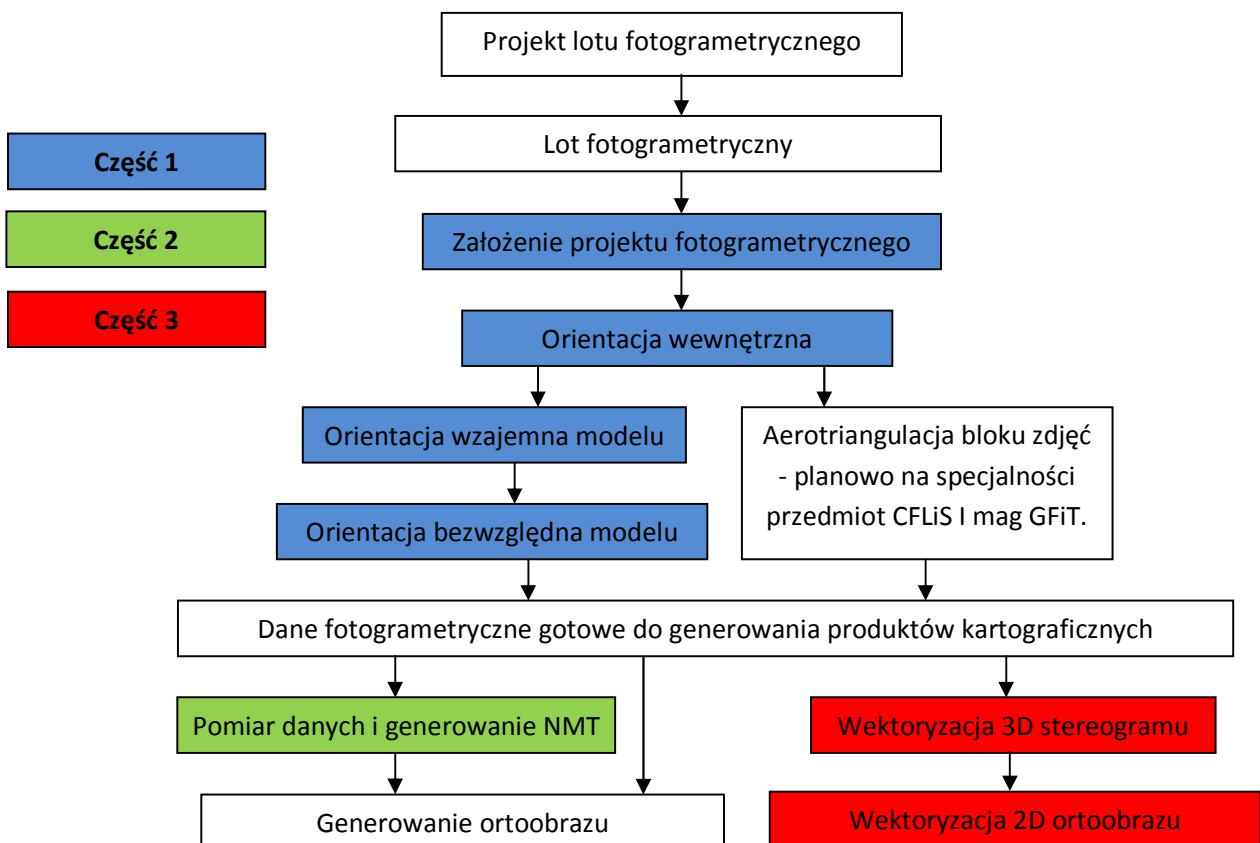


**Temat: Fotogrametryczne opracowanie elementów mapy zasadniczej na podstawie stereogramu zdjęć lotniczych.**

**Część 2: Pomiar danych do NMT na stereogramie zdjęć lotniczych**



## 1. WSTĘP TEORETYCZNY

Po wykonaniu orientacji bezwzględnej stereogram jest gotowy do dalszych pomiarów - etapu, który można ogólnie określić mianem generowania produktów kartograficznych. Przebieg typowej technologii fotogrametrycznej został pokazany na powyższym schemacie.

