

**KONCEPCJA ATLASU METRYK RADAROWYCH DLA TWORZENIA
PRZESTRZENNYCH BAZ DANYCH KOMPONENTÓW ŚRODOWISKA
PRZYRODNICZEGO**

**THE CONCEPTION OF GPR METRICS ATLAS FOR CREATING SPATIAL
DATABASES OF NATURAL ENVIRONMENT COMPONENTS.**

Zygmunt Młynarczyk, Marcin Słowik

Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu

SŁOWA KLUCZOWE: środowisko przyrodnicze, georadar, przestrzenna baza danych

STRESZCZENIE: W oparciu o pomiary przeprowadzone przy pomocy georadaru MALA ProEx planowane jest stworzenie biblioteki sygnałów dla różnych środowisk sedymentacyjnych z uwzględnieniem zakłóceń towarzyszących pomiarom. W artykule przedstawiono koncepcję tworzenia tego rodzaju bazy danych wraz z pierwszymi przykładami echogramów ilustrujących takie środowiska sedymentacyjne jak strefa brzegowa zbiornika jeziornego, struktury peryglacialne (kliny mrozowe), przykład stanowiska archeologicznego oraz środowiska fluwioglacjalnego i glacialnego. Zwrócono uwagę na różnice w zapisie uzyskanym przy różnych ustawieniach parametrów pomiarowych oraz metodykę usuwania zakłóceń jakie wystąpiły w trakcie pomiaru.

1. WPROWADZENIE

Badania mające na celu analizę zmienności litologicznej i struktury osadów prowadzi się dla wielu środowisk sedymentacyjnych. Prace tego rodzaju wymagają wykonania na danym obszarze wierceń lub wkopów umożliwiających przeprowadzenie takiej analizy. Istnieją przykłady badań, w ramach których takie wiercenia wykonywano w bardzo dużej ilości i często na znaczną głębokość (Rotnicki, Młynarczyk, 1989; Wojciechowski, 2000). Badania takie są czasochłonne i wymagają dużego nakładu pracy. Są one nieco łatwiejsze w przypadku, gdy na obszarze badań znajdują się odsłonięcia osadów, które najczęściej są efektem eksploatacji piasków i żwirów.

Nową metodą badań budowy geologicznej i struktury osadów należących do różnych środowisk sedymentacyjnych jest metoda georadarowa. W dużym uproszczeniu opiera się ona na emisji impulsu elektromagnetycznego przez antenę nadawczą urządzenia, wzmocnieniu sygnału odbitego przez antenę odbiorczą oraz jego rejestracji przez jednostkę centralną. Metoda ta stwarza możliwość zapisu odbicia fali elektromagnetycznej zachodzącego na granicy dwóch ośrodków o dużym kontraście stałej dielektrycznej (Karczewski, 2007). Posługując się georadarem, można zatem uzyskać wyraźny zapis budowy geologicznej, a także struktur występujących w podłożu (fałdy – w tym struktury

glacitektoniczne, kliny mrozowe, wypełnienia paleomeandrów i inne) pod warunkiem występowania osadów o dużych różnicach wartości stałej dielektrycznej (piasek/glina, piasek/ił, piasek/torf). Metoda GPR stwarza również możliwość profilowania dna zbiorników wodnych jak również budowy geologicznej osadów dennych. Przy pomocy georadaru prowadzone były badania dotyczące struktury osadów równiny zalewowej (Leclerc, Hickin, 1997), moren czołowych (Sadura et al., 2006), osadów strefy wybrzeża (Jol et al., 2002), struktury form wydmowych (Santalla et al., 2009) czy też identyfikacji starej sieci melioracyjnej (Blumberg et al., 2004).

Należy zaznaczyć, że czynnikami utrudniającymi pomiar i interpretację wyników są: duża różnorodność budowy geologicznej, stopień wilgotności osadów oraz zwierciadło wód gruntowych i zakłócenia zapisane w czasie pomiaru będące efektem odbicia sygnału od znajdującej się w pobliżu obszaru badań infrastruktury powierzchniowej i podziemnej. Innym problemem, szczególnie istotnym w przypadku złożonej budowy geologicznej podłoża, jest określenie skali głębokościowej uzyskanych echogramów (Karczewski, 2007). Dokonuje się jej na podstawie profilowania prędkości fali elektromagnetycznej, pomiaru parametrycznego lub najmniej dokładnego odczytu z tabel prędkości fali dla danego ośrodka (Karczewski, 2007).

Celem prowadzonych badań jest stworzenie bazy danych obejmującej przykłady sygnałów GPR dla różnorodnych środowisk sedymentacyjnych, przy uwzględnieniu zakłóceń jakie towarzyszą pomiarom. W artykule zaprezentowano koncepcję tworzenia takiego atlasu pomiarów oraz przykłady pierwszych echogramów.

