

Załącznik D7

Instrukcja pomiarów georadarem GPR

Warszawa, maj 2019

Niniejsze opracowanie stanowi załącznik do dokumentu głównego:

**DIAGNOSTYKA STANU NAWIERZCHNI
I WYBRANYCH ELEMENTÓW KORPUSU DROGI**
Wytyczne stosowania

W załącznikach zamieszczono m.in.: szczegółowe zasady realizacji pomiarów, instrukcje dotyczące oceny i klasyfikacji poszczególnych parametrów, zasady wizualizacji i analizy wyników diagnostycznych, instrukcje wykonywania pomiarów, procedury przedsezonowych badań porównawczych, procedury badań kontrolnych na własnym odcinku testowym, katalogi uszkodzeń nawierzchni oraz elementów korpusu drogi

Dokumenty systemu DSN zostały opracowane przez Zespół Autorski pracowników
Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad

Wszelkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

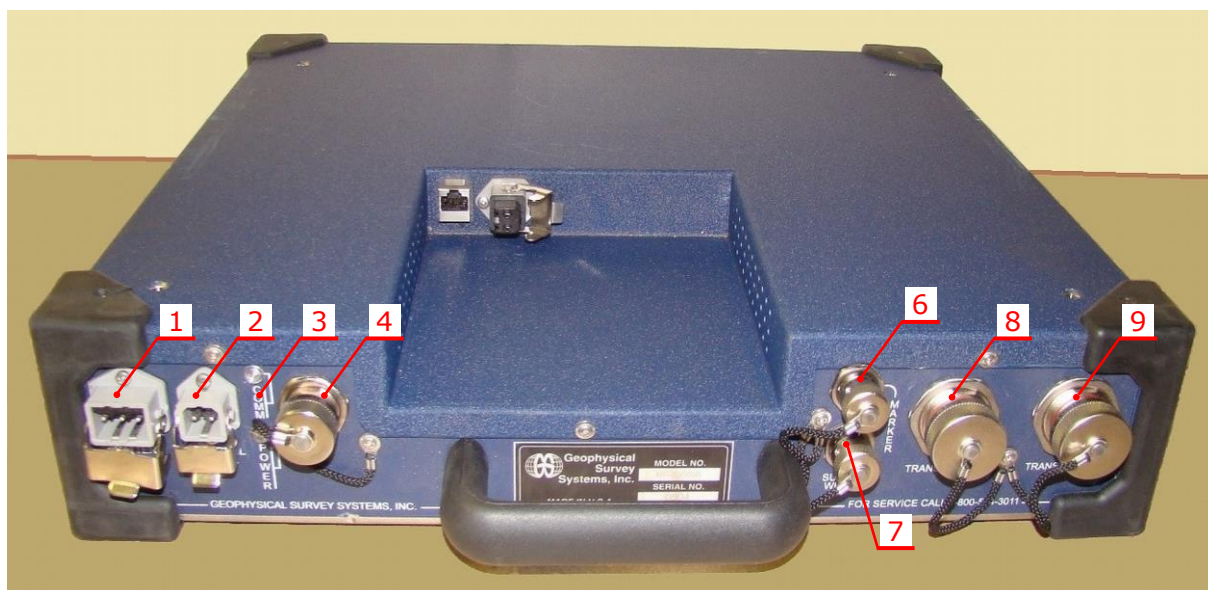
1. Opis ogólny	5
2. Panel połączeń	5
3. Konfiguracja sprzętu	6
4. Konfigurowanie systemu do pozyskiwania danych 2D	6
4.1. Tworzenie folderów	7
4.2. Konfigurowanie parametrów domyślnych programu	7
4.3. Projekty i profile — sposób pozyskiwania danych	8
4.4. Parametry pobierania danych	9
4.5. Metody pozyskiwania danych	11
4.6. Pozyskiwanie danych przy pomocy koła mierniczego	11
4.7. Rejestrowanie pliku kalibracyjnego z anteny	17
5. Wskazówki dotyczące zbierania danych	20

1. Opis ogólny

Urządzenie GSSI SIR-20 jest szybkim, wydajnym, wielokanałowym georadarem z możliwością różnorodnego zastosowania. Główne zewnętrzne cechy urządzenia to jednostka centralna MF-20 (Procesor pomiarowy), laptop, anteny o różnej częstotliwości emitowanej fali elektromagnetycznej, wózek pomiarowy i elementy konstrukcji umożliwiające montaż urządzenia na samochodzie pomiarowym. W zestawie znajdują się również adaptery do zasilania prądem stałym i prądem zmiennym.

2. Panel połączeń

Panel połączeń znajdujący się na tylnej ścianie jednostki centralnej MF-20 pokazano na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Panel połączeń jednostki centralnej MF-20

Przeznaczenie poszczególnych elementów panelu połączeń:

1. **Port** (1). do którego można podłączyć wtyk akumulatora kwasowo-ołowiowego typu Smart (seria # FGMOD1218S3). Metalowy zatrzask jest zaprojektowany tak, aby objął wtyk akumulatora i tym samym zapewnił dobre połączenie z gniazdem.
2. **Port** (2). do którego można podłączyć standardowy akumulator ołowiowo-kwasowy (seria # FGMOD1218S2), wtyk zasilania prądu zmiennego lub wtyk zasilania prądu stałego. Metalowy zatrzask jest zasilany tak, aby objął wtyk akumulatora i tym samym zapewnił dobre połączenie z gniazdem.
3. **Diody** (3). Górna dioda świeci pulsacyjnie w kolorze pomarańczowym w momencie dobrej komunikacji (dobrego połączenia i pobierania danych) między laptopem a jednostką centralną. Dolna dioda jest diodą zasilania jednostki MF-20. Świeci się ona na zielono za każdym razem włączenia jednostki centralnej. W przypadku nieoczekiwanej utraty zasilania laptop przejdzie automatycznie na zasilanie akumulatorowe. Natomiast dioda jednostki centralnej zgaśnie.
4. **Gniazdo synchronizacji** (4). Należy używać go jedynie wtedy, gdy konieczne jest zastosowanie kilku urządzeń typu SIR-20. Ta cecha urządzenia jest obecnie nieaktywna.
5. **Konwertyer zasilania** (5). Ma on zadanie zapewnienie stałego naładowania akumulatora laptopa. Jeśli SIR-20 jest podłączony do źródła zasilania na przedniej ścianie konwertyera zapali się zielona dioda. Dioda ta będzie świecić nawet jeśli SIR-20 zostanie wyłączony.

WSKAZÓWKA: Jeśli SIR-20 jest podłączony do stałego źródła zasilania, lecz akumulator laptopa się nie ładuje, należy sprawdzić dwa wtyki w konwerterze, aby upewnić się, że połączenia są prawidłowe. Należy również sprawdzić bezpiecznik (15A).

6. **Wtyk markera (6).** Jest to dwustykowy wtyk, dzięki któremu można podłączyć do systemu zdalny wyzwalacz markera. Wyzwalacza można użyć do oznaczania poszczególnych obszarów danych.
7. **Gniazdo koła badawczego (7).** Jest to czterostykowy wtyk, dzięki któremu do urządzenia można podłączyć koło miernicze lub instrument DMI (instrument do mierzenia dystansu). Jeśli SIR-20 jest używany do odwzorowywania nawierzchni to, do tego gniazda należy podłączyć przewód z instrumentu do pomiaru dystansu zamontowanego na kole mierniczym.
8. **Port przetwornika nr 1 (8).** Ten port jest kanałem sprzętowym nr 1. Można do niego podłączyć dziewiętnastostykowy standardowy kabel anteny. Aby podłączyć przewód należy dopasować pięć wcięć do pięciu wejść na męskim końcu przewodu. Następnie należy przytwierdzić przewód za pomocą kołnierza mocującego i dokręcać dopóki kołnierz nie pokryje się z czerwoną linią widoczną na gnieździe SIR-20. Mocowania należy dokonać ręcznie. Jeśli używamy jednej anteny należy ją podłączyć ją do portu przetwornika nr 1.
9. **Port przetwornika nr 2 (9).** Ten port jest kanałem sprzętowym nr 2. Można do niego podłączyć dziewiętnastostykowy standardowy kabel antenowy. Aby podłączyć przewód należy dopasować pięć wcięć do pięciu wejść na męskim końcu przewodu. Następnie należy przytwierdzić przewód za pomocą kołnierza mocującego i dokręcać dopóki kołnierz nie pokryje się z czerwoną linią widoczną na gnieździe SIR-20. Mocowania należy dokonać ręcznie. Jeśli używamy jednej anteny należy ją podłączyć ją do portu przetwornika nr 2.

3. Konfiguracja sprzętu

W celu skonfigurowania systemu SIR-20 tak, aby możliwe było pozyskiwanie danych, potrzebne są następujące elementy:

1. jednostka centralna MF-20,
2. antena,
3. przewód anteny / przewód zasilający,
4. źródło zasilania (prąd zmienny, akumulator lub prąd stały).

