

*Zamawiający:*

**Biuro Projektów i Ekspertyz  
CCI Sp. Z o.o.**  
ul. Robotnicza 69, Długoleśka, 55-095 Mirków  
NIP: 9110007568

Studium naukowo - badawcze

*Temat:*

**BADANIA GEORADAROWE (GPR) GRUNTÓW  
PRZY NAROŻNIKU SW  
MURÓW ZEWNĘTRZNYCH (B)  
ZAMKU JOANNITÓW W ŁAGOWIE LUBISKIM  
(Działka Nr: 130/6)**



*Wykonawca:*

**KART-GEO  
Dr Adam Szynekiewicz**

Wrocław, kwiecień 2018

## SPIS TREŚCI

<b>1.0. WSTĘP.....</b>	<b>3</b>
1.1. Podstawy formalne.....	3
1.2. Cel i zakres badań.....	3
1.3. Teren badań.....	4
 <b>2.0. BADANIA GEORADAROWE (GPR).....</b>	<b>5</b>
2.1. Radar do Penetracji Gruntu (GPR).....	5
2.2. Metodyka badań georadarowych (GPR).....	6
2.3. Metodyka interpretacji geologicznej falogramów georadarowych (GPR).....	7
2.4. Interpretacja falogramów georadarowych: przekroje georadarowe (GPR).....	8
 <b>3.0. PODSUMOWANIE.....</b>	<b>10</b>
<b>4.0. WNIOSKI.....</b>	<b>11</b>
 <b>SPIS FIGUR.....</b>	<b>12</b>
 <b>FIGURY: 1 - 41.....</b>	<b>14 - 38</b>

## REFERENCJE

1. GeoScience MALA
2. Geophysical Survey System, Inc.
3. STRATASCAN SUMO Ltd. Upton Upon Severn, Worcestershire, England
4. [www.eurogpr.org](http://www.eurogpr.org)
5. [www.kart-geo.eu](http://www.kart-geo.eu)

## **1.0. WSTĘP**

### **1.1. Podstawy formalne.**

W kwietniu 2018 roku, Biuro Projektów i Ekspertyz CCI Sp. Z o.o. (Długołęka, ul. Robotnicza 69, 55-095 Mirków, NIP: 9110007568), reprezentowane przez Adama Marka (Wiceprezesa Zarządu), zwane dalej ZAMAWIAJĄCYM, zwróciło się do firmy „KART-GEO” (51-649 Wrocław, ul. Bacciarellego 39/1, NIP 8981161013, REGON: 930989092), zwanej dalej WYKONAWCĄ, o wykonanie „Badań georadarowych (GPR) gruntów przy narożniku SW murów zewnętrznych („B”) Zamku Joannitów w Łagowie Lubuskim, na działce 130/6” (Fig. 1, 2, 3).

Uzgodniono, że wyniki badań (1 egz.) zostaną przekazane ZAMAWIAJĄCEMU do dnia 4.05.2018 r., a rozliczenie finansowe za wykonane badania nastąpi przelewem na konto WYKONAWCY w ciągu 14 od otrzymania rachunku. Ustalono, że ze strony ZAMAWIAJĄCEGO osobą odpowiedzialną za koordynację badań będzie Marta Tomaszewska - Marek, a WYKONAWCĘ będzie reprezentował Adam Szyrkiewicz.

### **1.2. Cel i zakres badań.**

Celem badań było wykonanie bezinwazyjnego monitoringu gruntów występujących gruntów na działce Nr 130/6 w Łagowie Lubuskim (map katastralna: geoportal.gov.pl – Fig. 2), dla uzyskania informacji o ewentualnych fundamentach, kanałach lub resztach konstrukcji występującymi w gruntach.

Do monitoringu gruntów postanowiono wykorzystać metodą georadarową (Radar do Penetracji Gruntu - GPR).

ZAMAWIAJACY określił, że badania GPR będą wykonywane wzdłuż SW narożnika zewnętrznych murów („B”) otaczających zamek, w odległości do 4 m od tego muru, po jego wewnętrznej i zewnętrznej stronie (Fig. 3). Założono, że georadarowy monitoring gruntów powinien być do głębokości około 5 - 8 m, a równoległe przekroje georadarowe (GPR) powinny być wykonane w odstępach co 0,5 m do odległości 4 m od wskazanego muru.

### 1.3. Teren badań.

Łagów Lubuski (Fig. 1), położony jest w Polsce Zachodniej, około 130 km na zachód od Poznania, a między Zieloną Górą i Gorzowem Wielkopolskim (w odległościach około 60 km od tych miejscowości). Miejscowość Łagów znajduje się nad na styku dwóch wąskich, wydłużonych jezior: na północy Jezioro Ciecz (o długości ok. 5 km) oraz na południu Jezioro Łagowskie (o długości około 3 km). Są to jeziora rynnowe, pochodzące z okresu plejstocenijskiej deglacjacji fazy pomorskiej zlodowacenia północno - polskiego (Bałtyckiego). Jeziora oraz miejscowość otoczone są wzgórzami moreny czołowej. Na wzgórzu znajdującym się w przesmyku między jeziorami znajduje się czworoboczna bryła Zamku Joannitów z XIV wieku, z okrągłą wieżą w południowo-wschodnim jego narożniku (Fig. 1B, 2). Zamek i otaczające go mury znajdują się na działce Nr 130/6 (Fig. 2). Wzniesienie między jeziorami, na którym stoi zamek ma wysokość około 120 m n.p.m. (Fig. 3). Zaznaczony jako „A” mur zewnętrzny (tylko po południowej stronie zamku), jest właściwie murem oporowym. Mur zewnętrzny, określany jako „B”, otacza zamek ze wszystkich stron. Mur zewnętrzny „C” zachowany jest tylko po stronie zachodniej, a jego południowym zakończeniem jest Brama Marchijska, przez którą wjeżdża się na ul. Kościuszki, biegnącą wzdłuż południowej części muru „B” (Fig. 3). Między murem „A”, a południową częścią muru „B”, teren jest na wysokości około 112 m n.p.m. (miejscami do 114 m n.p.m.). Wzdłuż wewnętrznej strony tego muru są pojedyncze drzewa. Po zewnętrznej, południowej stronie muru „B”, teren jest na wysokości około 109 m n.p.m. Biegnie tu ul. Kościuszki. (Fig. 3). Mur „B” wznosi się około 8 m ponad ul. Kościuszki. (Fig. 4, 9). Poziom wody w jeziorach jest na wysokości ok. 106,5 m n.p.m.

Badaniami GPR objęte zostały tereny przylegające do południowo zachodniego (SW) muru „B” (Fig. 3). Po południowej, zewnętrznej stronie muru „B” (między narożnikiem a budynkiem Informacji Turystycznej), teren do badań GPR jest niedostępny, gdyż rośną tam gęste krzewy (Fig. 4). Po zachodniej, zewnętrznej stronie muru „B” dużym utrudnieniem w badaniach GPR były parkany oraz drewniane podpory narożnika tego muru (Fig. 5). Po wewnętrznej stronie narożnika SW muru „B” utrudnieniem w badaniach GPR były przyzmy gruzu ceglanego i otoczek skalnych oraz krzewy (Fig. 6, 7). Spodziewane grunty w miejscach badań to holocenijskie utwory antropogeniczne (nasypy), a pod nimi utwory plejstocenijskie morenowe (gliniasto-piaszczysto-żwirowe).

