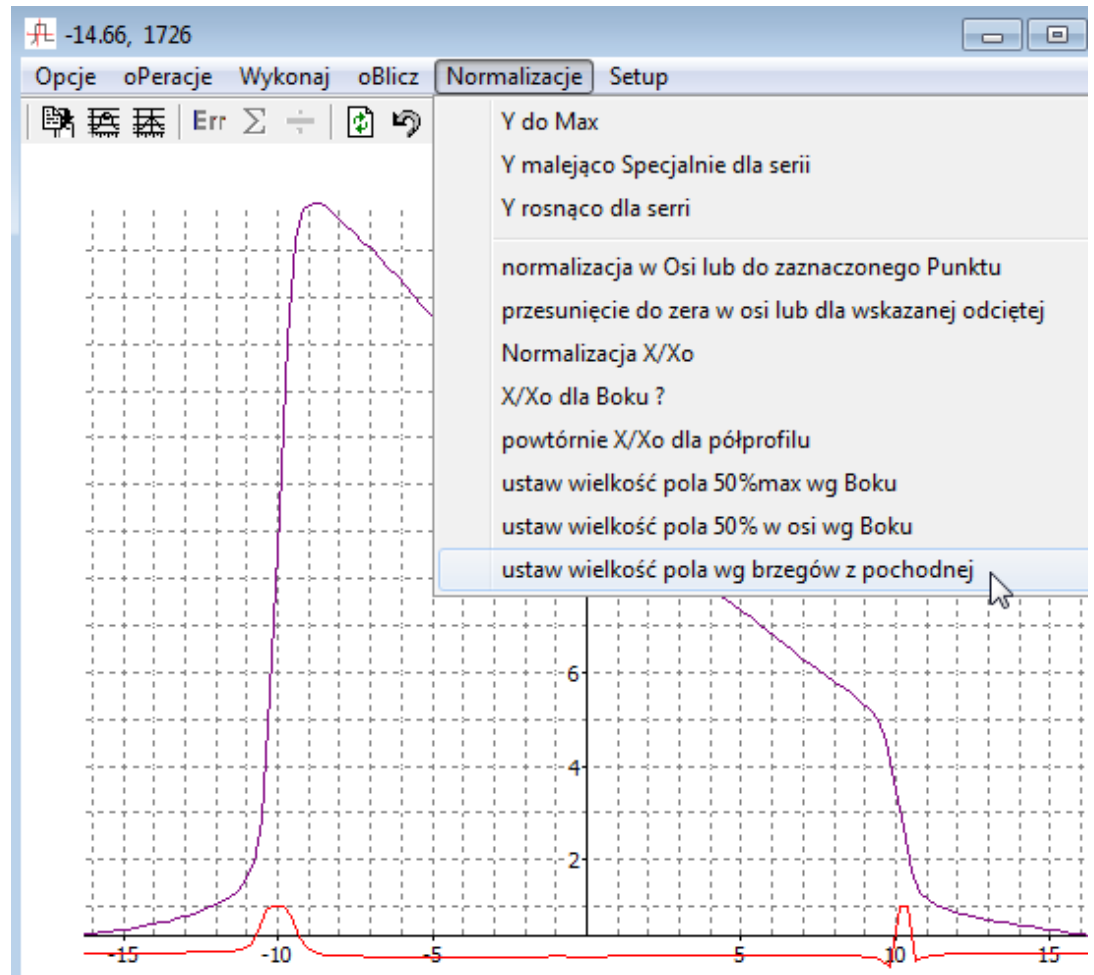
Program umożliwia automatyczne znalezienie granic. Szkic po prawej pokazuje jak to się dzieje. Szary przebieg to pochodna na „lewym” brzegu profilu. Czerwony to wykres dwustanowy zawierający piki w miejscach gdzie pochodna jest większa niż 5. Rysunek nie zachowuje skali ani nie jest precyzyjny, obrazuje jaka jest idea. Piki wykresu czerwonego są granicami wyznaczającymi przedziały do obliczeń średniego błędu.