2. KONCEPCJA TWORZENIA BAZY DANYCH

W oparciu o pomiary przeprowadzone przy pomocy georadaru MALA ProEx planowane jest stworzenie biblioteki sygnałów w różnych środowiskach sedymentacyjnych z uwzględnieniem zakłóceń towarzyszących pomiarom. Celem projektu jest tworzenie przestrzennej bazy danych dla różnorodnych komponentów środowiska przyrodniczego. Koncepcja utworzenia takiego atlasu przewiduje zebranie sygnałów radarowych dla różnych typów środowisk sedymentacyjnych, w tym m. in.:

- osady aluwialne (piaski i żwiry, osady powodziowe, torfy)
- glacialne (piaski i gliny)
- fluwioglacjalne (piaski i żwiry form fluwioglacjalnych)
- eoliczne (piaski form wydmowych)
- zastoiskowe (iły obszarów zastoiskowych)
- organiczne (torfy i gytie w obrębie torfowisk)

Oddzielną kategorię w planowanej bazie danych można określić jako środowisko antropogeniczne (zapis różnego rodzaju działalności człowieka zapisany w osadach).

Wymienione elementy bazy danych zostaną wzbogacone o dodatkowe podkategorie uwzględniające wpływ różnych czynników powodujących zakłócenia pomiarów prowadzonych w terenie. Zakłócenia te wynikają z wpływu infrastruktury powierzchniowej (budynki, linie energetyczne) i podziemnej (kable, sieć kanalizacyjna) na odczyt sygnału.

Georadar MALA ProEx należy do grupy radarów powierzchniowych. Praca instrumentu oparta jest na pomiarach sygnału za pomocą dwóch anten ekranowanych o zakresach 100MHz i 250 MHz. Wymienione anteny umożliwiają przeprowadzenie pomiaru (w optymalnych warunkach) do głębokości 25 m w przypadku anteny 100 MHz i 8 m w

przypadku anteny 250 MHz (MALA, 2008). Rozdzielczość anten wynosi od 0.1 do 1m (przy częstotliwości 100 MHz) i od 0.05m do 0.5m (przy częstotliwości 250 MHz), w zależności od warunków pomiarowych (Karczewski, 2007). Regulacja parametrów wyjściowych przed rozpoczęciem pomiarów stwarza możliwość rozszerzenia bazy danych o dodatkowe kategorie. Na jakość pomiaru wpływają następujące parametry:

- wielkość okna czasowego (wpływ na zasięg głębokościowy pomiaru; Karczewski, 2007),
- liczba złożeń (liczba sumowań sygnału polegająca na akumulacji i uśrednianiu próbek na zmierzonych trasach; Karczewski, 2007),
- interwał odległościowy pomiaru (poprawia poziomą rozdzielczość uzyskanego obrazu; Karczewski, 2007)
- liczba próbek przypadających na trasę i częstotliwość próbkowania sygnału rejestrowanego

Przy prowadzeniu pomiarów w terenie charakteryzującym się daną budową geologiczną (danym środowiskiem sedimentacyjnym), można posługiwać się różnymi ustawieniami wyżej wymienionych parametrów. W planowanej bazie danych można będzie zamieszczać przykłady pomiarów z danym ustawieniem wyjściowym

Oprogramowanie służące do pomiarów w terenie to pakiet GroundVision 2.0. Do przetworzenia danych z pomiarów terenowych, w celu uzyskania obrazów 3D i eliminacji zakłóceń, służy program ReflexW 5.0 wyposażony jest w zestaw filtrów, za pomocą których można uzyskać wyraźniejszy echogram. Bardziej szczegółowe informacje dotyczące tej aplikacji opisane zostały w opracowaniu Karczewskiego (2007).

3. PRZYKŁADY SYGNAŁÓW GEORADAROWYCH W RAMACH TWORZONEJ BAZY DANYCH

Przedstawione poniżej przykłady sygnałów georadarowych reprezentują takie typy środowisk sedimentacyjnych jak:

- środowisko osadów jeziornych
- środowisko osadów glacialnych ze strukturami peryglacialnymi
- środowisko osadów fluwioglacialnych i glacialnych

Za pomocą metody GPR zbadane zostało również stanowisko archeologiczne w okolicy Szamotuł.

3.1 ŚRODOWISKO OSADÓW JEZIORNYCH (STREFA BRZEGOWA JEZIORA ZBĄSZYŃSKIEGO).

Pomiar wykonano wzdłuż równoleżnikowego profilu przecinającego północną część Jeziora Zbąszyńskiego przy użyciu anten 100MHz (dla strefy brzegowej; rys.1) i 250MHz (dla całego profilu; rys.2). W trakcie pomiarów zastosowano ustawienia przedstawione w tabelach 1 i 2. Obrazy uzyskane z pomiarów przetworzono za pomocą programu ReflexW 5.0 używając następujących filtrów:

- dekonwolucja: filtr ten pozwala na usunięcie wpływu takich czynników jak tłumienie fali elektromagnetycznej w ośrodku geologicznym i zakłóceń wynikających z niejednorodności ośrodka (Karczewski, 2007)

- usuwanie średniej ruchomej (dewow) mające na celu usunięcie niskoczęstotliwościowych zakłóceń (Karczewski, 2007)
- wyrównanie rozbieżności (divergence compensation) – filtr umożliwiający wyrównanie strat pochodzących z rozbieżności geometrycznej (Sandmeier, 2008)
- zanik energii (energy decay): filtr ten działa poprzez obliczenie tempa zaniku energii we wszystkich zmierzonych śladach w danym pomiarze, a odwrotność obliczonej funkcji odnosi do danych pomiarowych (Francke, 2008).