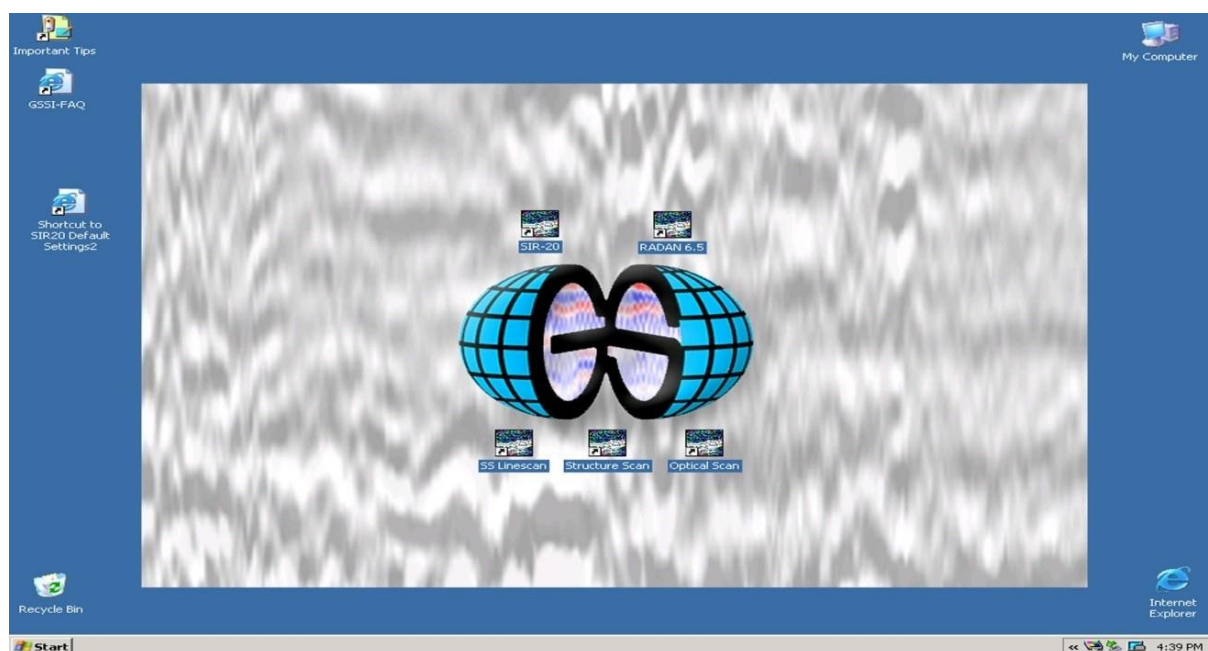
Kolejność czynności:

1. Podłączamy antenę do jednostki centralnej MF-20 za pomocą przewodu. Upewniamy się, że wtyk dobrze przylega do gniazda.
2. Podłączamy czujnik dystansu koła mierniczego za pomocą przewodu do odpowiedniego portu na obu-dowie anteny (jeśli go używamy).
3. Podłączamy Procesor do źródła zasilania.
4. Uruchamiamy urządzenie poprzez włączenie laptopa. Laptop wykona czynności rozruchowe i włączy układ chłodzący. Aby wyłączyć urządzenie wyłączamy laptop.

4. Konfigurowanie systemu do pozyskiwania danych 2D

Po wykonaniu czynności rozruchowych SIR-20 pojawi się pulpit Windows, na którym widocznych będzie kilka ikon (rys. 4.1). Podstawowy system SIR-20 umożliwia dostęp tylko do jednej ikony, która uruchamia pakiet do przetwarzania danych (program RADAN).

SIR-20 jest programem przeznaczonym do ogólnego pozyskiwania danych.



Rys. 4.1. Pulpit systemu SIR-20 (z ikonami programu StrukturaScan)

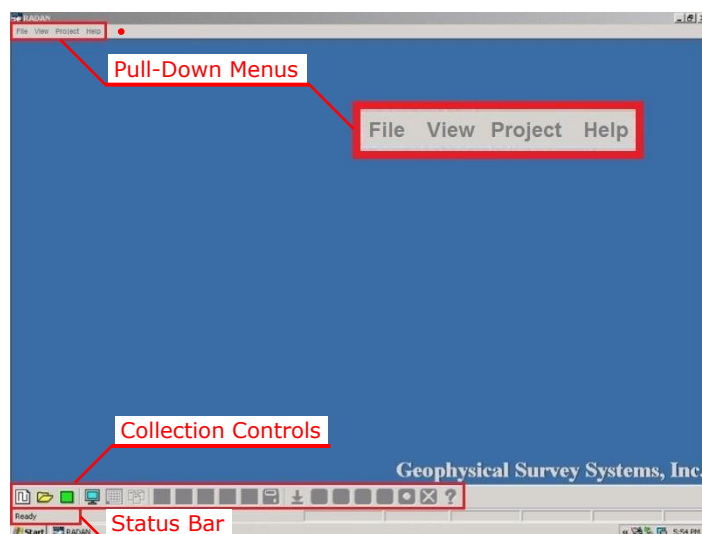
4.1. Tworzenie folderów

Za pomocą SIR-20 można pozyskać ogromną ilość danych. Aby było to możliwe użytkownik musi opracować system organizacji danych. Do przechowywania danych SIR-20 korzysta z dysku twardego komputera ToughBook. Przed rozpoczęciem nowego projektu użytkownik powinien utworzyć nowy folder na dysku twardym. Folderowi temu można nadać jakąkolwiek nazwę, tak więc np. numer zlecenia, datę lub nazwę dane klienta.

4.2. Konfigurowanie parametrów domyślnych programu

W celu skonfigurowania parametrów domyślnych programu RADAN klikamy dwukrotnie na skrót **SIR-20** znajdujący się na pulpicie Windows (rys. 4.1).

Konfigurowanie programu należy rozpocząć od ekranu początkowego RADAN/SIR-20 (rys. 4.2).

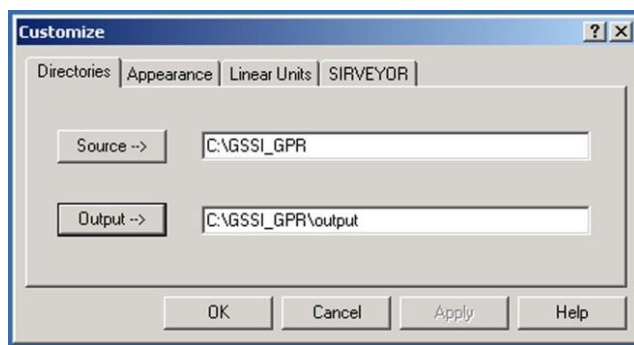


Rys. 4.2. Ekran początkowy SIR-20

W menu głównym **View** (Widok) klikamy polecenie **Customize** (Dostosuj). Pojawi się okno zawierające cztery zakładki (rys. 4.3):

1. **Directories** (Katalogi). Tworzenie katalogów roboczych:
 - a) klikamy na przycisk oznaczony jako Source (Źródło). Pojawi się okno zawierające listę folderów utworzonych na komputerze. Jeśli wpisujemy nową ścieżkę dostępu zaczynającą się od C:/RADAN zostanie utworzony nowy folder;
 - b) odnajdujemy folder, który utworzyliśmy wcześniej i klikamy na ikonę folderu, aby go otworzyć. Następnie klikamy OK;
 - c) taką samą czynność powtarzamy przy folderze wyjściowym;
 - d) foldery źródłowy i wyjściowy są konieczne ponieważ SIR-20 będzie zapisywał dane w innych miejscach. Jest to zabezpieczenie przed przypadkowym nadpisaniem plików (np. plików zawierających informacje o projekcie). Istotne dane są przechowywane w folderze źródłowym. Natomiast inne dane są przechowywane w folderze wyjściowym (np. pobrane i przetworzone dane).
2. **Appearance** (Wygląd). Preferencje dotyczące pulpitu i ekranu można skonfigurować klikając na to polecenie.
Dzięki tej funkcji można dostosować paletę kolorów i szatę graficzną programów. Jeśli na przykład chcemy, aby na ekranie widoczne były duże przyciski klikamy na tę opcję. Zmiany zostaną wprowadzone przy następnym uruchomieniu programu SIR-20 RADAN.
3. **Linear Units** (Jednostki pomiaru). Opcja ta pozwala ustawić odpowiednie jednostki pomiaru.
4. **SIRVEYOR**. Opcja służy do konfiguracji odbiornika GPS.

Po skonfigurowaniu wszystkich parametrów systemu klikamy **OK**.



Rys. 4.3. Okno polecenia **Customize** (Dostosuj)

4.3. Projekty i profile — sposób pozyskiwania danych

SIR-20 pozyskuje dane w oparciu o modelowy plik projektu. Plik ten jest tworzony, gdy wprowadzamy parametry pozyskiwania danych. W trakcie pomiarów tworzone są trzy główne typy plików, które odgrywają ważną rolę w procesie pozyskiwania danych:

1. pliki projektu,
2. pliki danych,
3. pliki Macro.

Pliki będą przechowywane w folderze, którego sposób utworzenia jest następujący:

1. **Pliki projektu** typu *.rpj, służą głównie jako lista poleceń dla SIR-20. Nazwa każdego pliku z danymi jest pobierana z pliku projektu. Na przykład jeśli nazwiemy nasz plik "Test.rpj," to pliki będą nazywane kolejno Test001, Test 002 itd. Nazwy plików powinny być najkrótsze (maksymalnie do 8 znaków). Przy nadawaniu nazw plikom danych RADAN będzie wykorzystywał jedynie 8 pierwszych znaków (*.dzt).

2. **Pliki danych** typu *.dzt, zawierają rzeczywiste dane z poszczególnych profili georadaru. Otwierając plik danych w programie RADAN otwieramy plik typu *.dzt. Nazwa oraz data pozyskania danych pobierane są z modelowego pliku. W nagłówku projektu znajdują się wszystkie parametry pobierania (m.in. data, nazwa, itd.)
3. **Pliki Makro** typu *.cmf, zawierają parametry, które są niezbędne, aby system mógł pobierać dane. Plik Macro jest tworzony podczas procesu konfigurowania pliku projektu. Następnie plik Macro jest dołączany do pliku projektu. SIR-20 używa pliku projektu oraz pliku Macro jako listy poleceń, w oparciu o które pozyskuje dane. Parametry oraz informacje o ustawieniach są przechowywane w nagłówku plików.