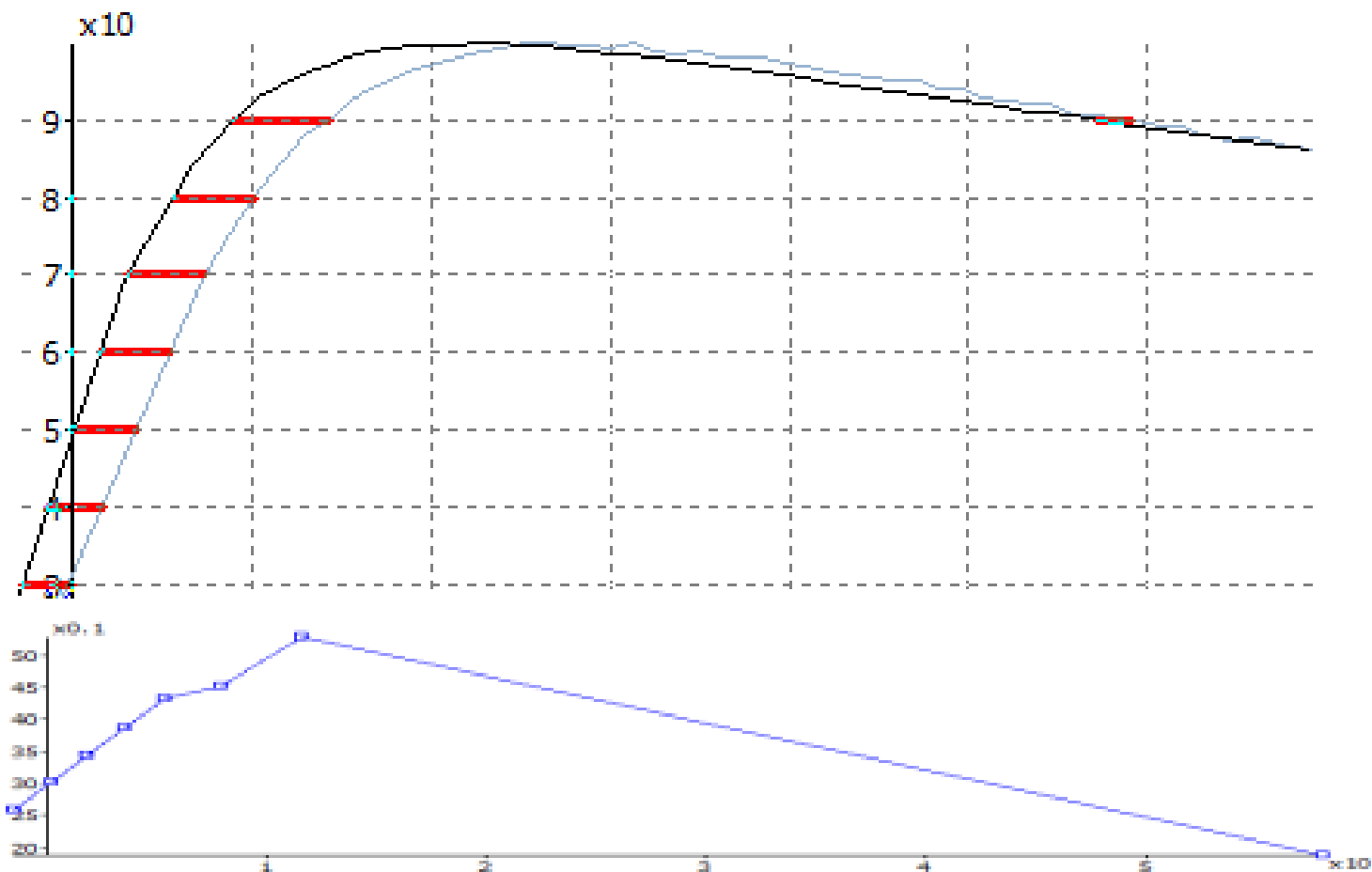
# Normalizacja „pozioma”