Tabela 1. Ustawienia przy pomiarze anteną 100MHz.

częstotliwość próbkowania sygnału rejestrowanego (MHz)	3 219.1
liczba próbek	3 10
liczba złożań	8
okno czasowe (ns)	9 6.3
odległość między trasami (m)	0 .498

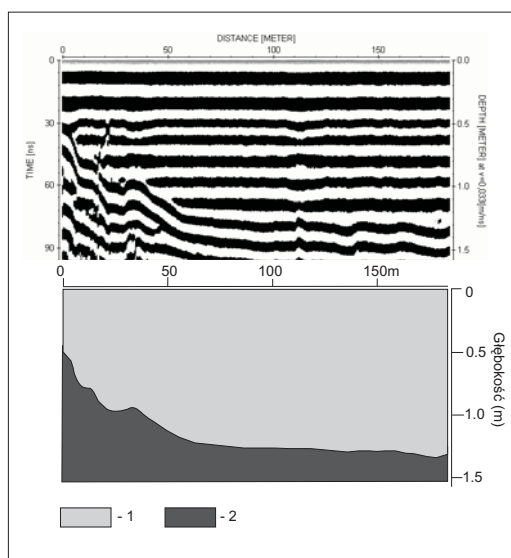
Tabela 2. Ustawienia przy pomiarze anteną 250MHz

częstotliwość próbkowania sygnału rejestrowanego (MHz)	2 263
liczba próbek	1 84
liczba złożań	8
okno czasowe (ns)	8 1.3
odległość między trasami (m)	0. 247

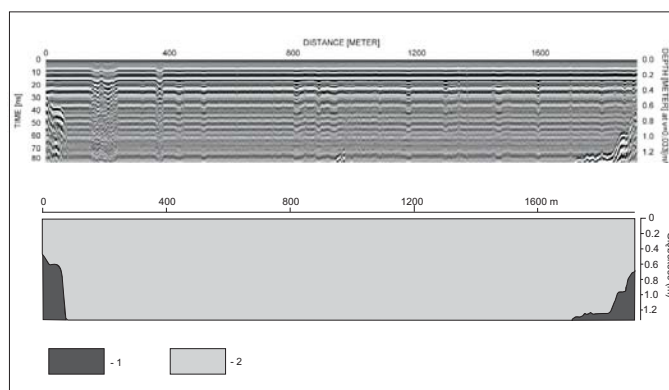
Skalę głębokości przyjęto w tym przypadku w odniesieniu do prędkości fali elektromagnetycznej $V = 0.033 \text{ m ns}^{-1}$. Wartość prędkości określono na podstawie tabeli prędkości fali elektromagnetycznej dla różnych ośrodków (Karczewski, 2007), przyjmując wartość dla wody. Uzyskana w ten sposób głębokość jeziora (rys.1) jest zbliżona do wartości zmierzonych w czasie pomiarów batymetrycznych (Choiński, Borkowski, 2008). Na echogramie widoczne jest ukształtowanie dna jeziora i osady znajdujące się w strefie przydennej.

Pomiar wykonano również na całej długości przekroju (1.9km; rys.2). Widocznym jest jednak, że przy tak długiej linii pomiarowej skala pozioma jest zniekształcona i obie strefy brzegowe są praktycznie niemożliwe do dokładniejszej interpretacji (rys.2). Ponadto przy

zastosowaniu anteny 250MHz emitowany sygnał nie osiąga poziomu dna jeziora w przeważającej większości profilu (rys.2). Zauważyć można natomiast zakłócenia spowodowane przypuszczalnie spękaniem w łodzi i zróżnicowaniem warunków na powierzchni jeziora (czysty, przewiany łód lub nagromadzenia pokrywy śnieżnej (rys.2)).



Rys 1. Echogram strefy brzegowej Jeziora Zbąszyńskiego (pomiar za pomocą anteny 100MHz).



Rys 2. Echogram zmierzony wzdłuż równoleżnikowego przekroju Jeziora Zbąszyńskiego przy użyciu anteny 250MHz.

3.2 ŚRODOWISKO OSADÓW GLACJALNYCH ZE STRUKTURAMI KLINÓW MROZOWYCH.