4.4. Parametry pobierania danych

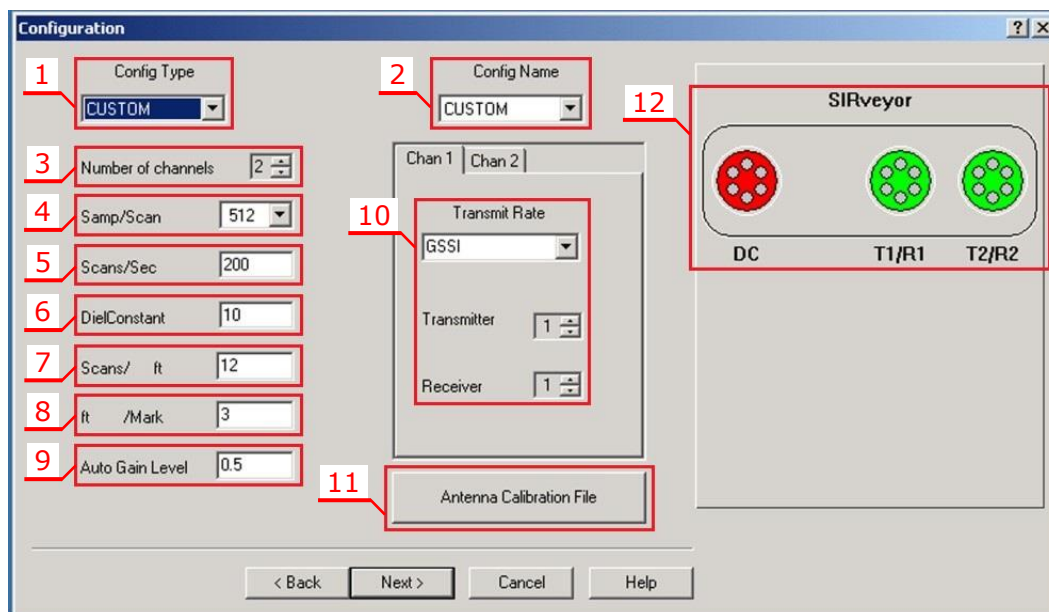
W zależności od rodzaju planowanego pomiaru należy wybrać odpowiedni zestaw parametrów i poleceń konfiguracji (rys. 4.4), które będą wykorzystane przy danym zadaniu:

1. **Config type** (1) (Typ konfiguracji). Dzięki temu parametrowi możemy uzyskać dostęp do ustawień fabrycznych, których można używać przy badaniach ogólnych. Ustawień tych można używać np. do:
 - a) skanowania konstrukcji betonowych,
 - b) lokalizowania obiektów,
 - c) kontroli mostów,
 - d) badań geotechnicznych,
 - e) grubości warstw konstrukcji dróg.

Jeśli nasze badania można zakwalifikować do którejś z tych kategorii możemy wybrać predefiniowane ustawienia.

W przypadku, gdy typ zadania, do którego chcemy użyć urządzenia nie jest wyszczególniony na liście, wybieramy w oknach (1) i (2) funkcję **CUSTOM** (Dostosuj) i ręcznie konfigurowujemy antenę. Lista dostępnych parametrów fabrycznych znajduje się w instrukcji obsługi producenta.

2. **Config name** (2) (Nazwa konfiguracji). Po wybraniu typu konfiguracji w oknie (1) możemy wybrać typ anteny, który użyjemy. Dzięki temu łatwiej będzie można ustawić poszczególne parametry takie jak filtry czy rozpiętość czasowa. Jeśli anteny nie ma na liście należy wybrać opcję **CUSTOM** (Dostosuj) w oknie (1) i (2), a następnie skonfigurować antenę ręcznie. Lista dostępnych parametrów fabrycznych znajduje się w instrukcji obsługi producenta. Na potrzeby DSN korzystamy z anteny typu Highway 1 GHz i/lub 400 MHz.
3. **Number of channels** (3) (Liczba kanałów). SIR-20 może pracować jednocześnie na dwóch kanałach. Na potrzeby DSN wybieramy jeden kanał jeśli chcemy wykonywać pomiary jedną anteną lub dwa kanały jeśli chcemy jednocześnie wykonywać pomiar dwiema antenami 1 GHz i 400 MHz.
4. **Samp/Scan** (4). Domyślna wartość próbek na skan wynosi 512. Jest to liczba próbek na skan, których SIR-20 użyje do przetworzenia sygnału. Liczba ta musi być 10 razy większa niż stosunek zasięg/szerokość impulsu anteny, aby uniknąć aliasingu.
5. **Scan/Sec** (5) (Skan/sekundę) Jest to liczba poszczególnych skanów danych, które system pobiera co sekundę.
6. **DielConstant** (6). Jest to skrót od stałej dielektrycznej. Rozpiętość wartości stałej dielektrycznej dla substancji (włączając w to powietrze oraz wodę) wynosi od 1 do 81. Dzięki tej opcji można wyświetlić liniową skalę głębokości jako skalę pionową zamiast wyświetlania wartości czasowych. Jeśli znana jest stała dielektryczna danej substancji można ją wprowadzić, jeśli nie — zostawiamy wartość 1. Parametr nie będzie miał wpływu na rzeczywistą głębokość skanowania.
7. **Scans/ ft** (7) (Skan/ metr). Jest to liczba skanów na jednostkę odległości. Jeśli używamy koła mierniczego ta wartość oznacza rzeczywistą liczbę skanów na daną jednostkę odległości, wzdłuż wyznaczonego profilu. Liczba ta powinna mieć ustaloną jak najwyższą wartość. Im większa liczba skanów tym większy plik z danymi, a co za tym idzie tym mniejsza prędkość pobierania. Jeśli zbieramy dane swobodnie,



Rys. 4.4. Okno konfiguracji

liczba ta służy jedynie zapisywaniu postępów. Kiedy zbieramy dane za pomocą koła mierniczego i uruchomione są jakiekolwiek filtry, wartość filtra wpłynie na liczbę pobieranych skanów na jednostkę odległości, np. jeśli ustawimy liczbę skanów/metr na 20, a wartość filtra stosowego na 4 skany, plik wyjściowy będzie zawierał 5 skanów/m (20/4) zamiast 20 skanów/metr.

8. **Ft /Mark** (8) (metr /Marker). Gdy korzystamy z tej opcji w trybie koła mierniczego, SIR-20 oznaczy określony punkt w danych w określonych odstępach. Marker to mała pionowa linia, która jest nałożona na okno danych i ma ona na celu pomóc nam w dokładniejszym odczytywaniu danych dystansu na przestrzeni wyznaczonego profilu.
9. **Auto Gain Level** (9) (Poziom automatycznego wzmocnienia). Zazwyczaj ustawiamy na 0,5. Umożliwia kontrolowanie wartości automatycznego wzmocnienia SIR-20. Kiedy podłączamy i uruchamiamy antenę, SIR-20 bada odebrany sygnał na podstawie algorytmu i określa jak bardzo trzeba wzmocnić sygnał. Poziom automatycznego wzmocnienia określa jak silny powinien być sygnał względem dynamicznego zasięgu rejestrowania (± 32767 na 16 bitów danych). Parametr 0,5 oznacza, że najbardziej wzmocniona próbka w każdym segmencie będzie miała wartość połowy całkowitego dynamicznego zasięgu. Jeśli podejrzewamy, że na obszarze są struktury odbijające sygnał o wysoce zmiennej amplitudzie i obawiamy się, że dane będą niekompletne „ucięte”, należy ustawić wartość na 0,25, aby umożliwić programowi dynamiczne zapisywanie nagłych dużych zmian w amplitudach sygnału.
10. **Transmit Rate** (10) (Prędkość transmisji/wybór kanału). Dzięki temu parametrowi możemy ustawić częstotliwość przesyłu danych dla używanej przez nas anteny. Prawidłowe wartości przesyłu danych zostały opisane w instrukcji obsługi producenta. Zwyczajowa prędkość przesyłu dla anten GSSI serii 51XX to 100 KHz. Dla anten starszych lub o niższych częstotliwościach należy ustawić niższą wartość. Można również zmienić parametry kanałów, na których pracują anteny. Na przykład jeśli korzystamy z dwóch anten i chcemy aby jedna była nadajnikiem, a druga odbiornikiem, można tu wprowadzić odpowiednie parametry.
11. **Antenna Calibration File** (11) (Plik kalibracyjny anteny). Opcja ta dotyczy wyłącznie programu RoadScan oraz pracy z antenami o wysokiej częstotliwości. Szczegóły można uzyskać po zapoznaniu się z podręcznikiem oprogramowania RoadScan.
12. **SIRveyor** (12). Jest to graficzne przedstawienie złączy znajdujących się z tyłu SIR-20. Pozwala to naocześnie sprawdzić czy wszystkie połączenia anteny są prawidłowe i czy są podłączone do portu odpowiedniego kanału.

4.5. Metody pozyskiwania danych

Istnieją trzy metody pozyskiwania danych GPR:

1. w trybie koła mierniczego, tj. skan/jednostkę odległości,
2. w trybie swobodnym, tj. skan/sekundę,
3. w trybie punktowym, tj. skan/ułożenie anteny.