## 2.0. BADANIA GEORADAROWE

### 2.1. Radar do Penetracji Gruntu (GPR).

Radar do Penetracji Gruntu (GPR – Ground Penetrating Radar), nazywany też georadarem, jest elektroniczną aparaturą do badań geofizycznych własności gruntu. Standardowa aparatura GPR składa się z: anteny nadawczej, anteny odbiorczej, jednostki centralnej i komputera przenośnego z monitorem. Elementy te połączone są światłowodami. Urządzenie działa na zasadzie zliczania opóźnień impulsów elektromagnetycznych, o bardzo wysokiej częstotliwości (10 – 1000 MHz), wysyłanych przez antenę nadawczą, które odbite od różnych ośrodków gruntu (granic litologicznych), odbierane są przez antenę odbiorczą i przekazywane na jednostkę centralną, w celu zliczania czasu opóźnień powrotu fali. Przez granice odbijające sygnał radarowy należy rozumieć granice między ośrodkami różniącymi się wartością stałej dielektrycznej. Skały mają różne wartości stałej dielektrycznej. Impulsy wysyłane przez antenę nadawczą wracają z opóźnieniem do anteny odbiorczej i trafiają do jednostki centralnej sterującej systemem, a następnie są przetwarzane i przesyłane do rejestratora (np. dysk twardy przenośnego komputera). W terenie impulsy te obserwowane są przez operatora na monitorze w postaci falogramu czasowego (tj. liniowego, pionowego, przekroju 2D) zmienności parametrów gruntu. Wykres taki można następnie przeliczać, np. na jednostki metryczne, można wydrukować w kolorach (tzw. filtracja – odrębny kolor dla różnych prędkości przechodzenia fal). Uzyskany obraz można porównywać z wzorcowymi obrazami różnych obiektów ukrytych w gruncie lub z wzorcowymi obrazami struktur geologicznych albo z dokumentacją kartograficzną odsłoneń, a także z danymi uzyskanymi z wierceń geologicznych. W stosunku do innych metod geofizycznych, metoda radarowa (GPR) pozwala w terenie na **bezinwazyjne**, liniowe śledzenie budowy geologicznej, to znaczy na śledzenie zmienności litologii i płytkich struktur geologicznych. Stosowanie wymienne anten (o różnej częstotliwości: 10 MHz do 2GHz), zależy od postawionego zadania i założonej głębokości monitoringu gruntu. Im niższa częstotliwość anten tym większy zasięg głębokościowy profilowania. Dla badań geotechnicznych wykorzystuje się anteny o większej częstotliwości, zamknięte w specjalnie ekranowanym pojemniku (**anten ekranowane**).

## 2.2. Metodyka badań georadarowych (GPR).

Terenowe badania georadarowe (GPR) przy murze „B” Zamku Joannitów w Łagowie Lubuskim zostały wykonane w dniach 22 i 23.04.2018 roku, przenośnym radarem do penetracji gruntu RAMAC/GPR produkcji szwedzkiej firmy GeoScience Mala, zasilanym akumulatorami 12V. Do profilowań zastosowano anteny ekranowane, o częstotliwości centralnej 250 MHz, które przesuwane były po powierzchni gruntu. (Fig. 8A). Odległości mierzono kołem pomiarowym odległości.

Rejon badań GPR południowo – zachodniego (SW) muru „B” podzielono na cztery zadania badawcze - tereny badań (Fig. 3):

Zadanie 1: **(SW)1** – wewnętrzna strona muru zachodniego „B” (południowa część);

Zadanie 2: **(SW)2** – wewnętrzna strona muru południowego „B” (zachodnia część);

Zadanie 3: **(SW)3** – zewnętrzna strona muru południowego „B” (zachodnia część);

Zadanie 4: **(SW)4** - zewnętrzna strona muru zachodniego „B” (południowa część).

Na każdym z tych terenów badawczych wyznaczone zostały punkty kontrolne oraz linie bazowe. Na (SW)1 oraz (SW)2 – punkty bazowe: A, B, C, D, E oraz linie bazowe: A – B, A – C, C – D, B – E. Na (SW)4 – punkty kontrolne: F, G, H, J oraz linie bazowe: F – G, H - J (Fig. 3 oraz Fig.10, 11). Na tych terenach prowadzono linie przekrojowe równoległe do murów, w odstępach co 0,5 m (Fig. 7, 10, 11). Na terenie (SW)4 narożnik muru był podparty drewnianymi konstrukcjami dlatego w tym miejscu możliwe było poprowadzenie tylko dwóch linii prostopadłych do muru (Fig. 5, 10, 11)

Dla terenu 3 nie wyznaczano punktów ani linii bazowych, ze względu na niedostępność terenu (krzaki, zarośla). Poprowadzono tylko dwie linie przekrojowe równoległe do muru „B”, od budynku Informacji Turystycznej do narożnika oraz dwie linie prostopadłe do muru „B”: jedna przy budynku Informacji Turystycznej (od muru „B” do ul. Kościuszki, a druga od narożnika SW muru „B” do ul. Kościuszki (Fig. 4, 10, 11).

Po wewnętrznej stronie muru wykonywano badania do głębokości 9 m (7 m?), przy zastosowaniu parametrów pomiarowych: SF = 2774 MHz oraz  $i = 0,02$  m. Natomiast po zewnętrznej stronie murów zastosowano: SF = 4034 MHz oraz  $i = 0,02$  m, co pozwoliło uzyskać dane o budowie geologicznej gruntu do głębokości ok. 5 m.

Na mapach i szkicach położenie linii przekrojowych GPR zaznaczono z dokładnością  $\pm 0,5$  m

Wykonano 30 linii przekrojowych o łącznej długości około 300 mb.

### 2.3. Metodyka interpretacji geologicznej falogramów georadarowych (GPR)

W wyniku przeprowadzonych prac terenowych, dla każdej linii profilowania otrzymano falogramy (echa fal), przeliczone przez jednostkę centralną aparatury i zapisane na dysku twardym komputera (każda linia profilowania oddzielny plik wynikowy). W laboratorium pliki z danymi zostały przeniesione na stacjonarny komputer obliczeniowy i poddane filtracji w programie GroundVision. W celu analizy danych stosowano różne kombinacje filtrów, a otrzymane falogramy tj. obrazy echa odbitych fal elektromagnetycznych (EM), porównywano ze standardowymi obrazami uzyskiwanymi podczas badań eksperymentalnych. Po wybraniu filtrów, wykonaniu filtracji oraz uzyskaniu optymalnego obrazu do interpretacji i odpowiedzi na postawione pytania, a także po kalibracji skali głębokościowej, falogramy zostały eksportowane do programu CorelDraw. W programie tym na falogramy (rysunki przekrojowe w systemie 2D), naniesiono informacje o stronach świata, wykonano interpretację geologiczną pól EM oraz wskazano anomalie GPR. Dla potrzeb wykonywanego studium obrazy echa fal EM wskazujące na odrębne litofacie radarowe rozdzielono (linia kreski przerywanej). Wyróżniono litologiczne facje radarowe (RF): RF 1 – grunty nienaruszone (naturalne); RF 2 – grunty antropogeniczne (nasypowe). Miejsca anomalne wskazujące, że w gruntach mogą być jakieś konstrukcje typu „mur” zaznaczono prostokątami (czarna cienka kreska). Natomiast miejsca gdzie mogą występować rury (kanały?) - zaznaczono owalami.

Dla terenów (SW)3 oraz (SW)4, na prezentowanych falogramach/przekrojach GPR, skala głębokości została wykonana na podstawie przyjęcia szybkości przebiegu fal dla badanych gruntów luźnych  $v = 80$  m/us. Błąd w określaniu głębokości wynosi około  $\pm 0,2$  m. Natomiast dla terenów (SW)1 oraz (SW)2, na prezentowanych falogramach/przekrojach GPR, skala głębokości została wykonana na podstawie przyjęcia szybkości przebiegu fal  $v = 100$  m/us, gdyż było tam na powierzchni gruzu ceglanego oraz otoczków skalnych. Jednakże prawdopodobnie także i dla tych terenów należy przyjąć szybkość rozchodzenia się fal EM:  $v = 80$  m/ms oraz przyjąć, że informacje o gruntach są tylko do głębokości około 7 m, a błąd na tych przekrojach wzrasta wraz z głębokością od 0,5 do 1,5 m (Fig. 8).

Uwagi:

- 1) rysunki w wersji papierowej (WORD) są słabo czytelne, dlatego do dokumentacji dołączona została płyta CD, gdzie wszystkie figury są w wersji JPG, które można powiększyć
- 2) przekroje są przewyższone.

## 2. 4. Interpretacja falogramów georadarowych: przekroje georadarowe (GPR)

Zadanie (SW)1 – wewnętrzna strona muru „B”

Przekrój georadarowy GPR: (SW)1 Lagow (0,5)1 (Fig. 11 oraz Fig. 12).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 4,0 - 5,5 m. Na przekroju nie wykryto anomalii:

Przekrój georadarowy GPR: (SW)1 Lagow (1.0)2 (Fig. 11 oraz Fig. 13).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 4,0 - 5,5 m. Na odcinku przekroju: 0,5 – 1,5 (gł. 3 – 4,5 m) - anomalia typu „mur”(?).

Przekrój georadarowy GPR: (SW)1 Lagow (1,5)3 (Fig. 11 oraz Fig. 14).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 4,0 - 5,5 m. Na odcinku przekroju: 0,0 – 2,0 m (gł. 3 – 4,5 m) - anomalia typu „mur”(?).

Przekrój georadarowy GPR: (SW)1 Lagow (2.0)4 (Fig. 11 oraz Fig. 15).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 4,0 - 5,5 m. Na odcinkach przekroju: 0,0 – 1,5 m oraz 6,6 m (gł. 2 – 5 m) - anomalie typu „mur”(?).