Pomiar przeprowadzono przy użyciu anten 100MHz i 250MHz na dwóch użytkowanych rolniczo obszarach w Kiekrzu k/Poznań. Wybór profilów pomiarowych oparto na analizie zdjęć lotniczych, na których widoczny jest zapis struktur peryglacjalnych (Kijowski et al., 2009a). Na każdym z obszarów badań wykonano profile pomiarowe obrazujące struktury peryglacjalne różnej wielkości. Pomiar przeprowadzono przy następujących ustawieniach:

Tabela 3. Ustawienia przy pomiarze anteną 100MHz.

częstotliwość próbkowania sygnału rejestrowanego (MHz)	4 184.8
liczba próbek	6 50
liczba złożań	8
okno czasowe (ns)	1 33.8
odległość między trasami (m)	0 .247

Tabela 4. Ustawienia przy pomiarze anteną 250MHz

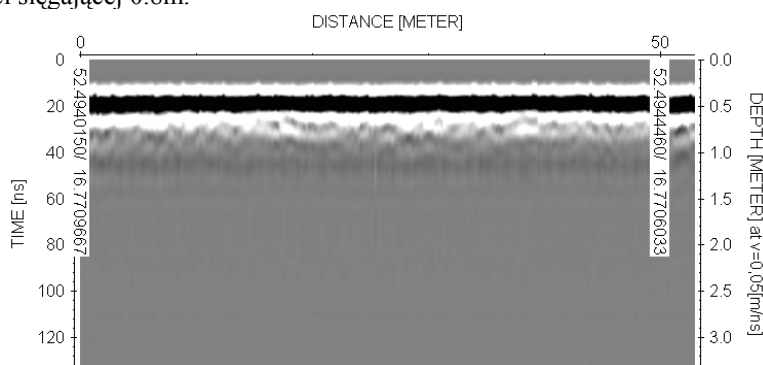
częstotliwość próbkowania sygnału rejestrowanego (MHz)	5 231
liczba próbek	2 46
liczba złożań	8
okno czasowe (ns)	4 7
odległość między trasami (m)	0. 049

Do przetworzenia echogramów użyto filtrów: dekonwolucja, automatyczna regulacja wzmocnienia sygnału (AGC Gain), usuwanie średniej ruchomej (dewow), usuwanie stałej składowej sygnału georadarowego (DC-shift) wykonane ze względu na możliwość przesunięcia linii odniesienia danych pomiarowych (Karczewski, 2007), wyrównanie rozbieżności (div. compensation) i zanik energii (energy decay).

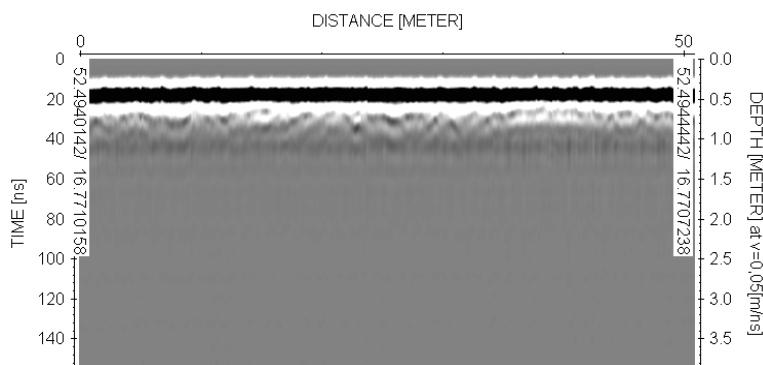
Skalę głębokości określono w tym przypadku w odniesieniu do prędkości fali elektromagnetycznej $V = 0.05 \text{ m ns}^{-1}$. Wartość prędkości określono na podstawie tabeli prędkości fali elektromagnetycznej dla różnych ośrodków (Karczewski, 2007), przyjmując

wartość dla gliny. Ponadto na podstawie przeprowadzonych wierceń stwierdzono, że strop gliny występuje na głębokości 0.6m pod powierzchnią terenu. Przyjęto założenie, że osad ten będzie stanowił wyraźną granicę na echogramach, kontrastującą z leżącymi powyżej osadami piaszczystymi. Na osi rzędnych echogramu odczytano czas, w którym taka granica jest widoczna, a następnie obliczono prędkość fali elektromagnetycznej.

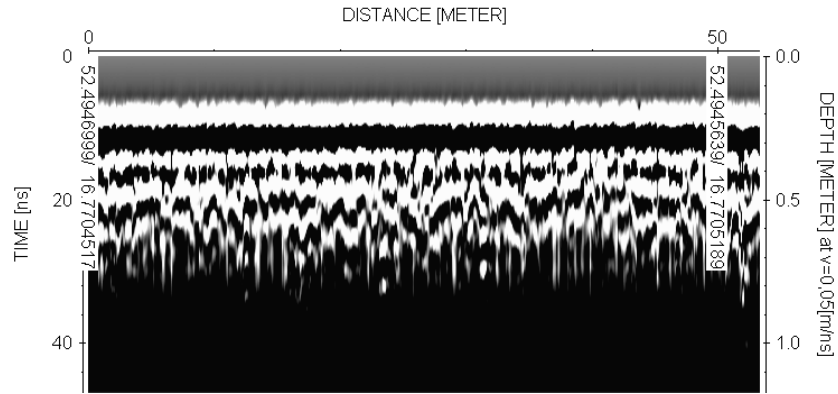
Na rys. 3 przedstawiono echogram ilustrujący struktury klinów mrozowych wykonany przy ustawieniach pomiarowych z tabeli 3. Struktury te są w tym przypadku bardzo słabo widoczne. W celu otrzymania bardziej czytelnego obrazu, w kolejnym pomiarze (rys.4) odległość między trasami zmniejszono do 0.095m. Efektem była bardzo nieznaczna poprawa widoczności struktur peryglacialnych (rys.4). Należy zaznaczyć, że na pierwszym z badanych obszarów kliny mrozowe cechują się stosunkowo niewielkimi rozmiarami (ich szerokość sięga maksymalnie 3m). Kolejny pomiar (rys.5) wykonano przy pomocy anteny 250MHz, charakteryzującej się większą rozdzielczością obrazu, przy ustawieniach przedstawionych w tabeli 4. W tym przypadku otrzymano wyraźny echogram przedstawiający wiele tego rodzaju struktur o szerokości dochodzącej do około 3m i głębokości sięgającej 0.8m.