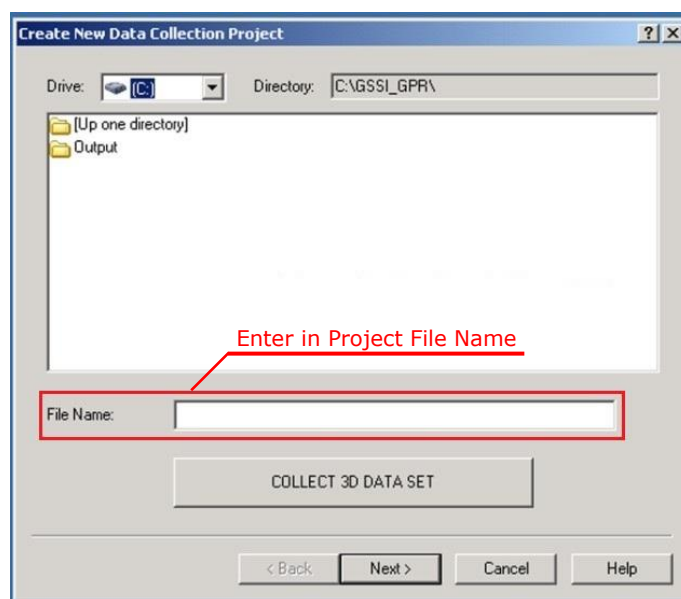
W ramach DSN wykorzystywana jest metoda pierwsza.

Zbieranie danych w trybie **koła mierniczego** oznacza, że musimy do urządzenia podłączyć koło miernicze, instrument DNI lub wózek typu StructureScan. Urządzenia te pozwalają uzyskiwać dane w równych odstępach czasu i odległości tak, że dane są pobierane w oparciu o liniową poziomą skalę niezależnie od prędkości pobierania. Jest to najłatwiejsza i najbardziej wygodna metoda pobierania danych i jej stosowanie zaleca się większości użytkowników. Ten tryb pobierania danych jest niezbędny jeśli korzystamy z procedury Migracji RADAN oraz innych funkcji przetwarzania sygnału.

4.6. Pozyskiwanie danych przy pomocy koła mierniczego

Sposób pozyskiwania danych GPR w trybie koła mierniczego opisano w punktach od 1 do 10:

1. Tworzymy nowy projekt wybierając kolejno polecenia **File (Plik) > New (Nowy)** lub klikając przycisk **New Collect (Nowy projekt)** znajdujący się na pasku przycisków. Pojawi się okno z nagłówkiem **Create New Data Collection Project (Nowy Projekt Pobierania Danych)** (rys. 4.5).

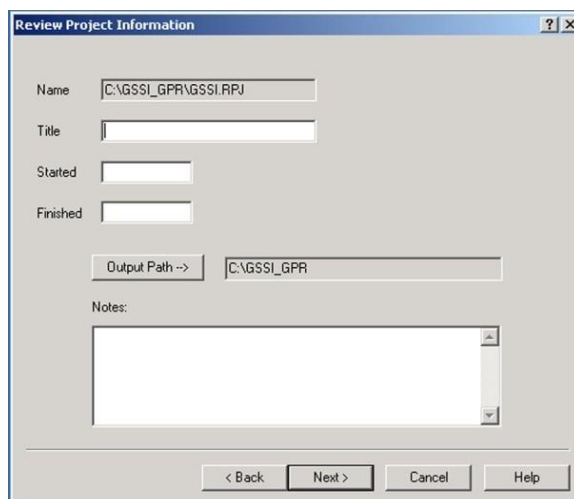


Rys. 4.5. Rubryka, do której można wpisać nazwę pliku projektu

2. W rubrykę pokazaną powyżej oznaczoną jako **File Name** (Nazwa pliku) wpisujemy nazwę, którą chcemy nadać plikowi projektu. Należy pamiętać, aby nazwa składała się z nie więcej niż ośmiu znaków. Można korzystać z liczb, nie można korzystać z symboli.

UWAGI:

- a) obecnie zbieramy dane 2D, a więc nie klikamy na przycisk oznaczony jako **COLLECT 3D DATA SET** (zbierz dane 3D);
- b) klikamy **Next >** (Dalej) i przechodzimy do okna z nagłówkiem **Review Project Information** (Informacje o projekcie) (rys. 4.6).

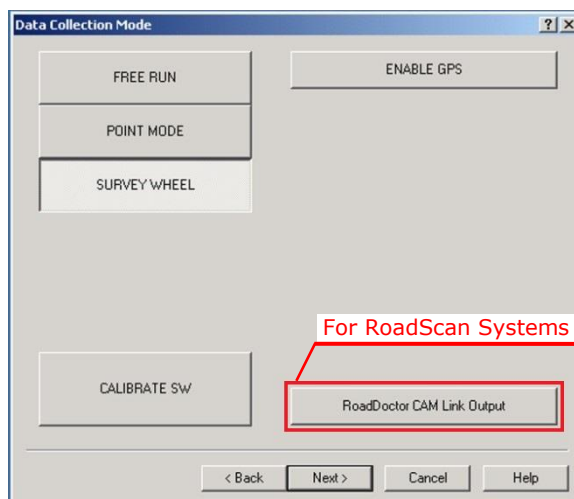


Rys. 4.6. Okno dialogowe zawierające informacje o projekcie

3. Wprowadzamy opis badanego obszaru przypisanego do projektu. Możemy wpisać tytuł projektu, czas rozpoczęcia i zakończenia pracy i dodać uwagi.

UWAGI:

- a) zwróćmy uwagę na szary przycisk oznaczony jako **Output Path->** (Ścieżka wyjściowa). W katalogu tam podanym SIR-20 będzie zapisywał pliki z danymi. Lokalizację katalogu można wybrać klikając odpowiednio na polecenie View (Widok), a następnie **Customize** (Dostosuj);
- b) wszystkie wpisy widoczne w tym oknie są opcjonalne. Jeśli nie chcemy wpisać uwag klikamy **Next >** (Dalej). Pojawi się okno z nagłówkiem **Data Collection Mode** (Tryb pobierania danych) pokazane na rys. 4.7.

Rys. 4.7. Okno **Data Collection Mode** (Tryb pobierania danych)

4. W oknie tym możemy wybrać jeden z trzech trybów pobierania danych. Należy wybrać przycisk oznaczony jako **SURVEY WHEEL** (Koło miernicze).

UWAGI:

- a) w oknie tym znajduje się również przycisk oznaczony jako **ENABLE GPS**. Dane GPS można pozyskiwać razem z danymi pobieranymi za pomocą koła mierniczego w trybie swobodnym lub w trybie punktowym. Więcej informacji na ten temat można uzyskać w rozdziale, w którym opisano konfigurację i użytkowanie GPS.
- b) po wybraniu koła mierniczego powinien ukazać się przycisk oznaczony jako **Calibrate SW** (Kalibracja koła). Klikamy na niego.

5. Pojawi się nowe okno z nagłówkiem **Survey Wheel Calibration** (Kalibracja koła mierniczego). Można tutaj skonfigurować używane przez nas urządzenie oraz skalibrować dystansomierz na jednostkę odległości (rys. 4.8).



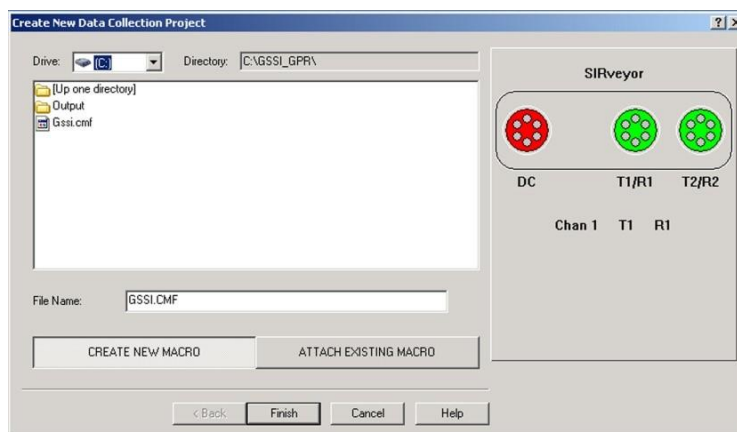
Rys. 4.8. Okno dialogowe **Survey Wheel Calibration** (Kalibracja koła mierniczego)

UWAGI:

- a) jeśli korzystamy z wózka typu StructureScan klikamy na ikonę odpowiedniego urządzenia;
 - b) kiedy używamy wózka optycznego klikamy na ikonę przedstawiającą niebieski wózek;
 - c) jeśli korzystamy z innego urządzenia mierniczego niż te wymienione musimy je skalibrować.;
 - d) po zakończeniu kalibracji klikamy kolejno **SAVE** (Zapisz) oraz **Next** (Dalej). Pojawi się okno oznaczone jako **Configuration** (Konfiguracja) (rys. 4.4). Aby uzyskać do niego dostęp należy najpierw poprawnie skonfigurować urządzenie miernicze. W razie niepowodzenia otrzymamy niewłaściwą skalę nałożoną na profile.
6. W oknie **Configuration** (Konfiguracja) możemy wybrać lub zmienić parametry pobierania danych. Dla większości zastosowań parametry domyślne są poprawne. Aby uzyskać dostęp do ustawień w celu dostosowania ich do typu badania innego niż wymienione, klikamy na strzałkę pod nagłówkiem oznaczoną jako **Config Type (1)** (Typ konfiguracji).