Przekrój georadarowy GPR: (SW)1 Lagow (2,5)5 (Fig. 11 oraz Fig. 16).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3,0 - 5,5 m. Na odcinkach przekroju: 0,5 – 2,0 m (gł. 2,5 – 3,5 m), 5 m (gł. 1,5 – 3,5 m), 7 – 8 m (gł. 1,5 – 3,5 m) 10 – 11 m (gł. 3 – 4 m) - anomalie typu „mur”(?).

Przekrój georadarowy GPR: (SW)1 Lagow 3,0)6 (Fig. 11 oraz Fig. 17).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3 - 5 m. Na odcinkach przekroju: 0,5 – 2,0 m (gł. 2,5 – 4,5 m), 7 – 8 m (gł. 2 – 3,5 m) 11 – 12 m (gł. 2,5 – 4,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

Przekrój georadarowy GPR: (SW)1 Lagow (3,5)7 (Fig. 11 oraz Fig. 18).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3 – 3,5 m. Na odcinkach przekroju: 7 – 8 m, 9 m, 10,5 – 11 m (gł. 1,5 – 3,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

Przekrój georadarowy GPR: (SW)1 Lagow (4,0)8 (Fig. 11 oraz Fig. 19).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3,5 - 4 m. Na odcinkach przekroju: 0 – 1 m (gł. 2,5 – 3,5 m; 8,5 – 9 m (gł. 1 – 3,5 m) - anomalie typu „mur”(?). Możliwe, że na odcinku przekroju: 10 – 11 m (gł. 2 – 3 m) jest w gruntach rura (lub jest to większy głaz narzutowy ?).

Zadanie (SW)2 – wewnętrzna strona muru „B”

Przekrój georadarowy GPR: (SW)2 Lagow (0,5)1 (Fig. 11 oraz Fig. 20).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 4 - 5 m. Na odcinkach przekroju: 0,0 – 0,5 m (gł. 0 – 5 m) oraz 4 m (gł. 2 – 3,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

Przekrój georadarowy GPR: (SW)2 Lagow (1.0)2 (Fig. 11 oraz Fig. 21).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3,5 - 5 m. Na odcinku przekroju: 5 m (gł. 2,5 – 3,5 m) - anomalia typu „mur”(?). Możliwe, że na odcinku przekroju: 9 m (gł. ok. 1 m) jest w gruntach rura.

Przekrój georadarowy GPR: (SW)2 Lagow (1,5)3 (Fig. 11 oraz Fig. 22).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3,5 - 5 m. Na odcinku przekroju: 5 m (gł. 2,5 – 3,5 m) - anomalia typu „mur”(?). Możliwe, że na odcinku przekroju: 9 m (gł. ok. 1 m) jest w gruntach rura.



**Przekrój georadarowy GPR: (SW)2 Lagow (2.0)4** (Fig. 11 oraz Fig. 23).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3,5 – 5,5 m. Na odcinkach przekroju: 5 m (gł. 2,5 – 3,5 m), 11 m (gł. 2 – 3,5 m) - anomalie typu „mur”(?). Możliwe, że na odcinku przekroju: 8,5 m (gł. ok. 1 m) jest w gruntach rura.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)2 Lagow (2,5)5** (Fig. 11 oraz Fig. 24).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3,5 - 4 m. Możliwe, że na odcinku przekroju: 8 m (gł. ok. 1 m) jest w gruntach rura.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)2 Lagow 3,0)6** (Fig. 11 oraz Fig. 25).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3,5 - 4 m. Na odcinku przekroju: 7 - 8 m (gł. 2 – 3,5 m) - anomalie typu „mur”(?). Możliwe, że na odcinku przekroju: 8,5 m (gł. ok. 1 m) jest w gruntach rura.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)2 Lagow (3,5)7** (Fig. 11 oraz Fig. 26).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3 – 3,5 m. Na odcinku przekroju: 0,5 m, (gł. 0,5 – 3,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)2 Lagow (4,0)8** (Fig. 11 oraz Fig. 27).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 3,5 - 4 m. Na odcinku przekroju: 0 – 0,5 m (gł. 0 – 3 m) - anomalie typu „mur”(?). Możliwe, że na odcinku przekroju: 9 m (gł. ok. 1 m) jest w gruntach rura.

**Zadanie (SW)3 – zewnętrzna strona muru „B”**

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)3 Lagow (0,5)1** (Fig. 11 oraz Fig. 28).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 - 3 m. Na odcinkach przekroju: 0,5 – 1,5 m (gł. 1,5 – 2,5 m) oraz 7 m (gł. 1,5 – 2,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)3 Lagow (1.0)2** (Fig. 11 oraz Fig. 29).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 - 3 m. Na odcinkach przekroju: 0,5 – 1,5 m (gł. 1,5 – 2,5 m), 6 – 7 m (gł. 1,5 – 2,5 m) - anomalie typu „mur”(?). Możliwe, że na odcinku przekroju: 9 m (gł. ok. 1 m) jest w gruntach rura.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)3 Lagow (poprzA)** (Fig. 11 oraz Fig. 30).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2,5 m. Na odcinku przekroju: 4 - 5 m (gł. 1,5 – 2,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)3 Lagow (poprzB)** (Fig. 11 oraz Fig. 30).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2,5 m. Na odcinkach przekroju: 0,5 m (gł. 1 - 2,5 m), 5 - 6 m (gł. 1,5 – 2,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

**Zadanie (SW)4 – zewnętrzna strona muru „B”**

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (poprz1.5)A** (Fig. 11 oraz Fig. 31).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2,0 - 3,5 m. Na przekroju nie wykryto anomalii.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (poprz2.5)B** (Fig. 11 oraz Fig. 32).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 – 2,5 m. Na przekroju nie wykryto anomalii.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (0,5)1** (Fig. 11 oraz Fig. 33).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2,0 m. Na przekroju nie wykryto anomalii.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (1.0)2** (Fig. 11 oraz Fig. 34).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2,0 m. Na odcinku przekroju: 2 - 3 m (gł. 1,5 - 2 m) - anomalia typu „mur”(?). Możliwe, że na odcinku przekroju: 9 m (gł. ok. 1 m) jest w gruntach rura.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (1,5)3** (Fig. 11 oraz Fig. 35).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 - 2,5 m. Na odcinkach przekroju: 0,5 m (gł. 1,5 - 2,5 m), 5 - 5,5 m (gł. 1,5 - 2,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (2.0)4** (Fig. 11 oraz Fig. 36).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 - 3 m. Na odcinkach przekroju: 1,5 - 2,0 m (gł. 1,5 - 2,5 m), 4,5 m (gł. 1,5 - 2,5 m) - anomalie typu „mur”(?).

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (2,5)5** (Fig. 11 oraz Fig. 37).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 m. Na przekroju nie wykryto anomalii.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow 3,0)6** (Fig. 11 oraz Fig. 38).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 - 2,5 m. Na przekroju nie wykryto anomalii.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (3,5)7** (Fig. 11 oraz Fig. 39).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 m. Na przekroju nie wykryto anomalii.

**Przekrój georadarowy GPR: (SW)4 Lagow (4,0)8** (Fig. 11 oraz Fig. 40).

Grunty naruszone (antropogeniczne): do gł. 2 m. Na przekroju nie wykryto anomalii..

### **3.0. PODSUMOWANIE**

Z przekrojów georadarowych (GPR), wynika, że po wewnętrznej stronie narożnika SW muru „B” występują grunty nasypowe (antropogeniczne) sięgające od powierzchni do głębokości 3 - 5 m (przy przyjęciu skali głębokości  $v = 100$  m/us). Jednakże możliwe jest, że ich miąższość jest mniejsza, ok. 2,5 - 4 m (jeśli przyjmujemy skalę głębokości dla  $v = 80$  m/us). Po stronie zewnętrznej narożnika muru „B” grunty nasypowe sięgają do głębokości 2 - 3 m od powierzchni terenu ( $\pm 0,2$  m).

Wykryte na przekrojach GPR miejsca anomalne, z dokładnością  $\pm 0,5$  m, naniesiono na mapę terenów badań (SW)1, 2, 3, 4 (Fig. 41).

Na terenie (SW)1 – jest duży rozrzut położenia wykrytych anomalii i na obecnym etapie badań trudno jest określić: czy są to błędy wynikające uderzania anteny o powierzchniowe przeszkody czy też wynikające z błędów filtracji. Przy południowej strefie wzdłuż muru południowego zarysowuje się jakiś obraz zespołu anomalii „b”.

Na terenie (SW)2 – zastanawiający jest zespół anomalii „a”, który sugeruje, że w gruntach, na głębokości około 1 m, może być ukryta struktura typu „rura” (lub

„kanał”?). Linie przekrojowe nie potwierdzają występowania zespołu anomalii „a” wykrytego przekrojami wykonanymi dla terenu (SW)1.