Aby wygenerować ortoobraz (wykonać ortorektyfikacji zdjęcia) konieczne jest posiadanie numerycznego modelu terenu oraz obrazu (zdjęcia) o znanych elementach orientacji wewnętrznej oraz zewnętrznej. Zakładając projekt fotogrametryczny wprowadzono do niego informację o elementach orientacji wewnętrznej zdjęć. Po wykonaniu orientacji bezwzględnej wyznaczono elementy orientacji zewnętrznej zdjęć, które zostały zapisane w projekcie. Pozostaje pomierzyć dane oraz wygenerować numeryczny model terenu (NMT).

Budowa numerycznego modelu terenu składa się z dwóch etapów. Pierwszy to pozyskanie (pomiar) danych a drugi to generowanie na ich podstawie właściwego NMT.

Fotogrametryczny pomiar danych do numerycznego modelu terenu polega na opisie geometrii powierzchni topograficznej punktami oraz liniami o określonym położeniu 3D, z wykorzystaniem techniki pomiaru stereoskopowego. Punkty te mogą tworzyć zbiór punktów rozproszonych lub być pomierzone w postaci quasi-regularnej siatki. Linie wektorowe (tzw. breakline'y) opisują linie szkieletowe terenu (linie grzbietowe, ciekowe), linie nieciągłości powierzchni terenu (podnóże i szczyt skarpy), obszary wyłączeń (np. powierzchnie pokryte wodą). Na podstawie pomierzonych punktów i linii wektorowych generowany jest numeryczny model terenu. NMT najczęściej jest tworzony w postaci regularnej siatki kwadratów lub prostokątów (GRID) albo w postaci nieregularnej siatki trójkątów (TIN).

Model w postaci regularnej (GRID) określany jest przez zdefiniowanie na danym obszarze regularnej siatki kwadratów lub prostokątów o przyjętym rozmiarze ich boków. Na podstawie pomierzonych punktów i linii wektorowych (breakline'y) interpolowane są wysokości wierzchołków tej zdefiniowanej siatki. Wysokość dowolnego punktu interpoluje się później z NMT na podstawie wysokości czterech wierzchołków kwadratu lub prostokąta, w którym znajduje się punkt o poszukiwanej wysokości. Powierzchnia terenu jest, zatem reprezentowana przez regularną siatkę punktów o wysokościach wyinterpolowanych na podstawie danych pomiarowych, a te dane pomiarowe w modelu nie pozostają.

Model w postaci nieregularnej (TIN) powstaje przez połączenie pomierzonych punktów oraz węzłów linii wektorowych w sieć nieregularnych trójkątów. Tak utworzona sieć elementarnych płaskich trójkątów jest numeryczną reprezentacją kształtu powierzchni terenu. Wysokość dowolnego punktu wyznaczana jest później z NMT z trójkąta, na którym leży wyznaczany punkt przy założeniu, że leży on na jego płaskiej powierzchni. W modelu TIN pomierzone dane (punkty i węzły linii) pozostają w NMT jako wierzchołki (a odcinki linii wektorowych jako boki) trójkątów, ale w procesie generowania NMT mają zdefiniowaną topologię (sąsiedztwo).

Prawidłowo zbudowany numeryczny model terenu powinien umożliwić interpolację wysokości dowolnego punktu z założoną uprzednio dokładnością.

W czasie opisywanych zajęć tworzony będzie NMT w postaci nieregularnej siatki trójkątów. Prawidłowo zbudowany model w postaci TIN charakteryzuje się tym, że w zakresie określonej dokładności każdy z wygenerowanych trójkątów powinien przylegać do terenu. Osiąga się to po spełnieniu dwóch warunków:

- pomiar wysokościowy musi być dokładny - kursor w momencie rejestracji położenia punktu lub wierzchołka linii załamania musi przyjąć położenie na terenie z określoną dokładnością
- sytuacyjne położenie punktów rozproszonych oraz linii załamania musi być dostosowane do szczegółów topografii terenu: np. jeśli narysowane są dwie krawędzie rowu, musi być narysowane jego dno, w przeciwnym razie, po wygenerowaniu siatki trójkątów geometria tego rowu nie będzie miała reprezentacji w NMT.