Rys 3. Echogram ze strukturami klinów mrozowych uzyskany przy pomiarze anteną 100MHz

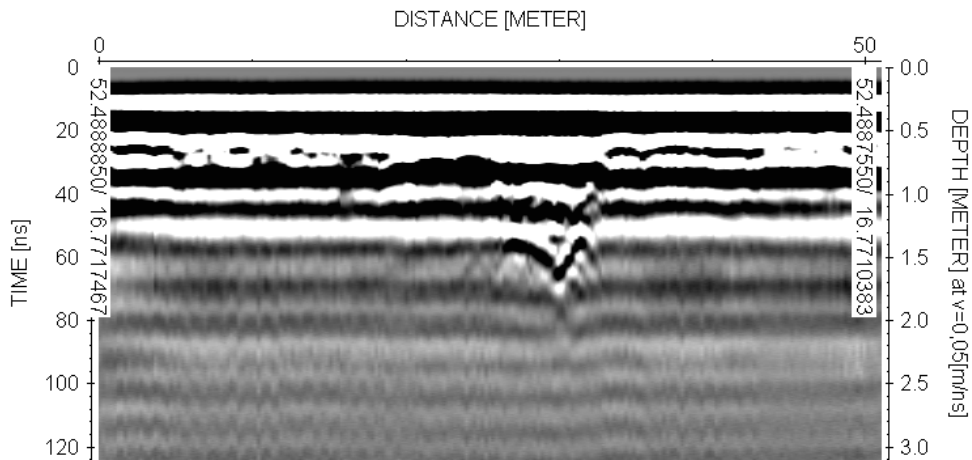


Rys. 4. Echogram ze strukturami klinów mrozowych uzyskany przy pomiarze anteną 100MHz przy zmienionych ustawieniach (zmniejszenie odległości między trasami do 0.095m).

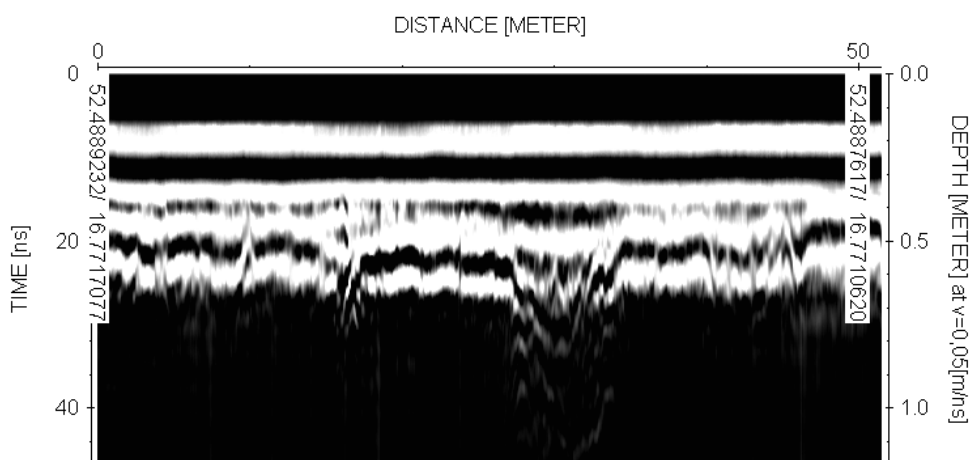


Rys. 5. Echogram ze strukturami klinów mrozowych uzyskany przy pomiarze anteną 250MHz.

Na drugim z badanych obszarów stwierdzono obecność struktur peryglacialnych o większych rozmiarach. Szczegóły dotyczące interpretacji echogramów w połączeniu ze zdjęciami lotniczymi przedstawili Kijowski et al. (2009a). W tym przypadku pomiary zarówno anteną 100MHz jak i 250MHz przyniosły skutek w postaci wyraźnego obrazu klina mrozowego (rys.6 i 7), cechującego się szerokością około 10m i głębokością 1.8m. Przy pomiarze anteną 100MHz zastosowano częstotliwość próbkowania sygnału 5231MHz i okno czasowe 124.3ns.



Rys. 6. Echogram ze strukturą klina mrozowego uzyskany przy pomiarze anteną 100MHz.