Na terenie (SW)3 – anomalie zostały wykryte w kilku miejscach. Jednakże jest zbyt mało linii przekrojowych aby stwierdzić zespoły anomalne.

Na terenie (SW)4 - duży rozrzut położenia wykrytych anomalii i na obecnym etapie badań trudno jest określić: czy są to błędy wynikające uderzania anteny o powierzchniowe przeszkody czy też wynikające z błędów filtracji.

#### **4.0. WNIOSKI**

Na podstawie przeprowadzonych badań georadarowych (GPR), na działce 130/6, przy SW narożniku zewnętrznych murów „B” Zamku Joannitów w Łagowie Lubuskim, nasuwają się następujące wnioski:

1. Monitoring georadarowy (GPR) gruntów wykonano do głębokości około 9 m (lub 7 m) po stronie wewnętrznej muru „B” oraz do głębokości około 5 m po stronie zewnętrznej tego muru.
2. Po stronie wewnętrznej muru „B” utwory antropogeniczne (nasypowe) sięgają do głębokości około 3 – 5 m (lub 3 – 4 m?), natomiast po stronie zewnętrznej tego muru utwory antropogeniczne (nasypowe) sięgają do głębokości około 2 – 3 m.
3. Po zewnętrznej stronie muru „B” jest duży rozrzut wykrytych anomalii i trudno prognozować struktury konstrukcyjne w gruntach.
4. Po stronie wewnętrznej SW narożnika muru „B” wykryte zostały dwa zespoły anomalii: „a” oraz „b” (Fig. 41). Zespół anomalii „a” sugeruje, że w gruntach (na gł. ok. 1 m) może występować struktura typu „rura” (lub typu „kanał”??). Natomiast zespół anomalii „b” to struktury typu „mur”. Jednakże nie zostały one potwierdzone na krzyżujących się przekrojach.
5. Weryfikacja uzyskanych danych georadarowych oraz identyfikacja wykrytych anomalii GPR powinna nastąpić po uzyskaniu danych z odsłonień lub na podstawie kontrolnych szurfów badawczych.

## SPIS FIGUR

- Fig. 1. Łagów Lubuski. A - położenie na mapie ogólnej; B – położenie na mapie topograficznej (wg geoportal.gov.pl)
- Fig. 2. Łagów Lubuski. Zamek Joannitów na działce Nr 130/6 – rejon badań GPR w 2018 roku. (Mapa Katastralna, wg geoportal.gov.pl)
- Fig. 3. Łagów Lubuski. Zamek Joannitów na działce Nr 130/6 – rejon badań GPR w 2018 roku. Sytuacja topograficzna SW narożnika zewnętrznych („B”) murów Zamku Joannitów. 1, 2, 3, 4 – zadania badawcze
- Fig. 4. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”), Zadanie 3. – teren badań po południowej, zewnętrznej stronie muru („B”):  
A – widok od strony południowej; B – widok od strony zachodniej.  
(zielone strzałki – przekroje GPR)
- Fig. 5. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”), Zadanie 4. – teren badań po zachodniej, zewnętrznej stronie muru („B”):  
A) widok od strony południowej; B) widok od strony południowo-zachodniej.  
F, H, J – punkty bazowe i łączące je linie bazowe; zielone strzałki – przekroje GPR  
(położenie orientacyjne)
- Fig. 6. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”), Zadanie 1, 2. – tereny badań po wewnętrznej stronie muru („B”):  
A – widok od strony północnej; B – widok od strony wschodniej.
- Fig. 7. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”),  
A) zadanie 1 – teren badań po wewnętrznej stronie muru („B”), widok od strony południowej;  
B) zadanie 2 – teren badań po wewnętrznej stronie muru („B”), widok od strony zachodniej.  
C, D, B, E – punkty bazowe i łączące je linie bazowe; zielone strzałki – przekroje GPR  
(położenie orientacyjne)
- Fig. 8. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Metodyka badań terenowych.  
A) Anteny ekranowane 250 MHz RAMAC/GPR.  
B) Teoretyczny błąd głębokości na przekrojach GPR – przykładowy ten sam przekrój przeliczony dla różnych szybkości rozchodzenia się fal EM w gruntach:  $v = 100$  m/us oraz  $v = 80$  m/us
- Fig. 9. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”).  
(zdjęcia ZAMAWIAJACEGO)  
A – fragment południowy mur zachodniego („B”)  
B – fragment zachodni mur południowego („B”)  
(zielone strzałki – położenie i kierunek przekrojów GPR)
- Fig. 10. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”).  
Zadania: 1, 2, 3, 4 – tereny badań GPR  
A, B, C, D, E, F, G, H, J, K – punkty kontrolne i łączące je linie bazowe; zielone strzałki – przekroje GPR
- Fig. 11. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”).  
Szkic położenia linii przekrojowych GPR wraz z ich numerami.  
Zadania: 1, 2, 3, 4 – tereny badań GPR  
A, B, C, D, E, F, G, H, J – punkty bazowe i łączące je linie bazowe;  
zielone strzałki – przekroje GPR
- Fig. 12. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(0.5)1
- Fig. 13. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(1.0)2
- Fig. 14. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(1.5)3

Fig. 15. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(2.0)4

Fig. 16. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(2.5)5

Fig. 17. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(3.0)6

Fig. 18. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(3.5)7

Fig. 19. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(4.0)8

Fig. 20. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(0.5)1

Fig. 21. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(1.0)2

Fig. 22. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(1.5)3

Fig. 23. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(2.0)4

Fig. 24. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(2.5)5

Fig. 25. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(3.0)6

Fig. 26. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(3.5)7

Fig. 27. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(4.0)8

Fig. 28. Przekrój georadarowy GPR: (SW)3Lagow(0.5)1

Fig. 29. Przekrój georadarowy GPR: (SW)3Lagow(1.0)2

Fig. 30. Przekrój georadarowy GPR: (SW)3Lagow (poprz. A, B)

Fig. 31. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (poprz. 1.5)A

Fig. 32. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (poprz. 2.5)B

Fig. 33. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (0.5)1

Fig. 34. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (1.0)2

Fig. 35. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (1.5)3

Fig. 36. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (2.0)4

Fig. 37. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (2.5)5

Fig. 38. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (3.0)6

Fig. 39. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (3.5)7

Fig. 40. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (4.0)8

Fig. 41. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”),  
Anomalie georadarowe (GPR)



FIGURY



Fig. 1. Łagów Lubuski. A - położenie na mapie ogólnej; B – położenie na mapie topograficznej (wg geoportal.gov.pl)





Fig. 2. Łąków Lubuski. Zamek Joannitów na działce Nr 130/6 – rejon badań GPR w 2018 roku.  
(Mapa Katastralna, wg geoportal.gov.pl)

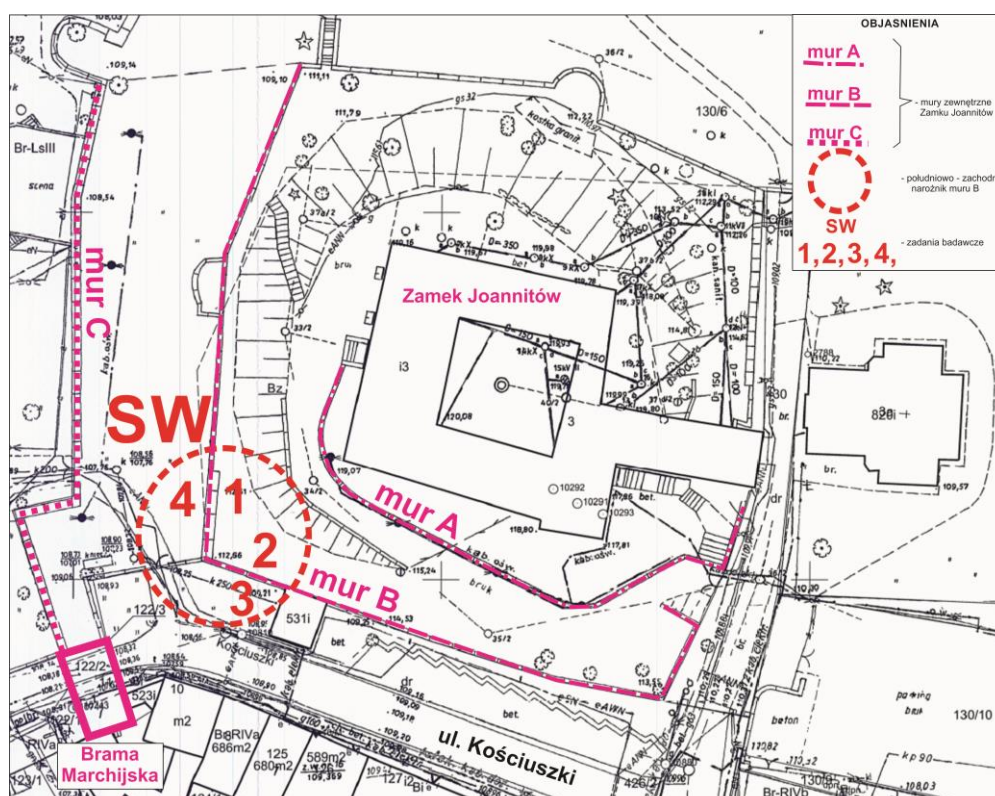


Fig. 3. Łąków Lubuski. Zamek Joannitów na działce Nr 130/6 – rejon badań GPR w 2018 roku.  
Sytuacja topograficzna SW narożnika zewnętrznych („B”) murów Zamku Joannitów.  
1, 2, 3, 4 – zadania badawcze