## Czyli ustaw szerokość wg Boku

Normalizuje szerokość profilu do wartości jaka wynika z Boku po przeliczeniu na głębokość w zadanej odległości. Na rysunku obok spowoduje dopasowanie szerokości profilu tak aby przechodził przez idealne brzegi pola. Faktyczne brzegi pola można wyznaczyć z pochodnej profilu (wykres czerwony)



# Wyznaczanie przesunięcia w jednostkach odległości

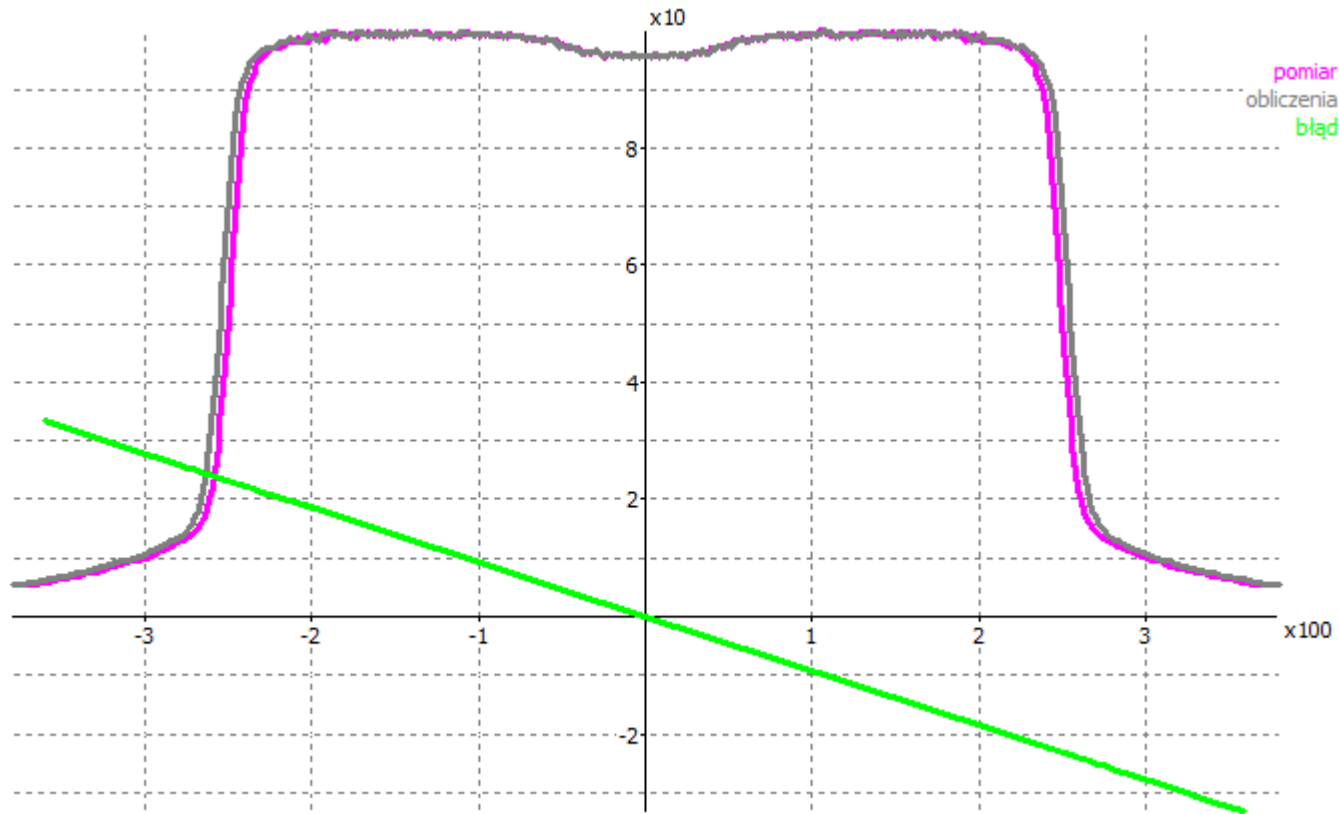


# Odległość „pozioma” wykresów

- W celu wyznaczenia przesunięć po X, należy znormalizować wykres do 100% w max
- algorytm bada wykres na 99 poziomach od 1 do 99 co 1.
- Algorytm rozróżnia przesunięcia z lewej i prawej strony