Rys. 7. Echogram ze strukturą klina mrozowego uzyskany przy pomiarze anteną 250MHz.

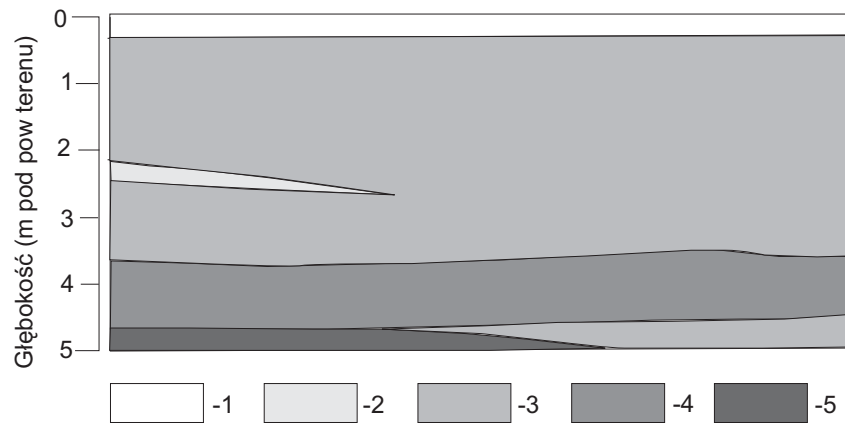
3.3 ŚRODOWISKO OSADÓW FLUWIOGLACJALNYCH I GLACJALNYCH.

Kolejny pomiar przeprowadzono na terenie Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM przy użyciu anteny 250MHz. Obszar ten budują piaski drobnoziarniste oraz piaski pylaste. Pod nimi znajdują się gliny i piaski gliniaste. Informacje o budowie geologicznej otrzymano na podstawie dokumentacji wierceń prowadzonych przy zakładaniu piezometrów. Pomiar przeprowadzono przy następujących ustawieniach (tabela 5):

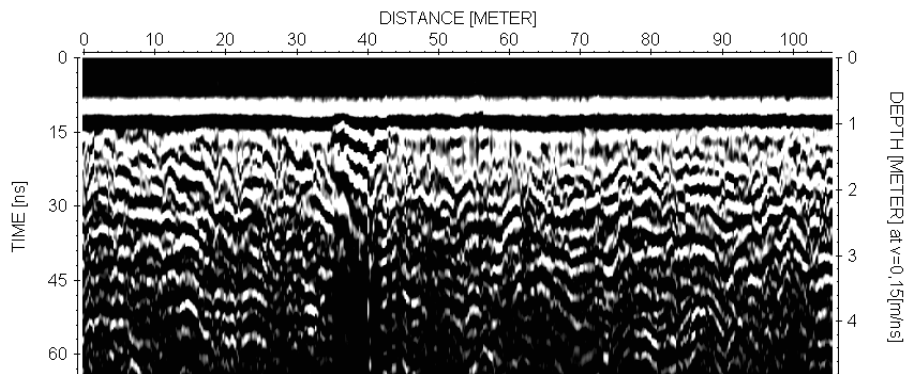
Tabela 5. Ustawienia przy pomiarze anteną 250MHz

częstotliwość próbkowania sygnału rejestrowanego (MHz)	380 4.4
liczba próbek	246
liczba złożań	8
okno czasowe (ns)	64. 7
odległość między trasami (m)	0.2 47

Z przedstawionego profilu geologicznego (rys.8) wynika, że stropową część tworzą osady piaszczyste. Z tego względu skalę głębokości na echogramach skonstruowano w odniesieniu do prędkości fali elektromagnetycznej dla piasków suchych (Karczewski, 2007) $V=0.15 \text{ m ns}^{-1}$. Do przetworzenia sygnału pomiarowego użyto filtrów: dekonwolucja, wzmocnienie AGC (AGC gain), polegające na wyrównaniu amplitudy sygnału na poszczególnych trasach (Karczewski, 2007) oraz zanik energii (energy decay).



Rys. 8. Przekrój geologiczny osadów fluwioglacjalnych i glacialnych. 1 – gleba, 2 – piaski pylaste, 3 – piaski drobnoziarniste, 4 – piaski pylaste z przewarstwieniami gliny piaszczystej, 5 – glina piaszczysta.



Rys. 9. Echogram przedstawiający fluwioglacjalne osady piaszczyste (antena 250 MHz).

Uzyskany echogram nie odzwierciedla układu warstw widocznych na przekroju geologicznym (rys.8). W przeważającej większości tworzą go osady piaszczyste o zbyt małym kontraście stałej dielektrycznej, aby przedstawiony układ warstw mógł być zarejestrowany na echogramie. Otrzymany sygnał (rys.9) może przypuszczalnie ilustrować warstwowanie osadów piaszczystych w lewej części echogramu (10-20 m profilu). Można ponadto zauważyć, że na 40 m profilu widoczny jest wyraźny kontrast (rys.9). Jest to miejsce, w którym znajduje się infrastruktura podziemna (sieć kanalizacyjna lub energetyczna).