Fig. 4. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”),  
 Zadanie 3. – teren badań po południowej, zewnętrznej stronie muru („B”):  
 A – widok od strony południowej; B – widok od strony zachodniej.  
 (zielone strzałki – przekroje GPR)



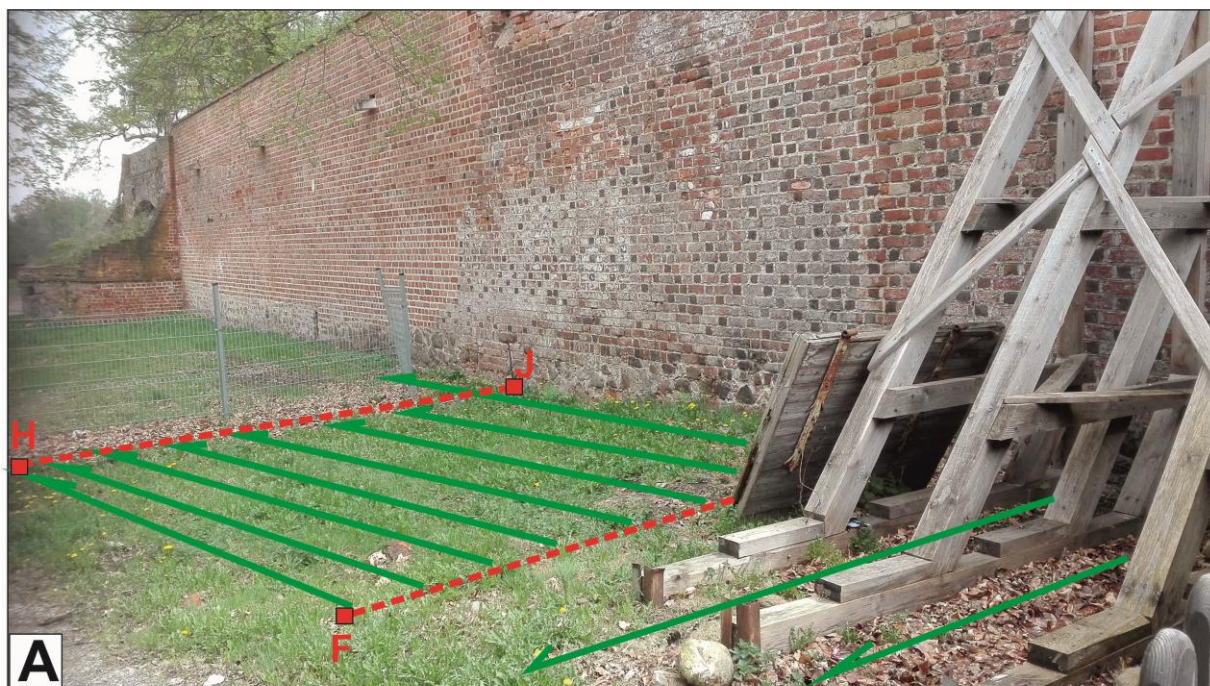


Fig. 5. Żagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”),  
 Zadanie 4. – teren badań po zachodniej, zewnętrznej stronie muru („B”):  
 A) widok od strony południowej; B) widok od strony południowo-zachodniej.  
 F, H, J – punkty bazowe i łączące je linie bazowe; zielone strzałki – przekroje GPR  
 (położenie orientacyjne)





Fig. 6. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”),  
Zadanie 1, 2. – tereny badań po wewnętrznej stronie muru („B”):  
A – widok od strony północnej; B – widok od strony wschodniej.



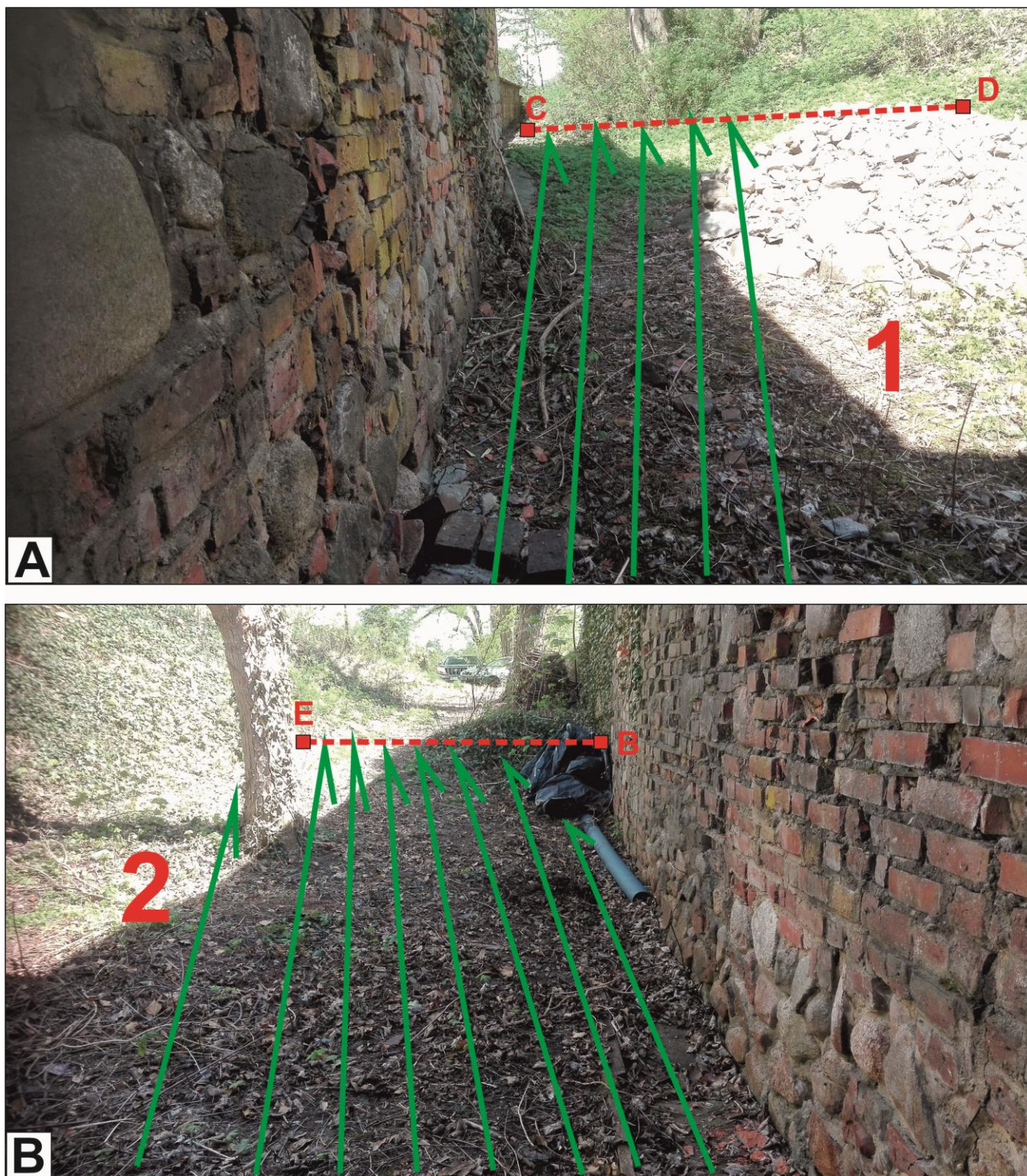


Fig. 7. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”),  
 A) zadanie 1 – teren badań po wewnętrznej stronie muru („B”), widok od strony południowej;  
 B) zadanie 2 – teren badań po wewnętrznej stronie muru („B”), widok od strony zachodniej.  
 C, D, B, E – punkty bazowe i łączące je linie bazowe; zielone strzałki – przekroje GPR  
 (położenie orientacyjne)