UWAGI:

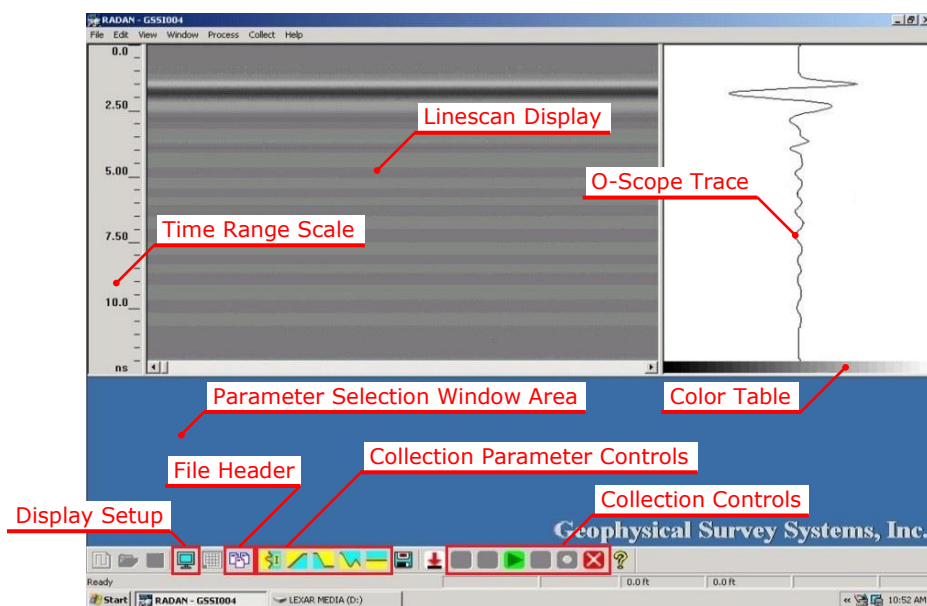
- a) rozwinie się lista kategorii i wybieramy odpowiednią;
 - b) na przykład, jeśli skanujemy betonową płytę w poszukiwaniu prętów zbrojeniowych, wybieramy kategorię BETON, a następnie pod zakładką konfiguracja (2) wybieramy typ anteny. Litera X po nazwie konfiguracji oznacza użytkowanie anteny, której dipole są skierowane prostopadle do kierunku skanowania. Natychmiast ustawione zostaną wspólne parametry pobierania.
7. Upewniamy się, że stosunek w **Scans/ ft (7)** (Skan/ metr) jest odpowiedni do danego zadania. Zazwyczaj im więcej skanów na jednostkę odległości, tym mniejsza prędkość pobierania danych i większy rozmiar pliku danych. Plik będzie się wydawał „rozciągnięty”. Po zakończeniu konfiguracji klikamy **Next>** (Dalej).
8. Pojawi się kolejne okno **Create New Data Collection Project** (rys. 4.9) i system wyświetli komunikat z prośbą o stworzenie nowego makra lub dołączenie już istniejącego. Makro to nic innego jak zapisana lista parametrów pobierania danych. W skład tych parametrów wchodzi: filtry, informacje o czasie oraz zasięgu sondowania oraz informacje o wzmocnieniu. Parametry mogą się różnić w zależności od wykonywanego zadania, dlatego też dla różnych zadań można tworzyć wiele makr. Wspólne parametry anteny zostaną wybrane automatycznie w oparciu o nazwę konfiguracji, która została wybrana w kroku 7.



Rys. 4.9. Tworzenie lub dołączanie makra

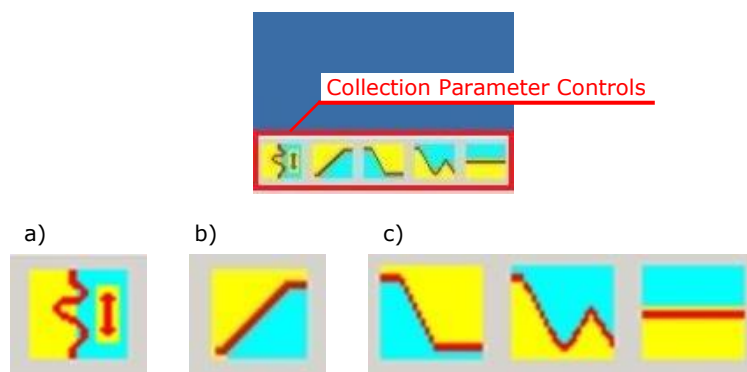
UWAGI:

W systemie nie ma fabrycznie zapisanych makr, więc jeśli korzystamy z SIR-20 po raz pierwszy będziemy musieli je utworzyć. Klikamy na przycisk **CREATA NEW MACRO** (Utwórz nowe makro), a następnie na przycisk **Finish** (Zakończ). Antena zostanie uruchomiona i pojawi się zegar odliczający czas, a po chwili zostanie wyświetlone kolejne okno (rys. 4.10).



Rys. 4.10. Ekran ustawień

9. W oknie **CREATA NEW MACRO** możemy dostosować parametry pobierania danych. Okno jest podzielone na dwie części:
 - a) $\frac{2}{3}$ powierzchni górnej części jest zarezerwowane na widoki O-Scope oraz Linescan;
 - b) $\frac{1}{3}$ dolnej części jest zarezerwowana dla kaskadowych okien, dzięki którym można wybierać parametry. Do okien tych można uzyskać dostęp klikając na odpowiednie żółte lub niebieskie przyciski kontrolne u dołu ekranu;
 - c) można również uzyskać dostęp do nagłówka pliku klikając na ikonę nagłówka.
10. **Collection Parameter Controls** (Zbiór Parametrów Ustawień):
 - a) **Position/Range** (Położenie/Zasięg) (rys. 4.11a).
Pierwszym dostępnym przyciskiem parametrów jest przycisk Położenie/zasięg. Dzięki niemu możemy kontrolować czas (w nanosekundach) w jakim system będzie pobierał dane. Domyślna skala pionowa umożliwia pomiar przepływu



Rys. 4.11. Przyciski Collection Parameter Controls (Zbiór Parametrów Ustawień):
 a) Position/Range (Położenie/Zasięg), b) Range Gain (Wzmocnienie),
 c) Filter and Static Filter (Filtry oraz nakładanie)

sygnału w danym czasie w obie strony. Im większa wartość objętości czasowej, tym większa głębokość sondowania. Na głębokość sondowania ma wpływ zarówno wartość przewodnictwa (σ') oraz przenikalność dielektryczna (ϵ') danej substancji. Tak więc zasięg i głębokość nie są wprost proporcjonalne.

Funkcja autopozycjonowania oraz parametr poprawka położenia umożliwiają użytkownikowi dostosowanie bezpośredniego parowania impulsu (tj. impulsu przesyłowego) anteny z czasem „zero” lub dostosowania parowania impulsu do okna z rozpiętością czasową. Można zauważyć, że przy włączonej opcji autopozycjonowania wartość przesyłanego impulsu jest nieco opóźniona w stosunku do wierzchołka wykresu O- Scope.

Opcja autopozycjonowania automatycznie skaluje przesyłany impuls w dół, i jego wartość w oknie rozpiętości czasowej, jest w przybliżeniu o 10% niższa niż wprowadzona wartość przez użytkownika. Na przykład, jeśli wartość rozpiętości czasowej jest ustawiona na 50 ns to przesyłany impuls będzie miał wartość 5 ns poniżej „zera”. Dzięki temu zabiegowi zapewnione jest przesłanie i zapisanie całego impulsu. Jeśli przez nieuwagę wyłączymy tę opcję podczas konfiguracji systemu to możliwe że przesłany impuls (czas zero) nie będzie widoczny w oknie rozpiętości czasowej. Jeśli tak się stanie dane będą bezużyteczne, ponieważ nie będzie zerowego punktu odniesienia względem, którego można określić czas/głębokość.

Producent zaleca pozostawienie włączonej opcji autopozycjonowania, dopóki użytkownik w pełni nie posiada wiedzy, dotyczącej efektów przesunięcia sygnału w górę lub w dół w oknie rozpiętości czasowej. Należy pamiętać, że wartością czasu zero w SIR-20 jest wartość 100. Wartość ta jest umowna i jest powiązana z opóźnieniami w przesyłaniu sygnału wewnątrz podzespołów elektronicznych systemu. Wartość ta nie ma wpływu na wprowadzoną wartość czy głębokości zasięgu.

b) Range Gain (Wzmocnienie) (rys. 4.11b).

Drugim przyciskiem kontrolujemy parametr zmiennego wzmocnienia. Wzmocnienie jest używane, aby zrekompensować naturalne skutki wytłumienia sygnału. Gdy przesyłany sygnał przechodzi przez daną materię słabnie (jest wygłuszony), ponieważ dane tworzywo czy substancja wchłania jego część. Dzięki wzmocnieniu sygnał nabiera siły po tym jak jest odebrany i zapisany. Wzmocnienie również rekompensuje straty w sygnale i osłabia reflektory przez co sygnał jest bardziej widoczny. Z anteny nie jest wysyłany żaden dodatkowy ładunek energii. Funkcja ta pozwala użytkownikowi operować na kilku punktach rozłożonych liniowo na skali zasięgu.

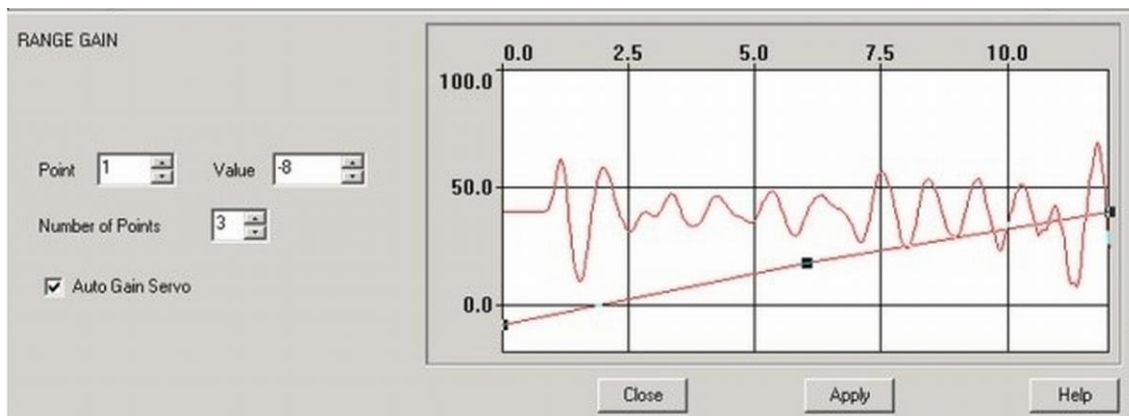
Opcja auto-wzmocnienia automatycznie ustawia odpowiednią wartość na podstawie sygnału odebranego z anteny, w punkcie gdzie antena jest usytuowana w chwili, gdy opcja zostaje uruchomiona. W przypadku dużych obszarów

badawczych konieczne może być szybkie sprawdzenie obszaru by można było zdecydować o ewentualnym dostrojeniu wzmocnienia jeśli okaże się, że jego wartości są zbyt wysokie lub zbyt niskie.