3.4 STANOWISKO ARCHEOLOGICZNE JAKO PRZYKŁAD ZAPISU DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA.

W tym przypadku pomiary wykonano przy użyciu anteny 100MHz i 250MHz. Badania przeprowadzono na stanowisku archeologicznym w okolicach Szamotuł. Podczas pomiaru zastosowano następujące ustawienia (tab.6 i 7):

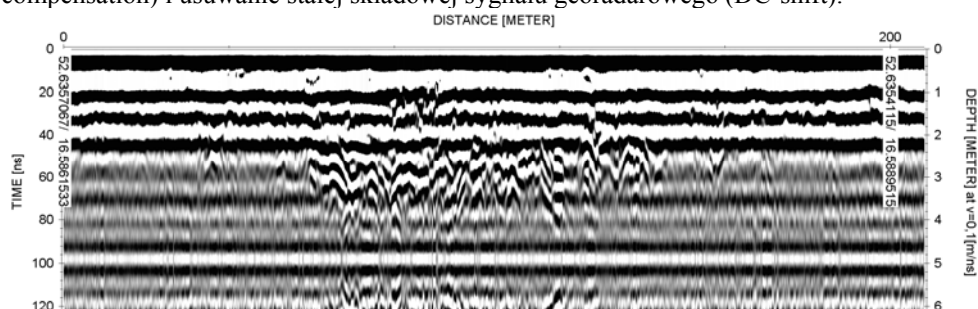
Tabela 6. Ustawienia przy pomiarze anteną 100MHz.

częstotliwość próbkowania sygnału rejestrowanego (MHz)	5 231
liczba próbek	6 50
liczba złożów	8
okno czasowe (ns)	1 24.3
odległość między trasami (m)	0 .099

Tabela 7. Ustawienia przy pomiarze anteną 250MHz.

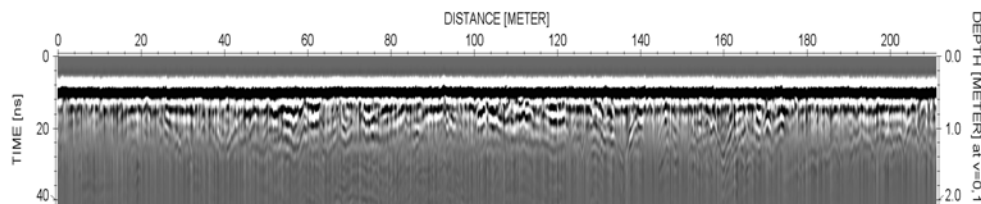
częstotliwość próbkowania sygnału rejestrowanego (MHz)	5978.3
liczba próbek	246
liczba złożów	8
okno czasowe (ns)	41.1
odległość między trasami (m)	0.099

Obrazy uzyskane z pomiarów terenowych przetworzono używając filtrów: dekonwolucja, usuwanie średniej ruchomej (dewow), wyrównanie rozbieżności (divergence compensation) i usuwanie stałej składowej sygnału georadarowego (DC-shift).



Rys. 10. Echogram stanowiska archeologicznego uzyskany przy użyciu anteny 100 MHz.

Na echogramie wykonanym za pomocą anteny 100MHz (rys.10) widoczne są miejsca dawnej lokalizacji podpiwniczonych budynków. Otrzymany sygnał wskazuje na miejsca po istniejących fundamentach, które albo uległy zasypaniu albo zachowały się w postaci wypełnionych odmiennym materiałem mineralnych przestrzeni budynków. Zapis ten można zauważyć w centralnej części profilu nr 1 (60 – 140 m profilu) (rys.10). Z prawej strony (na 160m profilu) widoczna jest struktura w kształcie litery V będąca przypuszczalnie klinem mrozowym lub pozostałością po dawnej sieci melioracyjnej (rys.10).



Rys. 11. Echogram stanowiska archeologicznego uzyskany przy użyciu anteny 250 MHz

Na echogramie będącym efektem pomiaru wykonanego za pomocą anteny 250 MHz również widoczne są ślady po dawnych zabudowaniach. Należy zaznaczyć, że nie są one tak regularnie ułożone jak w przypadku pomiaru anteną 100MHz (rys.10). Antena 250 MHz charakteryzuje się lepszą rozdzielczością (od 0.05 do 0.5m w zależności od warunków pomiarowych; Karczewski, 2007), lecz mniejszym zasięgiem głębokościowym. Trudno jednoznacznie określić, czy zapis uzyskany anteną 250MHz (rys.11) odpowiada głębokościowo obrazowi z anteny 100MHz (rys.11) czy też stanowi informację z warstw przypowierzchniowych. Należy zaznaczyć, że w przypadku tych pomiarów brakowało odniesienia do zweryfikowania skali głębokości ze względu na różnorodność ośrodków geologicznych (profil glebowy, osady zalegające poniżej oraz pozostałości po starej zabudowie) oraz ze względu na brak rozpoznania geologicznego tego obszaru. Połączenie echogramów ze zdjęciami lotniczymi przedstawiono w artykule Kijowskiego et al. (2009b).