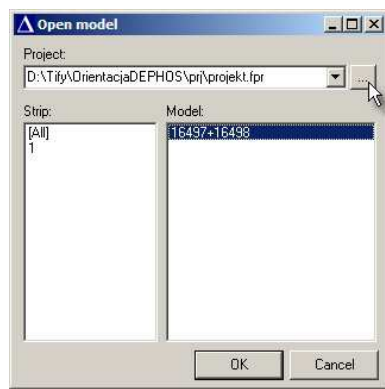
Typowym błędem pomiaru danych do numerycznego modelu terenu jest takie rozmieszczenie punktów, że powstają tzw. przewieszania. Może się to zdarzyć przykładowo przy pomiarze mostu, jeżeli zostały pomierzone elementy na moście i pod nim. Wówczas w momencie ortorektyfikacji powstają artefakty. Generalna zasada jest następująca: linie załamania nie mogą być wichrowate - nie mogą się krzyżować na różnych wysokościach.

## 2. PRZYGOTOWANIE DANYCH, WYŚWIETLENIE MODELU STEREOSKOPOWEGO

Do pomiaru numerycznego modelu terenu zostanie użyta aplikacja **DEPHOS Mapper Stereo**.

Skrótem **DEPHOS41103virtual.exe**, z menu rozwijalnego **Start** należy uruchomić program **DEPHOS Mapper Stereo**.

Pojawia się okno wyboru projektu oraz modelu do wyświetlenia:



Należy wskazać ścieżkę dostępu do pliku z własnym projektem z wykonaną orientacją bezwzględną (**D:\Stud\Gik\TIF2\Nazwisko\_prowadzącego\Nazwisko\_studenta\temat\_1\...**), wybrać model i nacisnąć **OK**.

Pokażą się dwa zdjęcia stereogramu, które można obserwować stereoskopowo przy pomocy okularów. Obraz należy obserwować prostopadle do płaszczyzny ekranu (frontalnie).

Może się wydarzyć, że wygląd modelu wskazuje włączenie się widoku pseudoskopowego. Wówczas elementy wklęsłe wydają się wypukłe i na odwrót. Zdarza się to sporadycznie na skutek błędów sterowników kart graficznych. W takim przypadku należy przejść klawiszem **ESC** do linii komend, która znajduje się w lewym dolnym rogu, i wpisać polecenie **pstereo=not**, a następnie zatwierdzić klawiszem **Enter**:

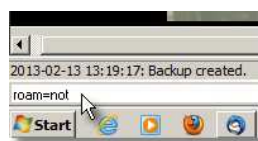


Do przybliżonego poruszania się po modelu służą następujące kombinacje klawiszy:

- Znaczne zmiany powiększenia wykonuje się kręcąc **kółkiem scroll** myszki przy wciśniętym **Ctrl** na klawiaturze.
- Przesuwanie modelu wykonuje się przy jednoczesnym wciśnięciu **Shift** i **lewego klawisza myszki**.

**DEPHOS Mapper Stereo** może pracować w trybie **MOUSE**, w którym kursor przesuwa się na tle modelu lub w trybie **ROAM**, w którym model przesuwa się pod kursorem znajdującym się cały czas w środku okna widokowego.

Przełączanie tych trybów odbywa się przez wybór odpowiedniej kombinacji przycisków manipulatora lub, gdy dysponujemy wyłącznie myszką, poprzez wpisanie w wierszu poleceń komendy **roam=not** i zatwierdzeniu (Enter):



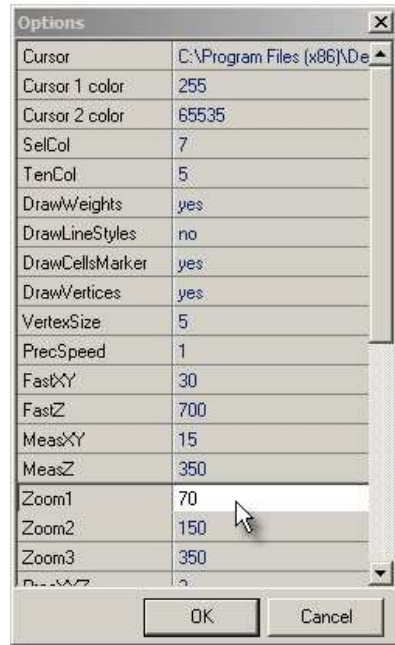
Do linii komend, która znajduje się w lewym dolnym rogu, przechodzi się klawiszem **ESC**.

Pomiar najwygodniej wykonuje się w trybie **ROAM**.

Odpowiednie powiększenie można ustawić albo zgrubnie, jak podano powyżej lub używając jednego z 3 ustawień standardowych poprzez wpisanie w linii komend **setzoom=next**.