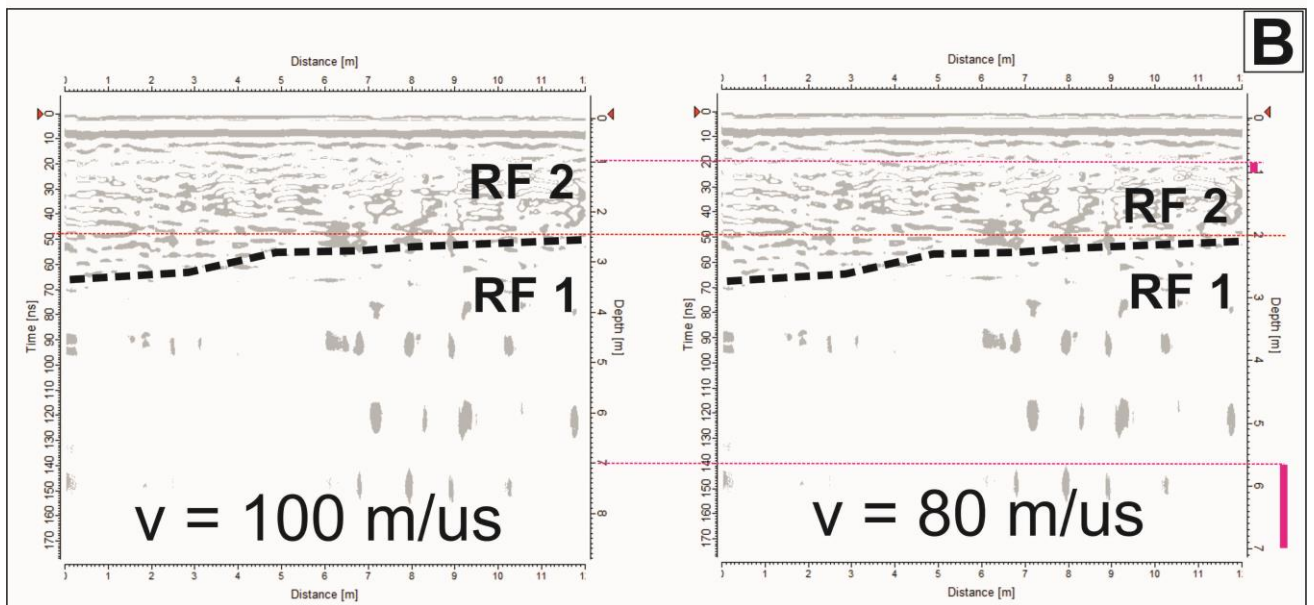


Fig. 8. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Metodyka badań terenowych.

C) Anteny ekranowane 250 MHz RAMAC/GPR.

B) Teoretyczny błąd głębokości na przekrojach GPR – przykładowy ten sam przekrój przeliczony dla różnych szybkości rozchodzenia się fal EM w gruntach:

$v = 100 \text{ m/us}$  oraz  $v = 80 \text{ m/us}$

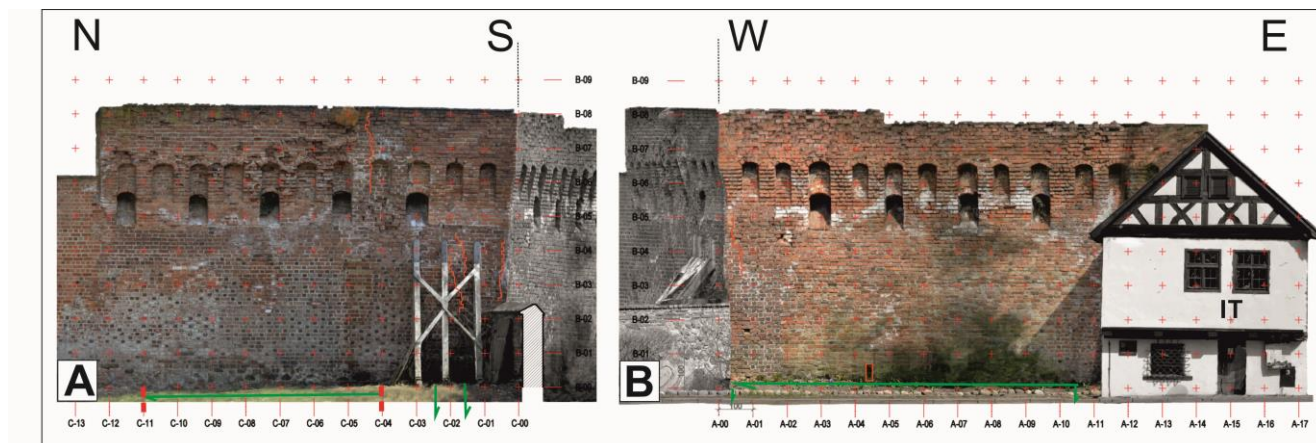


Fig. 9. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”).  
(zdjęcia ZAMAWIAJACEGO)

A – fragment południowy mur zachodniego („B”)  
B – fragment zachodni muru południowego („B”)  
(zielone strzałki – położenie i kierunek przekrojów GPR)

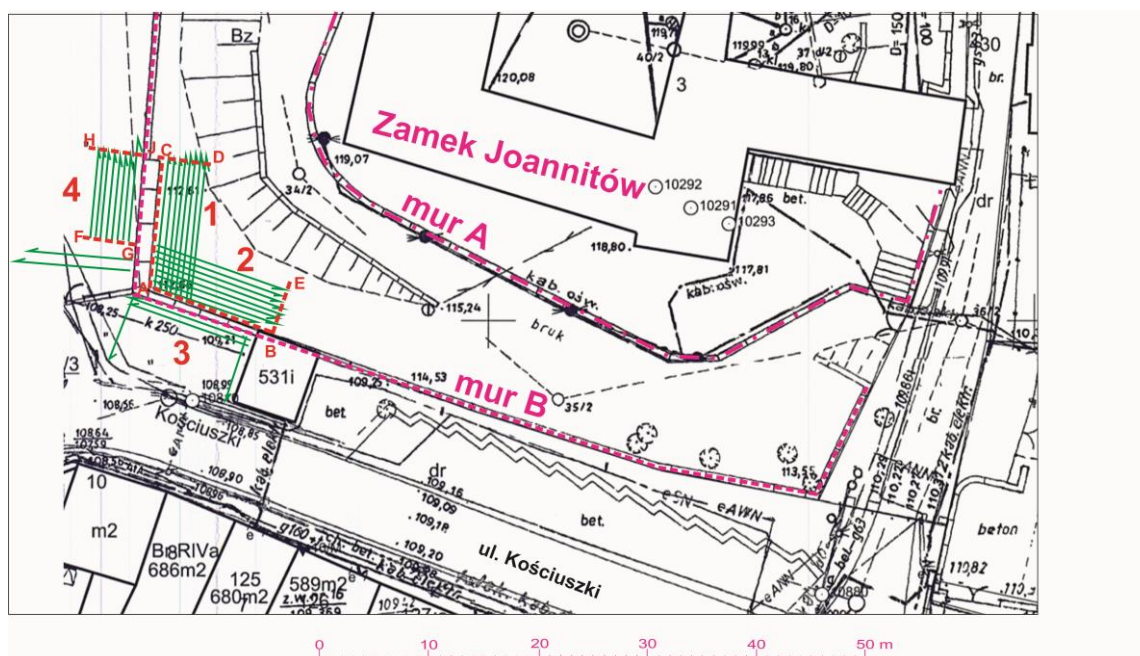


Fig. 10. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”).