Wyżej przedstawione przykłady sygnałów georadarowych stanowią początek tworzonej bazy danych. Pokazują one, że metoda GPR stwarza nowe możliwości analizy różnego rodzaju osadów, szczególnie pod względem struktur, jakie te osady tworzą. Należy jednak zaznaczyć, że metoda ta ma również swoje ograniczenia, szczególnie w przypadku pomiarów prowadzonych w ośrodkach o zbliżonej do siebie stałej dielektrycznej (np. różne rodzaje osadów piaszczystych). Problematyczne jest również określenie skali głębokości w przypadku badań na obszarach o złożonej budowie geologicznej z elementami antropogenicznymi oraz w przypadku braku rozpoznania geologicznego.

4. LITERATURA

Choiński A., Borkowski G., 2008. Waloryzacja jezior dla potrzeb turystyki i wypoczynku. [W:] Młynarczyk Z., Zajadacz A., Uwarunkowania i plany rozwoju turystyki. *Seria Turystyka i Rekreacja – Studia i Prace*, 1, s. 35-58.

- Blumberg D.G., Neta T., Margalit N., Lazar M., Freilikher V., 2004. Mapping exposed and buried drainage systems using remote sensing in the Negev Desert, Israel. *Geomorphology*, 61, s. 239-250.
- Francke J.C., 2008, Report to Forman Chung & Sykes on the ultraGPR void detection survey. Florence Hall Development, Trelawny Paris, Jamaica, s. 1-20.
- Jol H.M., Lawton D.C., Smith D.G., 2002. Ground penetrating radar: 2-D and 3-D subsurface imaging of a coastal barrier spit, Long Beach, WA, USA. *Geomorphology*, 53, s. 165-181.
- Kijowski A., Młynarczyk Z., Słowik M., Zwoliński Z., 2009a. Zdjęcia lotnicze i obrazy radarowe jako technologia geoinformatyczna w identyfikacji struktur peryglacialnych. (artykuł nadesłany na konferencję AGH „Współczesne technologie geoinformacyjne”).
- Kijowski A., Słowik M., Rączkowski W., 2009b. Identyfikacja obiektów archeologicznych przy wykorzystaniu georadaru (GPR) – średniowieczne miasto Szamotuły. (artykuł nadesłany na konferencję AGH „Współczesne technologie geoinformacyjne”).
- Karczewski J., 2007. *Zarys metody georadarowej*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, s. 1-246.
- Leclerc R.F., Hickin E.J., 1997. The internal structure of scrolled floodplain deposits based on ground penetrating radar, North Thompson river, British Columbia. *Geomorphology*, 21, s. 17-38.
- MALA, 2008. ProEx – Professional Explorer Control Unit. Operating Manual v. 2.0. s. 1-60.
- Rotnicki, K., Młynarczyk, Z., 1989: Późnowistuliańskie i holocenijskie formy i osady korytowe środkowej Prosy i ich paleohydrologiczna interpretacja. *Seria Geografia*, 43, UAM, Poznań, s. 1-76.
- Sadura S., Martini I.P., Ewndres A.L., Wolf K., 2006. Morphology and GPR stratigraphy of an end moraine of the Laurentide Ice Sheet: Paris Moraine near Guelph, ON, Canada. *Geomorphology*, 75, s. 212-225.
- Sandmeier K.J., 2008. ReflexW Version 5.0. Windows 9x/NT/2000/XP-program for the processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data, s. 1-476.
- Santalla I.R., Garcia M.J.S., Montes I.M., Ortiz D.G., Crespo T.M., Raventos J.S., 2009. Internal structure of the aeolian sand dunes of El Fangar spit, Ebro Delta (Tarragona, Spain). *Geomorphology*, 104, s. 238-252.
- Wojciechowski A., 2000. Zmiany paleohydrologiczne w środkowej Wielkopolsce w ciągu ostatnich 12000 lat w świetle badań osadów jeziornych rynny kórnicko-zaniemyskiej. *Seria Geografia*, 63, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.

**THE CONCEPTION OF GPR METRICS ATLAS FOR CREATING SPATIAL
DATABASES OF NATURAL ENVIRONMENT COMPONENTS**

KEY WORDS: natural environment, GPR method, spatial database.

SUMMARY: On the basis of measurements done with MALA ProEx ground penetrating radar, it is planned to create a library of GPR signals for various kinds of sedimentary environments, taking into account measurement disturbances. The paper presents a conception of creating such database, including first examples of echograms, which illustrate such sedimentary environments as coastal zone of a water reservoir, periglacial structures (ice wedges), an example of an archaeological site, as well as fluvioglacial and glacial environments. Attention was paid to differences in recording obtained with various adjustments of measurement parameters and to methods of elimination of disturbances, which occurred during the measurement.

Prof. dr hab. Zygmunt Młynarczyk
e-mail: zygmunt@amu.edu.pl
tel. +61 8296218
fax +61 8296216

Dr Marcin Słowik
e-mail: slowikgeo@poczta.onet.pl
tel. +61 8296221