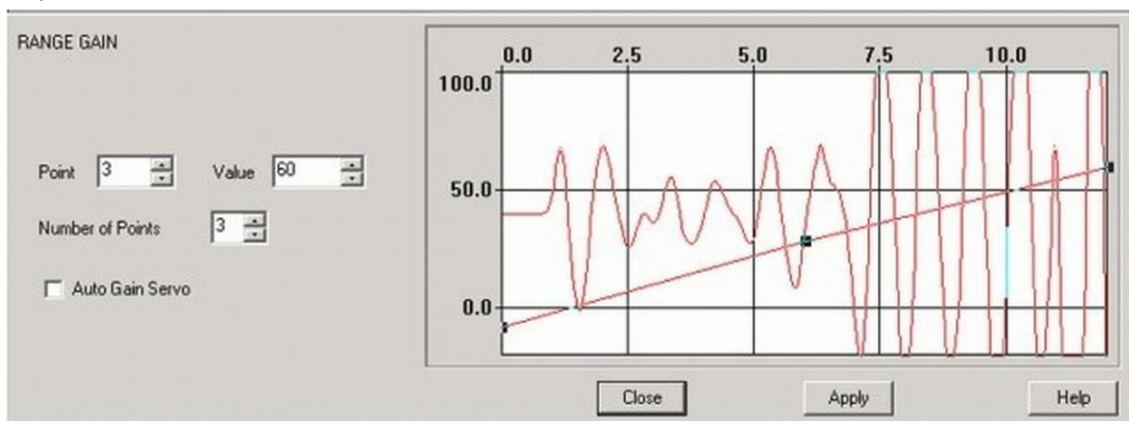
Niezależnie od okoliczności zaleca się ręczne dostrojenie wzmocnienia. Nie można ustawić dokładnego czasu dla punktu wzmocnienia. Jednakże można skonfigurować niektóre punkty tak, aby można było ustawić wzmocnienie w pobliżu danego przedziału czasowego lub kontrolnego reflektora. Następnie można dostosować wielkość zastosowanego wzmocnienia.

Wartość wzmocnienia nigdy nie powinna maleć wraz z głębokością. Każdy następny punkt powinien być większy lub równy poprzedniemu. Należy uważać, aby nie zaprogramować zbyt dużego wzmocnienia. Może to spowodować zjawisko tzw. „ścinania” (rys. 4.12b). Ścinanie ogranicza ilość danych i może spowodować utratę ważnych informacji oraz utrudnić rozpoznanie obiektu w danych. Ponadto funkcje programu RADAN tj. poziome i pionowe filtrowanie FFT, transformacja spektrum lub przetwarzanie obwiedni Hilberta nie będą działały poprawnie z danymi. Jeśli chcemy, żeby SIR-20 sam ustawił wartość wzmocnienia upewniamy się, że funkcja auto-wzmocnienia jest włączona.

a)



b)



Rys. 4.12. Przykłady sygnału: a) zawierającego wszystkie dane, b) ściętego

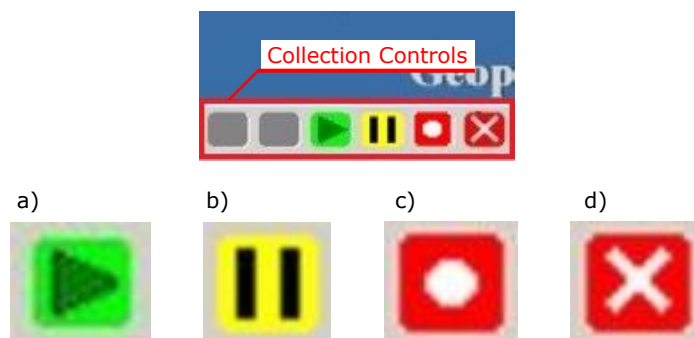
c) **Filter and Static Filter** (Filtre oraz nakładanie).

Za pomocą kolejnych trzech przycisków możemy kontrolować filtry oraz proces nakładania. Są one przydatne jeśli chcemy usunąć szumy o wysokiej oraz niskiej częstotliwości, jak również szum zwany pierścieniowym zawarty w danych. Szum poziomy jest zjawiskiem spowodowanym zmiennością w parowaniu anteny bądź dużą przepuszczalnością powierzchni. Właściwej długości filtr do usuwania szumów tła powinien usunąć te anomalie.

Wiele parametrów filtrów przypisanych do anteny można ustawić automatycznie dla danego typu anteny. Jeśli korzystamy z anteny, która nie została wyszczególniona na liście powinniśmy zmienić ustawienia filtra tak, aby dopasować je do anteny, z której korzystamy. Aby to zrobić należy zapoznać się z dokumentacją anteny. Niedoświadczonym użytkownikom zaleca się pozostawienie ustawień domyślnych.

Po ustaleniu parametrów pobierania, klikamy na przycisk z zieloną strzałką (rys. 4.13a), aby rozpocząć pobieranie danych. Profil Linescan zmieni rozdzielczość całego ekranu. W trakcie pobierania danych należy zwrócić uwagę, że:

- podczas pobierania danych z wykorzystaniem urządzenia mierniczego możemy w każdej chwili przerwać proces. Ponieważ urządzenie miernicze kontroluje pobieranie danych, to w chwili, gdy przestanie się przemieszczać w systemie SIR-20 automatycznie włącza się pauza;
- kliknięcie przycisku markera znajdującego się na ręczce anteny lub strzałki skierowanej w dół na klawiaturze laptopa spowoduje pojawienie się w danych znacznika (przerywanej linii). Jest to przydatna funkcja do oznaczania cech powierzchni jednolitej znajdujących się na obszarze, który sondujemy;
- pobieranie danych możemy zakończyć klikając na odpowiedni przycisk na pasku pobierania. Możemy również zamknąć plik, co spowoduje jego automatyczne zapisanie), wciskając i przytrzymując przycisk markera znajdujący się na ręczce anteny przez 5 s;
- aby rozpocząć zbieranie z kolejnego profilu, korzystając z tych samych ustawień, klikamy przycisk oznaczony jako „Uruchom projekt” (jasno zielony kwadrat z ciemno zieloną strzałką).



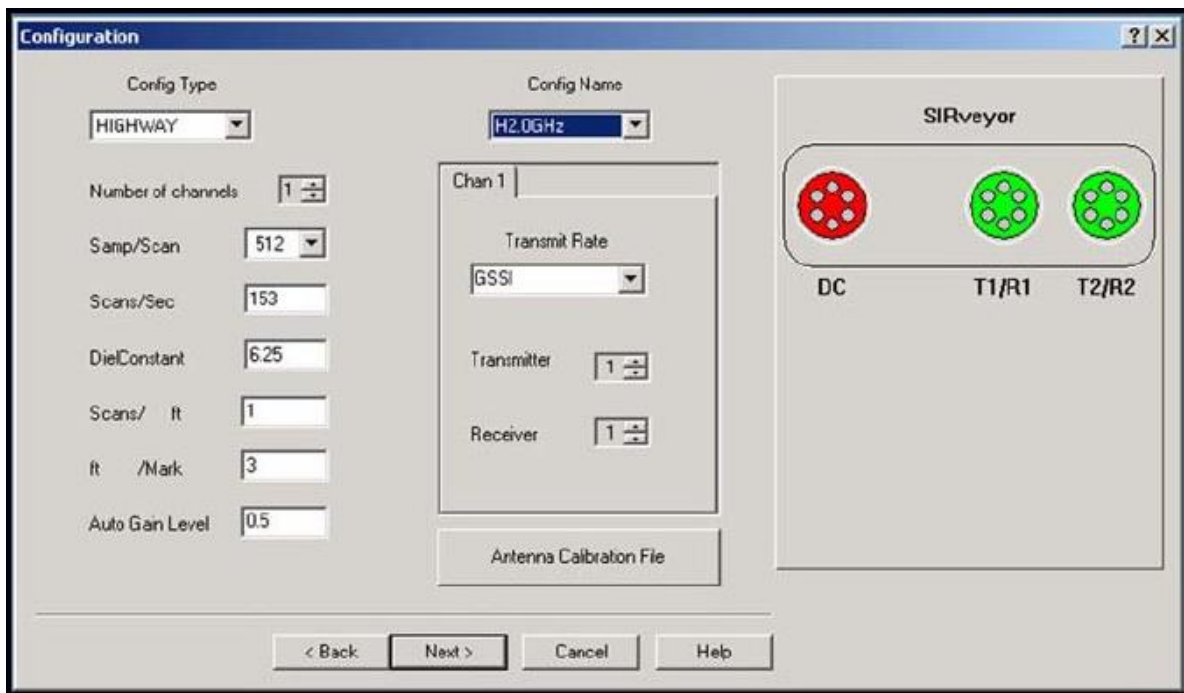
Rys. 4.13. Przyciski **Collection Controls** (Zbiór Ustawień):
a) zielona strzałka, b) pauza, c) stop/zapisz, d) stop/usuń

4.7. Rejestrowanie pliku kalibracyjnego z anteny

Plik kalibracyjny anteny, jest bardzo istotny dla procesu przetwarzania danych z anteny horn. Plik ten należy archiwizować codziennie przed rozpoczęciem zbierania właściwych danych. Zaleca się również utworzenie tego pliku pod koniec pracy.