Zadania: 1, 2, 3, 4 – tereny badań GPR

A, B, C, D, E, F, G, H, J, K – punkty kontrolne i łączące je linie bazowe; zielone strzałki – przekroje GPR



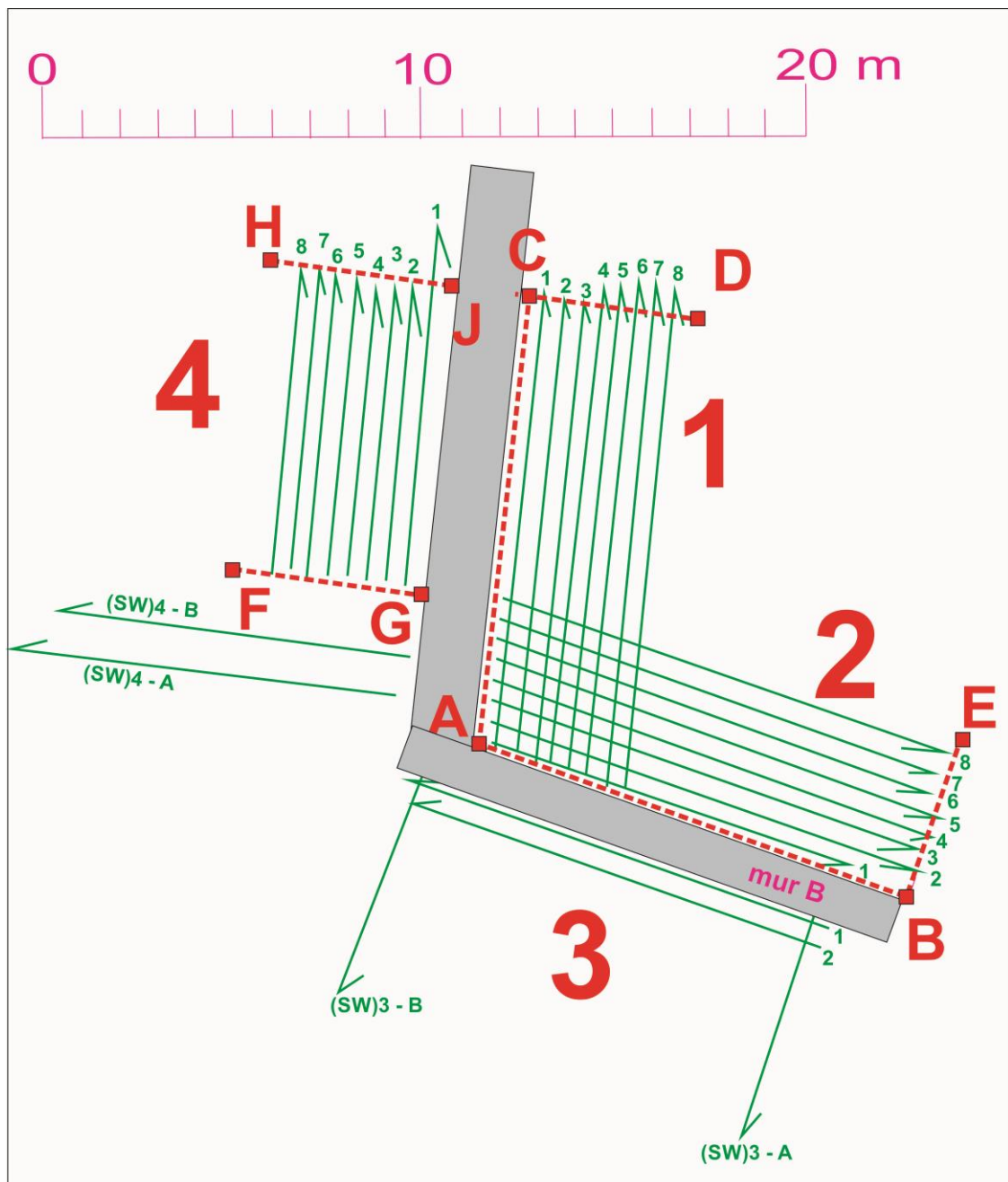


Fig. 11. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”).  
 Szkic położenia linii przekrojowych GPR wraz z ich numerami.  
 Zadania: 1, 2, 3, 4 – tereny badań GPR  
 A, B, C, D, E, F, G, H, J – punkty bazowe i łączące je linie bazowe; zielone strzałki – przekroje GPR