Współczynniki powiększenia standardowego można zmienić w opcjach programu w **menu głównym: Options->Options** w pozycji **Zoom 1, Zoom 2 lub Zoom3**:



Im większy współczynnik, tym większe powiększenie. Aby można było wykonać dokładny pomiar współczynnik powiększenia powinien wynosić, co najmniej 700. Użycie komendy **setzoom=next** powoduje przestawianie powiększenia cyklicznie.

### 3. ORGANIZACJA ŚRODOWISKA PRACY.

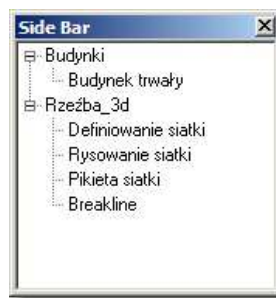
Zanim przystąpimy do właściwych pomiarów powinniśmy ustalić elementy, które będą rysowane oraz określić ich atrybuty.

Do tego służy plik **sidebar**. Jest to plik zawierający komendy rysunkowe oraz zdefiniowane atrybuty. W naszym przypadku komendy będą dotyczyły pomiaru punktów oraz linii wektorowych, a plik nazywa się **sidebar\_AGH\_NMT.txt** i jest w naszym katalogu.

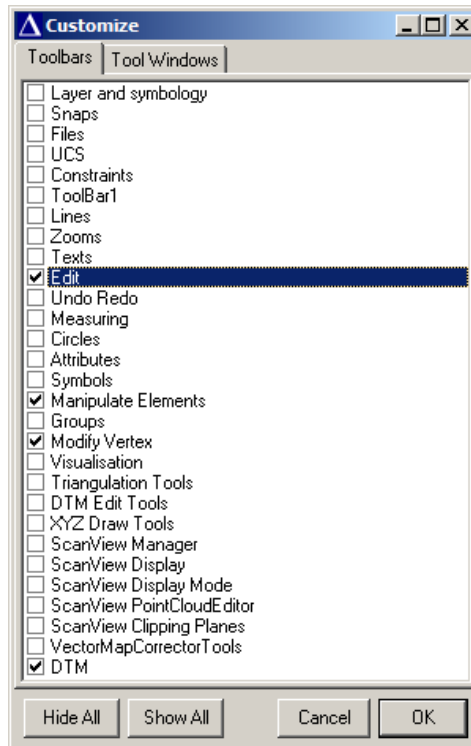
Należy wskazać plik **sidebar\_AGH\_NMT.txt** z menu głównego **Customize->Sidebar** oraz go wyświetlić na ekranie zaznaczając w **menu głównym->Customize-Toolbars**, zakładka **Tool Windows**:



Wyświetlony **sidebar** w dodatkowym oknie programu wygląda następująco:



W zakładce **Toolbars** okna **Customize** należy nacisnąć klawisz **Hide All** i zaznaczyć do pokazania 4 paski narzędzi jak poniżej:



#### 4. POMIAR PUNKTÓW W SIATCE QUASI-REGULARNEJ

Na początku otwieramy plik wektorowy 50mOK.det (**File->Open**) z pomierzoną siatką o oczku około 50m i zapisujemy go wybierając z menu głównego:

**File->Save As** i podajemy ścieżkę do własnego katalogu i nazywamy plik **NMT\_NazwiskoStudenta**.

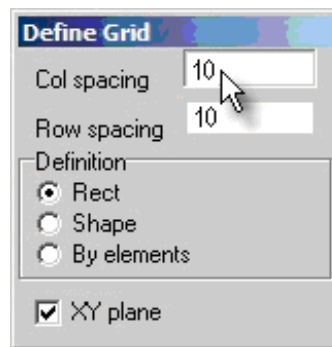
Pierwszym etapem będzie osadzanie znaczków w siatce regularnej. Na tym etapie należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe położenie wysokościowe mierzonych punktów.

Pomniejszamy obraz (**Ctrl+scroll myszki**), żeby zobaczyć cały obszar wskazany przez prowadzącego, który ma podlegać pomiarowi **NMT**.

Ustawiamy kursor **powyżej średniej wysokości obszaru**.

Wybieramy pozycję z sidebara **Definiowanie siatki**.