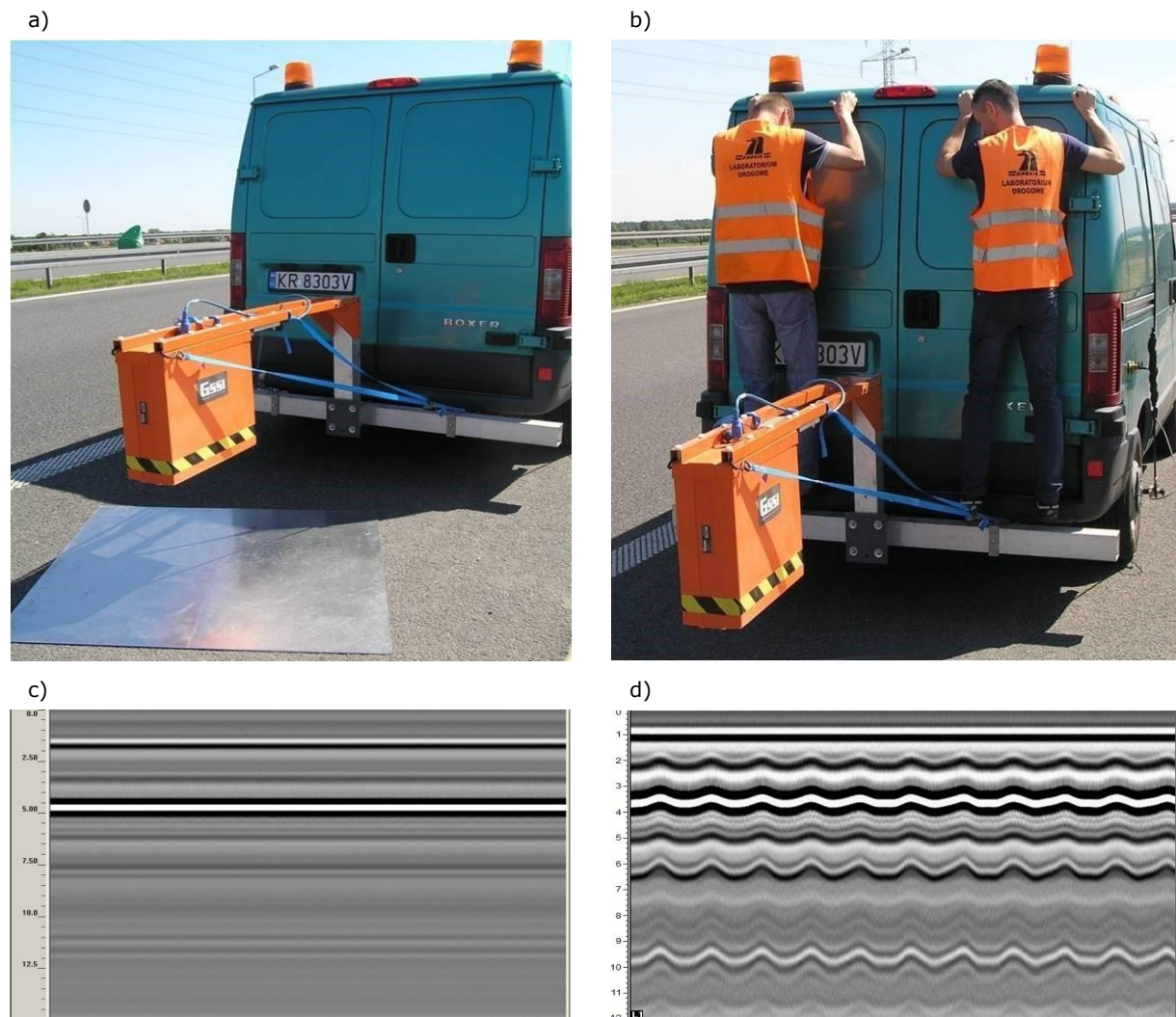
Procedura rejestrowania pliku kalibracyjnego:

1. Otwieramy projekt, nad którym pracujemy. W programie SIR-20 klikamy **File>Open** (Plik>Otwórz), zmieniamy typ plików na **Project Files** (Pliki projektu), wybieramy projekt i klikamy **Open** (Otwórz).
2. W menu projektu u góry ekranu klikamy **Edit** (Edycja). Po wejściu w zakładkę **Configuration** (Konfiguracja), klikamy przycisk **Antenna Calibration File** (Plik Kalibracyjny Anteny) (rys. 4.14). Spowoduje to, że system będzie zapisywał dane w oparciu o czas. Klikamy **Next>** (Dalej). W kolejnym oknie również klikamy **Next>** (dołącz makro). Po uruchomieniu anteny klikamy przycisk z zieloną strzałką, aby rozpocząć zbieranie danych.

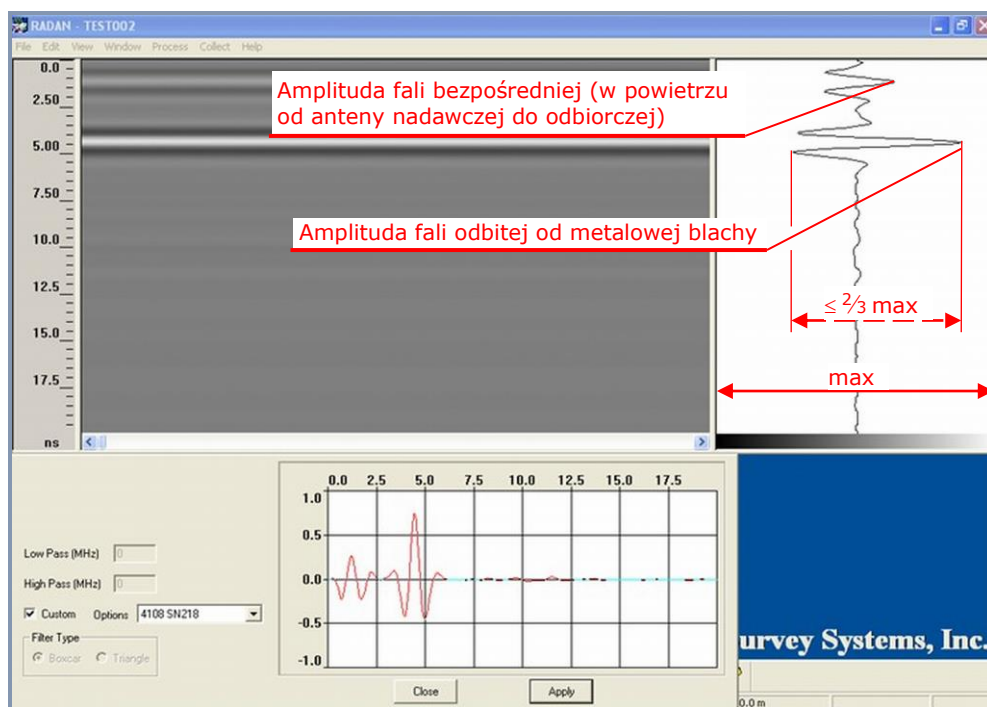


Rys.4.14. Okno Configuration (Konfiguracja)