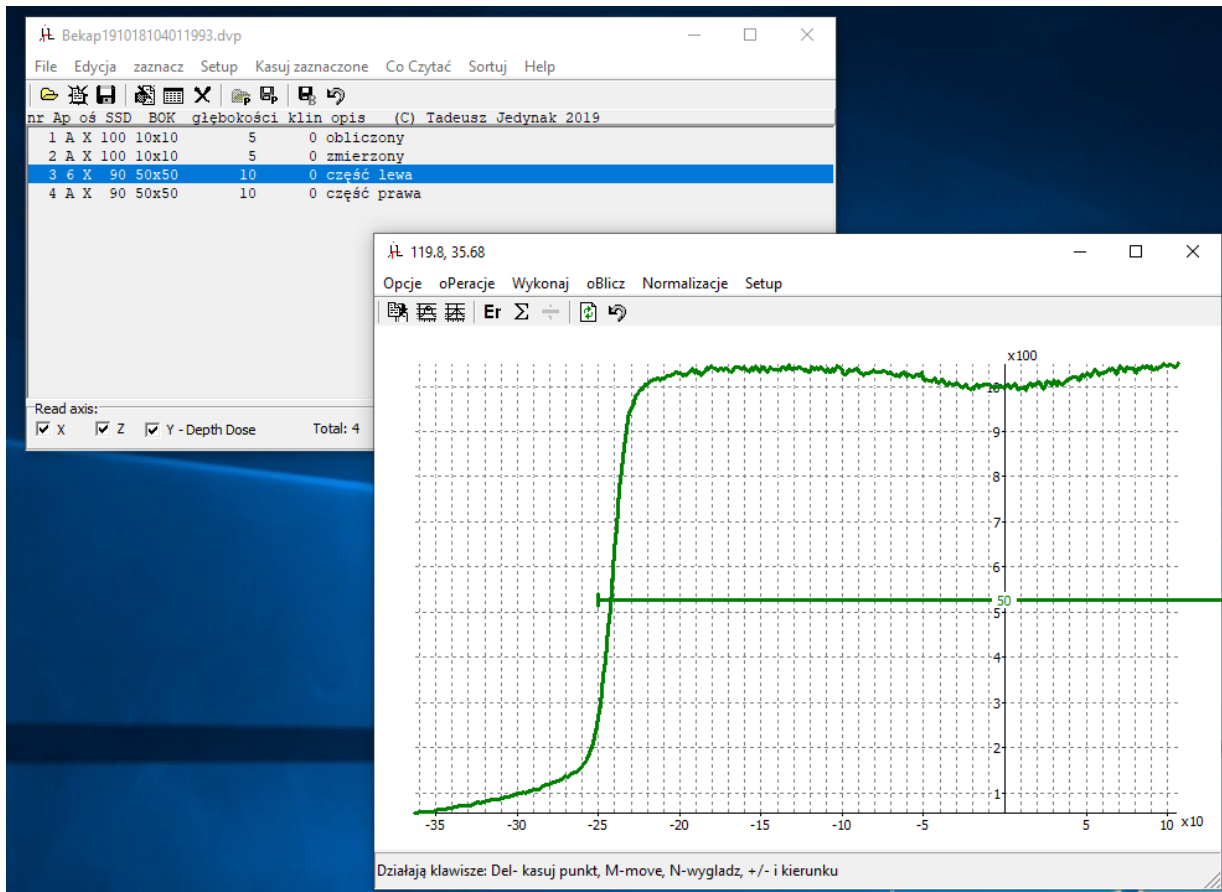


# Odległość „pozioma” wykresów

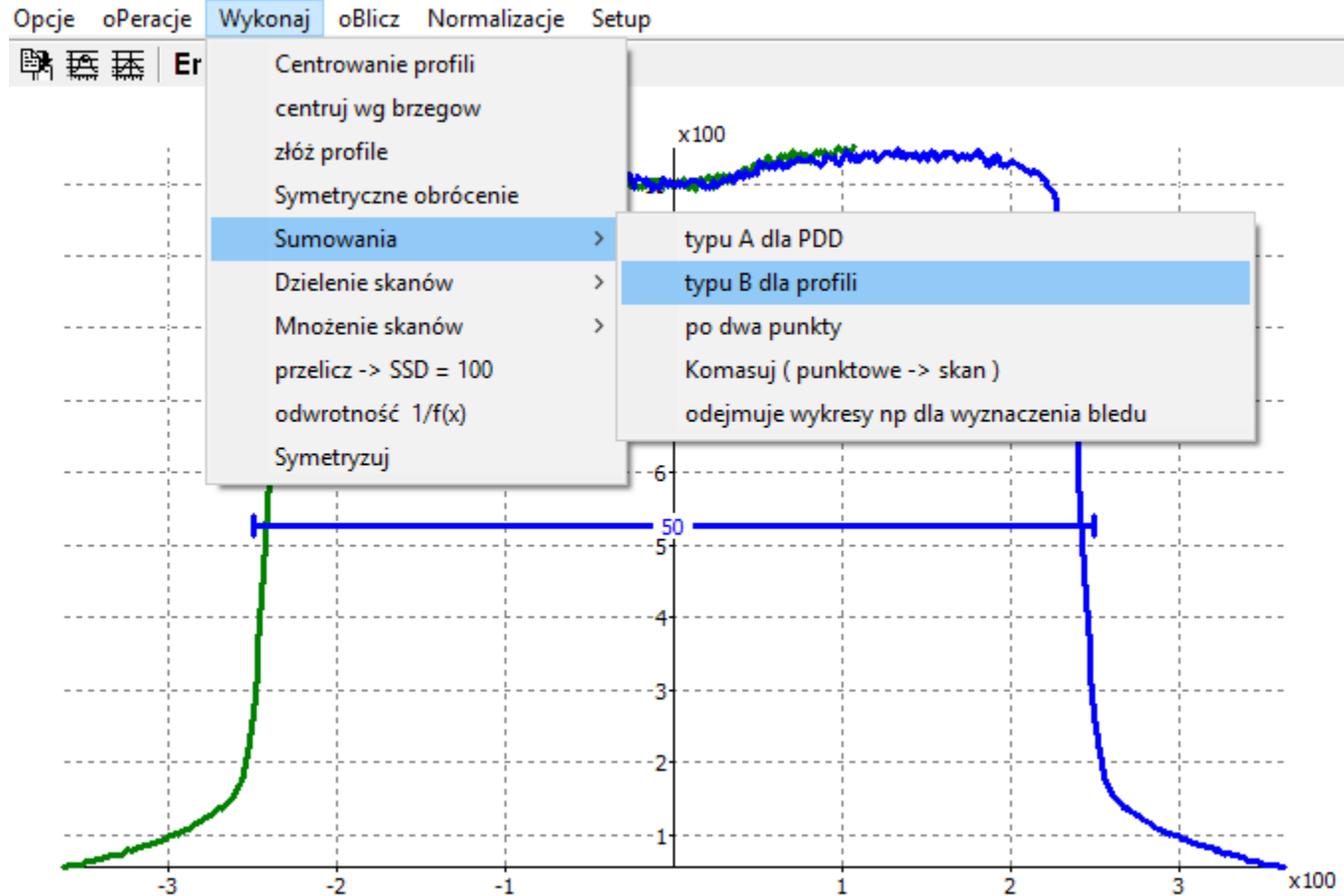


# Przykłady: składanie profilu

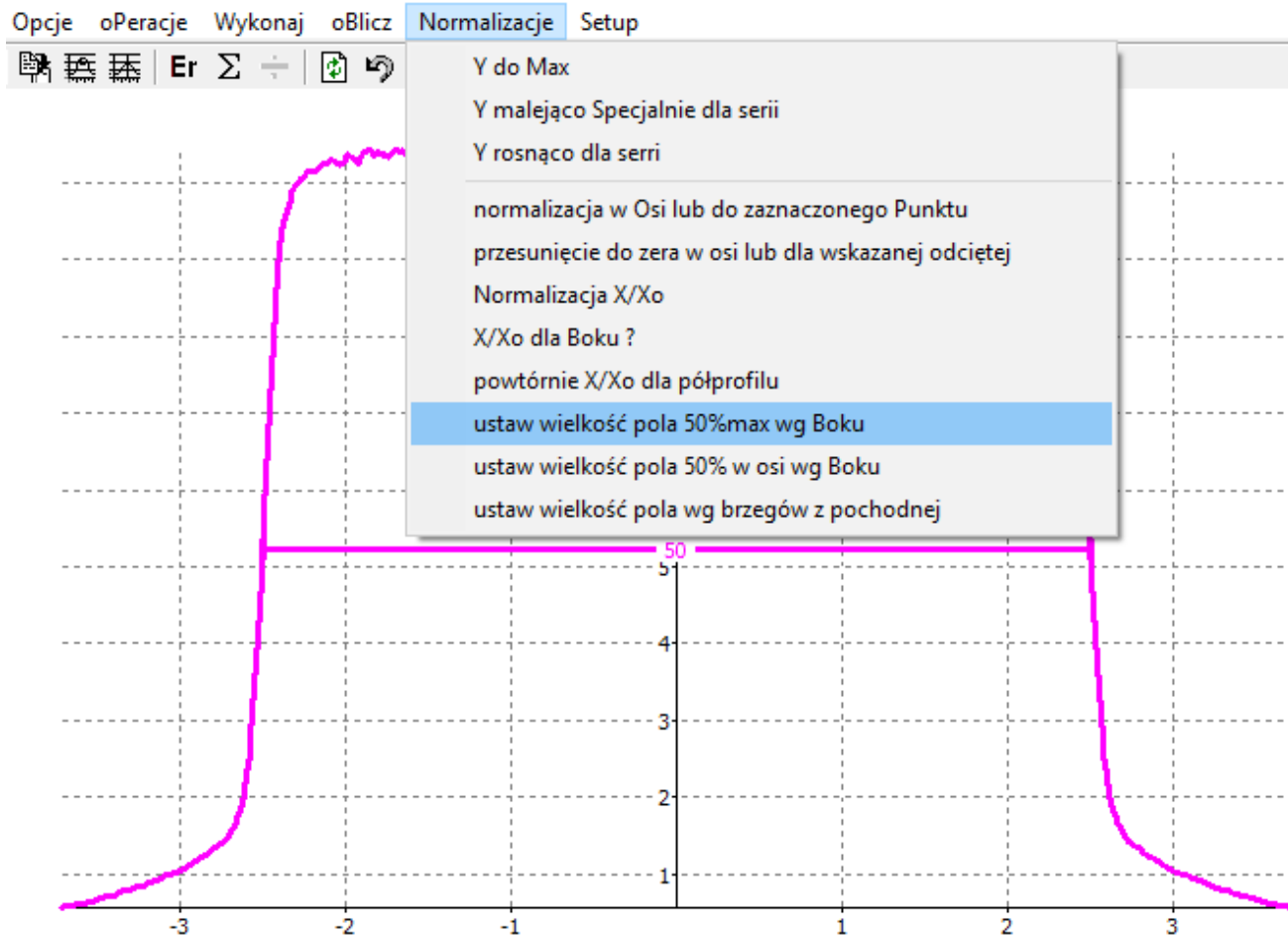
- Część lewa pomiaru pola 50 cm:



# Część lewa + prawa



# normalizacje



# Coś na koniec

- Arkusze kalkulacyjne są pomocne, są niezawodne i kolorowe jednak nie powinny być jedynymi narzędziami weryfikacji systemów planowania.
- Analiza matematyczna a konkretnie pochodna – tak powszechnie stosowana w fizyce i technice, znalazła praktyczne zastosowanie w weryfikacji systemów planowania – co należy odnotować 😊.

Tadeusz Jedynak  
alfard.5v.pl

Wiśła 2019