Pojawia się okno **Define Grid**:



w którym ustawiamy wielkość skoku siatki **Col spacing** oraz **Row spacing** na **10 m**.

Zaznaczamy myszką na ekranie prostokąt pokrywający obszar wskazany przez prowadzącego. Pojawia się seledynowa siatka punktów 2D, które reprezentują położenie XY punktów, które w kolejnym kroku będą mierzone wysokościowo.

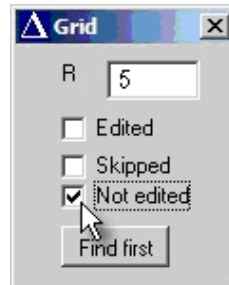
W przypadku błędnego zdefiniowania siatki należy użyć ikony **Delete grid** z toolbaru **DTM** i wybrać według daty i godziny siatkę, którą chcemy skasować.

Wybieramy z sidebara:

**Rysowanie siatki** i w oknie **Select grid**:



wyberamy dwa razy klikając definiowaną siatkę (jej nazwa to data i godzina utworzenia) i w następnym okienku **Grid**:



zaznaczamy opcję **Not edited** i naciskamy klawisz **Find first**.

Znaczek pomiarowy przestawiany jest do pierwszego punktu siatki 2D. Należy kółkiem myszki doprowadzić wysokość kursora do właściwej, lokalnej wysokości terenu, a następnie nacisnąć lewy klawisz myszy. Program automatycznie zapisze punkt i przejdzie do przybliżonego położenia kolejnego punktu siatki 2D utrzymując wysokość ustawioną przy pomiarze poprzedniego punktu. Nie powinno się zmieniać położenia XY. **W kilku przypadkach można przesunąć sytuacyjnie punkt** w dogodne miejsce lub zrezygnować z pomiaru klikając prawym klawiszem myszy:

- gdy przybliżone położenie punktu **wypada nie na terenie**, ale na elemencie, którego wysokości nie reprezentuje wysokości terenu (np. dach budynku, drzewo),
- gdy przybliżone położenie punktu wypada w miejscu trudnym do pomiaru, a tuż obok znajduje się znacznie lepsze miejsce
- dany **obszar nie podlega pomiarowi** (np. tafla wody w rzece),
- w sytuacji, gdy punkt pokrywa się z pomierzonym już punktem siatki wczytanej z pliku **50mOK.det**.

Przy sytuacyjnym przesuwanie znacznika nie można odsunąć się od położenia przybliżonego o więcej niż ustawiona w okienku GRID wartość R (w naszym przypadku R = 5m). Po odsunięciu znacznika pomiarowego na większą odległość niż R na obrazie pojawi się różowa kropczka pokazująca granicę obszaru o promieniu R. Jeżeli w odległości  $\leq R$  od punktu przybliżonego nie jest możliwe osadzenie znacznika na terenie (np. jest to dach dużego budynku lub są to drzewa) należy ten punkt pominąć (prawy klawisz myszy).

Powrót do pomiaru punktów pominiętych odbywa się poprzez wybór z sidebara **Rysowanie siatki**, wskazanie tej samej siatki i zaznaczeniem w oknie **Grid** opcji **Skipped**.

Jeśli dokończymy pomiar siatki, pojawi się komunikat:

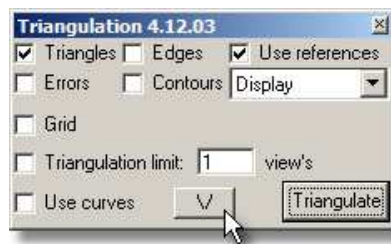


W trakcie pomiaru zaleca się, aby co jakiś czas zapisać plik \*.det (File-Save lub ikona dyskietki).



## 5. KONTROLA POMIARU PUNKTÓW DO NMT PO POMIARZE SIATKI QUASI-REGULARNEJ.

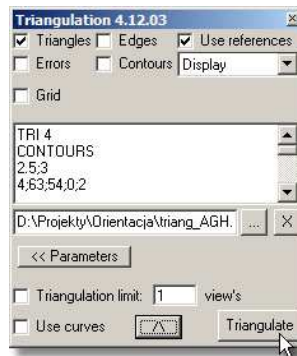
Po zakończeniu pomiaru punktów quasi-regularnej siatki można wykonać próbne generowanie NMT w postaci nieregularnej siatki trójkątów (TIN). Tworzenie trójkątów odbywa się narzędziem **Triangulation**. Z menu głównego wybieramy **Tools->Triangulation**, ustawiamy opcje jak poniżej i rozwijamy okno opcji strzałką w dół:



W dodatkowym polu wskazujemy plik **triang\_AGH.txt** w naszym katalogu:

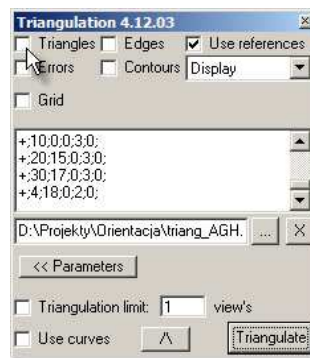


który zawiera informację, które elementy naszego pliku **DET** algorytm generujący siatkę trójkątów powinien brać pod uwagę. Plik ten tak steruje generowaniem siatki TIN, że występujące w pliku DET elementy posiadające odmienne atrybuty, nie będą brane pod uwagę przy tworzeniu numerycznego modelu terenu (np. obrysy dachów). W naszym przypadku nie ma to znaczenia. Kluczowe jest **Triangulate**:



służy do wygenerowania siatki trójkątów. Okno **Triangulation** może być cały czas otwarte i po kolejnych etapach pomiarów (np. poprawkach) można ponownie sprawdzać, jak wygląda siatka trójkątów. Zgodnie z podaną zasadą, trójkąty (ich boki) powinny leżeć na terenie - nie przecinać go, ani nad nim nie wisieć.

Jeśli chcemy, żeby siatka zniknęła, wystarczy odznaczyć opcję **Triangles** w oknie **Triangulate** i nacisnąć klawisz **Triangulate**:

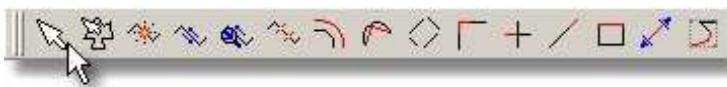


Analiza siatki trójkątów może prowadzić do trzech wniosków:

- wszystko jest prawidłowo
- pomierzone punkty mają złą wysokość
- brakuje punktów rozproszonych
- brakuje linii załamań terenu

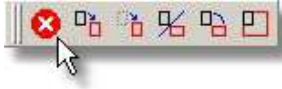
Poprawa źle pomierzonych punktów polega na skasowaniu punktu i pomiarze jeszcze raz, najwygodniej jako punktu rozproszonego.

Do skasowania potrzebujemy narzędzi do zaznaczenia i kasowania. Zaznaczyć należy strzałką z paska **Edit**:



i wskazać punkt do skasowania.

Następnie wybrać **Delete** z paska **Manipulate element**:



i zatwierdzić klikając na okno widokowe.

## 6. POMIAR PUNKTÓW ROZPROSZONYCH

Pomiar punktów rozproszonych odbywa się po wybraniu z sidebara komendy **Pikieta siatki**. Należy wskazać odpowiednie miejsce pod względem sytuacyjnym i wysokościowym, osadzić na terenie znaczek pomiarowy i zatwierdzić położenie lewym klawiszem. Zaleca się kontrolne generowanie siatki trójkątów.

## 7. POMIAR LINII ZAŁAMANIA TERENU.

Linie załamania mierzy się po wybraniu z sidebara komendy **Breakline**. Zasadą pomiaru jest ustawienie kursora (a zatem każdego kolejnego punktu załamania linii) na wysokości terenu, w sensownym sytuacyjnie miejscu (pod względem topograficznym). Długości odcinków pomiędzy kolejnymi wierzchołkami powinny być tak dobrane, aby linie nie zagłębiały się, ani nie wisały nad terenem. Po pomiarze możliwa jest edycja wierzchołków (dodawanie, kasowanie, przesuwanie), która dostępna jest na pasku **Modify vertex**.

W trakcie pomiaru zaleca się kontrolne generowanie siatki trójkątów.

Po zakończeniu zapisujemy plik z menu głównego **File->Save** oraz opuszczamy program **File-Exit** potwierdzając wolę zapisu pliku:



Na końcu pomiaru, należy zostawić punkty pochodzące z pierwotnego pliku 50mOK.det.

Na końcu opuszczamy **Mapper Stereo** zapisując zmiany w pliku **DET**.