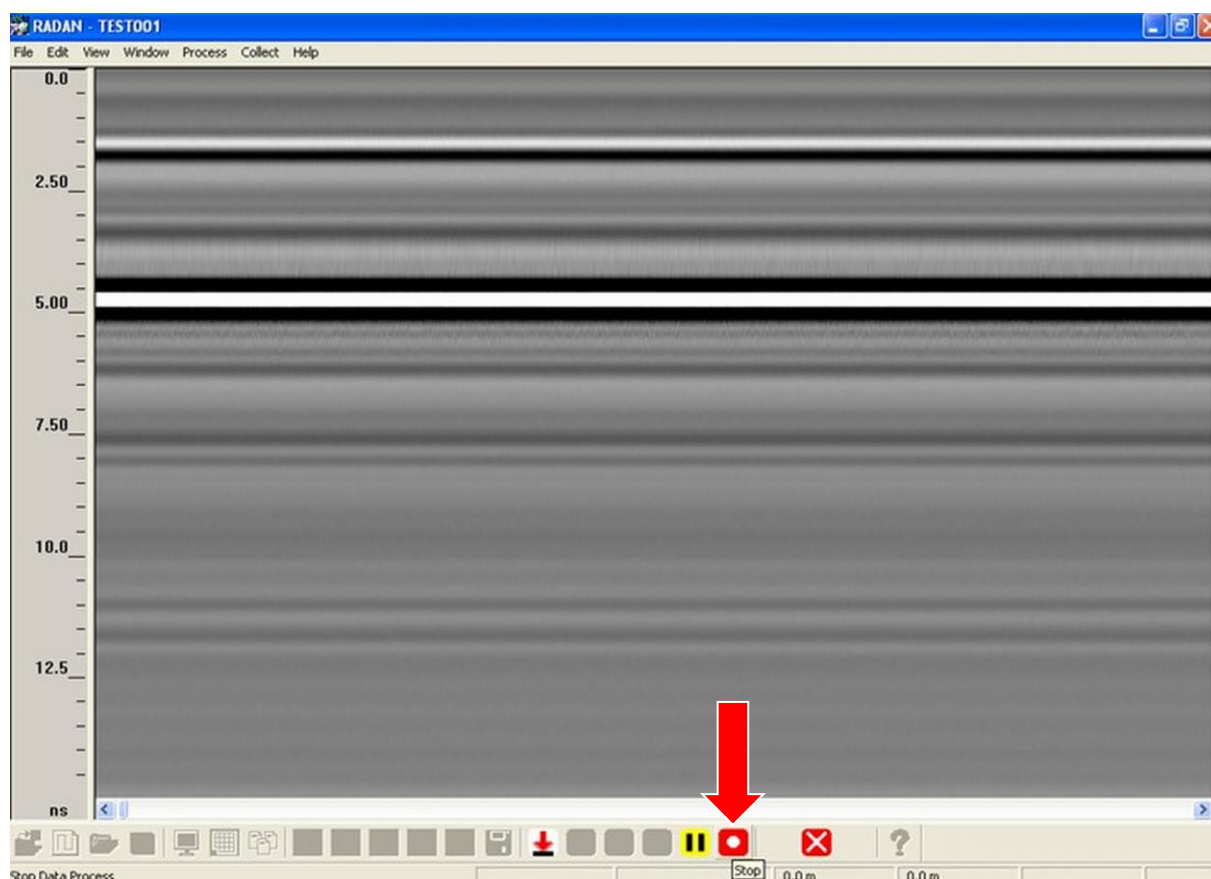
3. W celu otrzymania nieprzetworzonego pliku kalibracyjnego dla potrzeb przetwarzania i interpretacji danych georadarowych w programie RADAN pod antenę podkładamy arkusz blachy (co najmniej 1 m × 1 m, rys. 4.15a) i rejestrujemy dane najpierw w bezruchu, a następnie skaczemy odbijając się od zderzaka samochodu w czasie nie krótszym niż kilkanaście sekund (symulując w ten sposób zmianę wysokości, na której znajduje się antena jeśli podczas jazdy samochód np. najedzie na przeszkodę lub wpadnie w koleinę, rys. 4.15b). Obydwa rodzaje sygnałów (rys. 4.15c i d) rejestrujemy w jednym źródłowym pliku kalibracyjnym.
4. Zbieranie danych w plikach kalibracyjnych należy zakończyć po kilkunastu sekundach rejestracji danych (rys. 4.17). Kalibrację zaleca się wykonywać z dala od zabudowy i metalowych elementów (np. barier). Podczas kalibracji w obrębie anteny nie powinna znajdować się żadna osoba. Zaleca się dokonać kalibracji co najmniej dwa razy w ciągu dnia pomiarowego. Pierwszą kalibrację (jak również pomiar) można wykonać po kilkudziesięciu minutowej (około 20–30 min) pracy systemu pomiarowego. Każdą kalibrację dokonuje się na tych samych ustawieniach, co zbierane źródłowe dane pomiarowe.
5. Aby otrzymać nieprzetworzony plik kalibracyjny dla potrzeb przetwarzania i interpretacji danych georadarowych w programie Road Doctor wykonujemy takie same czynności jak dla programu RADAN z tą różnicą, że obydwa rodzaje sygnałów rejestrujemy oddzielnie w dwóch źródłowych plikach kalibracyjnych.
6. Pliki kalibracyjne podczas przetwarzania danych pozwalają uzyskać wartości prędkości rozchodzenia się fali elektromagnetycznej w danym ośrodku poprzez porównanie siły odbić (amplitud) z warstw nawierzchni i siły odbić (amplitud) pochodzących z wzorca (arkusz blachy). Różnicę między reflektorem wzorcowym a rzeczywistym odbiciem z warstwy nawierzchni, oraz znaną wartość prędkości fali elektromagnetycznej w górnej warstwie możemy wykorzystać, aby obliczyć prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej w poszczególnych warstwach. Uwzględniana jest również korekta z uwagi na fakt iż część energii ulega rozproszeniu.
7. Zapamiętujemy lub zapisujemy nazwę nieprzetworzonego pliku, abyśmy mogli go łatwo odnaleźć, gdy nadejdzie pora na przetwarzanie danych. Możemy teraz kliknąć na zielony kwadrat, aby zebrać więcej danych z badanego odcinka drogi. SIR-20 automatycznie zacznie zbierać dane.



Rys. 4.15. Kalibracja oraz nieprzetworzone pliki kalibracyjne



Rys. 4.16. Ustawienia sygnału dla anteny typu Horn 1 GHz



Rys. 4.17. Okno pomiarowe plików kalibracyjnych dla anteny typu Horn

5. Wskazówki dotyczące zbierania danych

Zaleca się sprawdzić przed rozpoczęciem pracy czy dźwięk w laptopie jest włączony i ustawiony na odpowiednim poziomie. Jeśli będziemy zbierać dane zbyt szybko, głośnik laptopa będzie emitował ostrzeżenia dźwiękowe. Zbyt duża prędkość powoduje nienadążanie systemu pomiarowego w procesie gromadzenia danych. Taka długotrwała sytuacja powoduje przekłamanie w wynikach.

Jeśli w prawym dolnym rogu ekranu pojawi się komunikat „Połączenie z siecią lokalną utracone” (Local Area Network Lost), oznacza to że SIR-20 utracił łączność z laptopem i nie rejestruje danych. Powodem może być poluzowany kabel złącza Ethernet między laptopem a SIR-20, lub brak zasilania SIR-20.

Należy zawsze mieć na wyposażeniu pokrowiec, w celu ochrony przed deszczem. Antena nie jest wodoodporna.

Zaleca się również prowadzenie dziennika z dokładnymi notatkami dotyczącymi badań (kilometraż początku i końca odcinka pomiarowego, opis markerów, punkty charakterystyczne, zapisywanie nazw plików z danymi) oraz robienie zdjęć.

Aby uzyskać jak najwyższą jakość zebranych danych, pomiary należy wykonywać po okresie nieoprowadzonym opadami deszczu, na suchej nawierzchni, w temperaturze pracy systemu pomiarowego 0–40°C, z jak najwyższą częstotliwością próbkowania danych (kompromis pomiędzy prędkością pomiarów a jakością danych).

Szczegółowy opis programu do przeprowadzania badań znajduje się w instrukcji obsługi urządzenia [67].

Tabela 5.1. Przykładowe ustawienia do pomiarów wykonywanych jednostką centralną SIR-20 dla różnego rodzaju anten

Lp.	Nazwa parametru	AIR COUPLED		GROUND COUPLED		
		1 GHz	2 GHz	400 MHz	270 MHz	100 MHz
1	Model Anteny (Antena Model)	4108 (41000S)	4105 (42000S)	5103 (50400S)	5104 (50270S)	3207
2	Okno Czasowe (Time Range)	10–20 ns	7–15 ns	20–100 ns	50–175 ns	300–500 ns
3	Maksymalny (teoretyczny) zasięg głębokościowy (Max. Depth of Penetration)	1,0 m w zależności od rodzaju ośrodka i okna czasowego	0,75 m w zależności od rodzaju ośrodka i okna czasowego	4 m w zależności od rodzaju ośrodka i okna czasowego	6 m w zależności od rodzaju ośrodka i okna czasowego	15 m w zależności od rodzaju ośrodka i okna czasowego
4	Szybkość Transmisji Danych (Transmit Rate)	100 kHz	100–500 kHz (zalecane 300 kHz)	100 kHz	100 kHz	50 kHz
5	Częstotliwość Próbkowania Sygnału (Samples / Scan)	512	512 i powyżej (zalecane 1024)	512 lub 1024	512 lub 1024	512
6	Szybkość Gromadzenia Danych (Scans / Second)	w zależności od szybkości transmisji danych i kroku pomiarowego (dla szybkości transmisji danych 100 kHz zalecana wartość: 100)	w zależności od szybkości transmisji danych i kroku pomiarowego (dla szybkości transmisji danych 300 kHz zalecana wartość: 200)	w zależności od szybkości transmisji danych i kroku pomiarowego (zalecana przez producenta wartość: 120)	w zależności od szybkości transmisji danych i kroku pomiarowego	w zależności od szybkości transmisji danych i kroku pomiarowego (zalecana przez producenta wartość: 16)
7	Krok Pomiarowy (Scans / Metr)	dowolny (zalecany minimum 10 skanów/m)	dowolny (zalecany minimum 10 skanów/m)	dowolny (zalecany minimum 50–100 skanów/m)	dowolny (zalecany minimum 50–100 skanów/m)	dowolny (zalecany minimum 50–100 skanów/m)
8	Rozdzielczość (Bits / Sample)	16	16	16	16	16
9	Liczba Punktów Wzmocnienia (Number of Gain Points)	1	1	5	5	5
10	Poziom Automatycznego Wzmocnienia (Auto Gain Level)	0,25 lub 0,5 (zalecany 0,5)	0,25 lub 0,5 (zalecany 0,5)	0,25 lub 0,5 (zalecany 0,5)	0,25 lub 0,5 (zalecany 0,5)	0,25 lub 0,5 (zalecany 0,5)
11	Pionowy Filtr Górnoprzepustowy (Vertical High Pass Filter)	250 MHz lub o ile to możliwe wewnętrzny filtr anteny (zalecane)	300 MHz lub o ile to możliwe wewnętrzny filtr anteny (zalecane)	100 MHz	75 MHz	25 MHz
12	Pionowy Filtr Dolnoprzepustowy (Vertical Low Pass Filter)	3000 MHz lub o ile to możliwe wewnętrzny filtr anteny (zalecane)	5000 MHz lub o ile to możliwe wewnętrzny filtr anteny (zalecane)	800 MHz	700 MHz	300 MHz