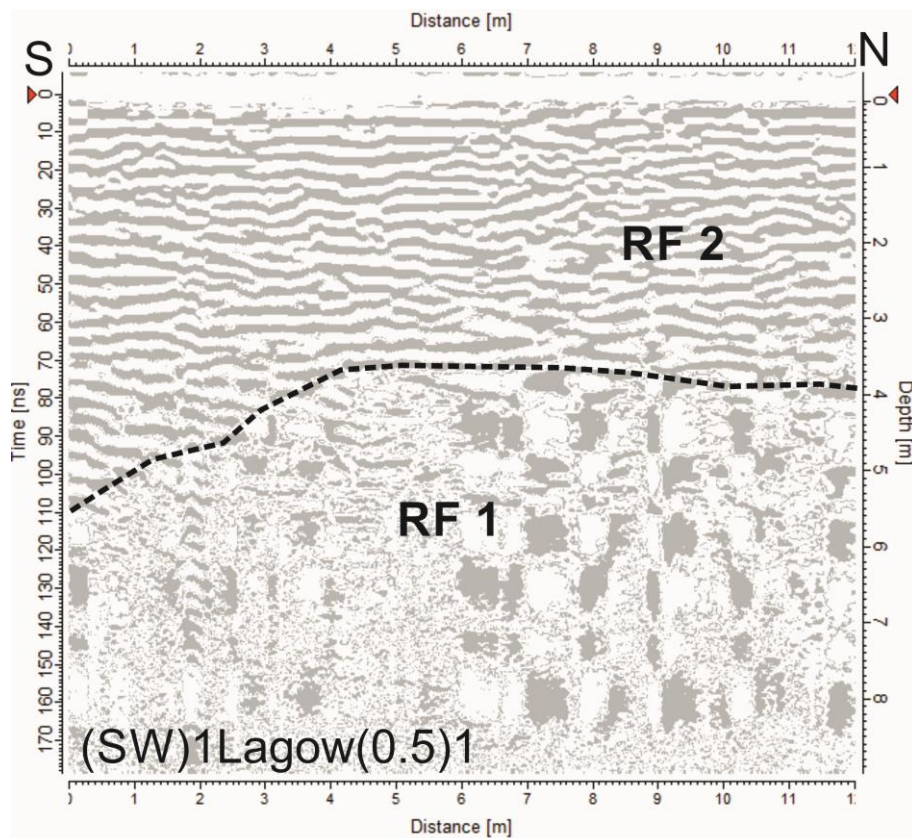


Fig. 12. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(0.5)1

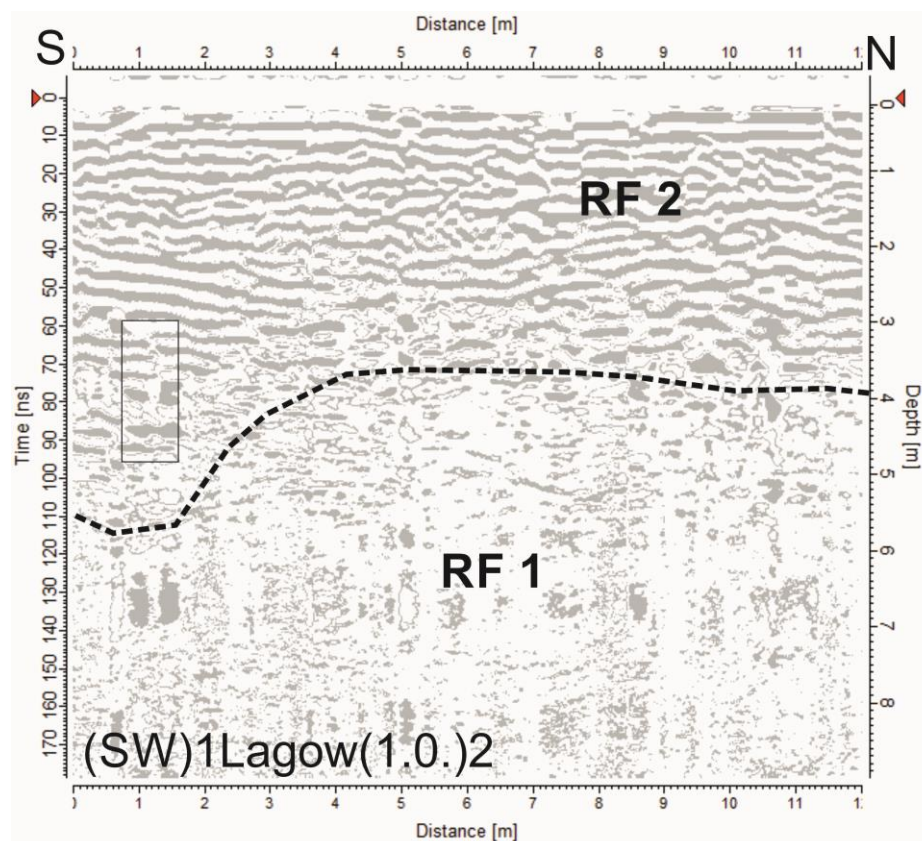


Fig. 13. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(1.0)2



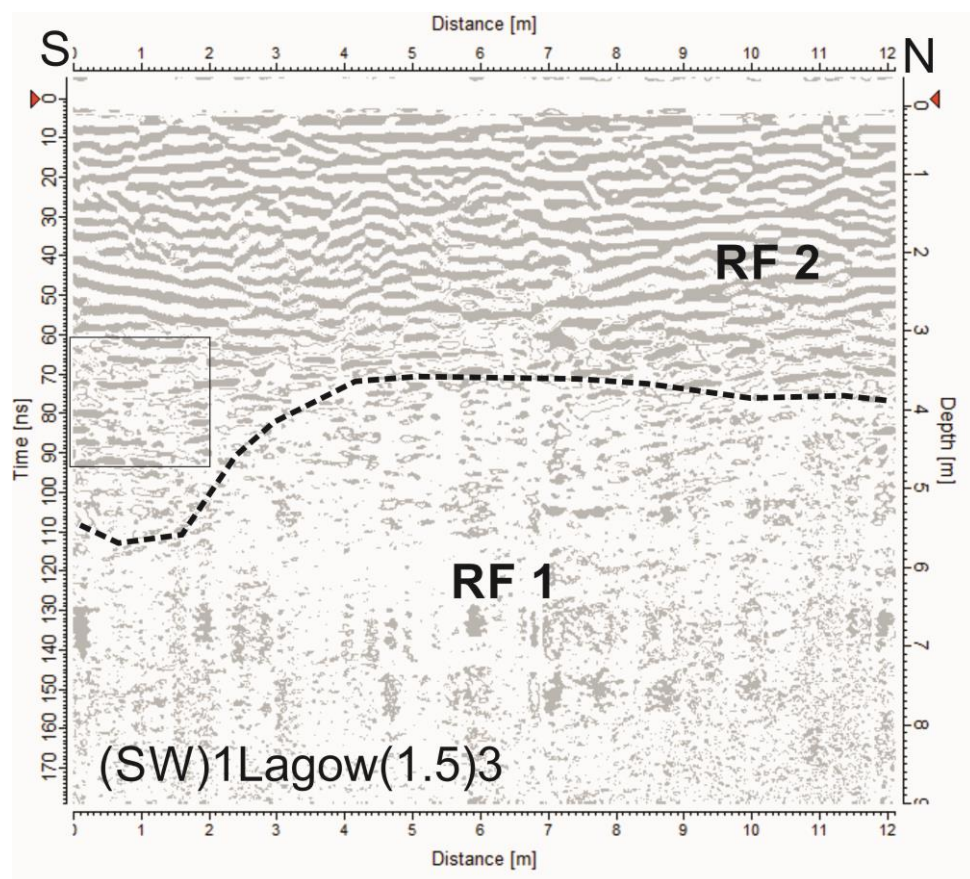


Fig. 14. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(1.5)3

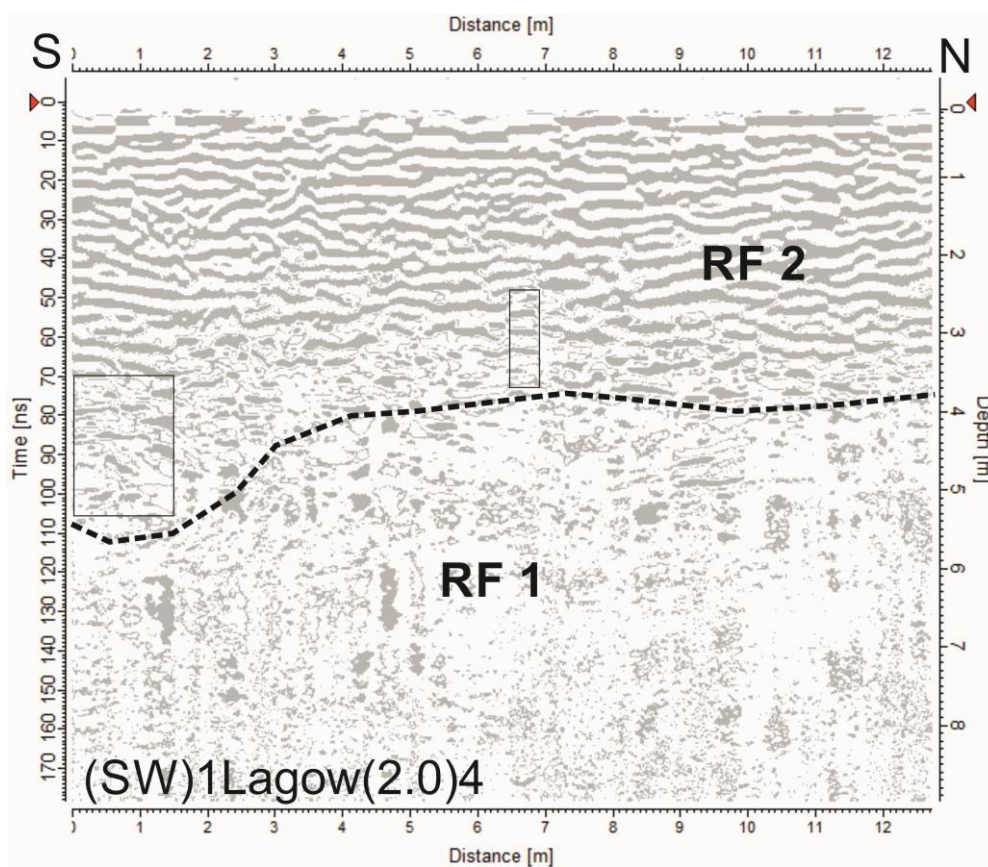


Fig. 15. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(2.0)4



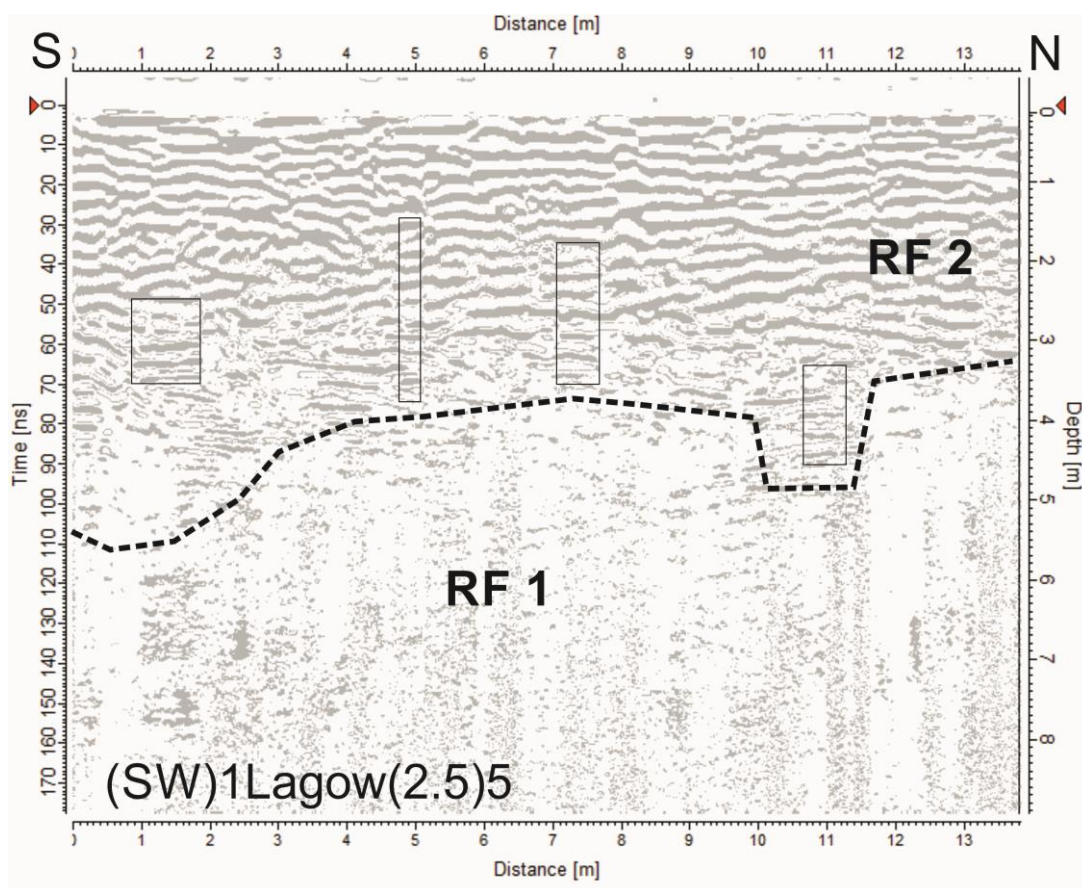


Fig. 16. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(2.5)5

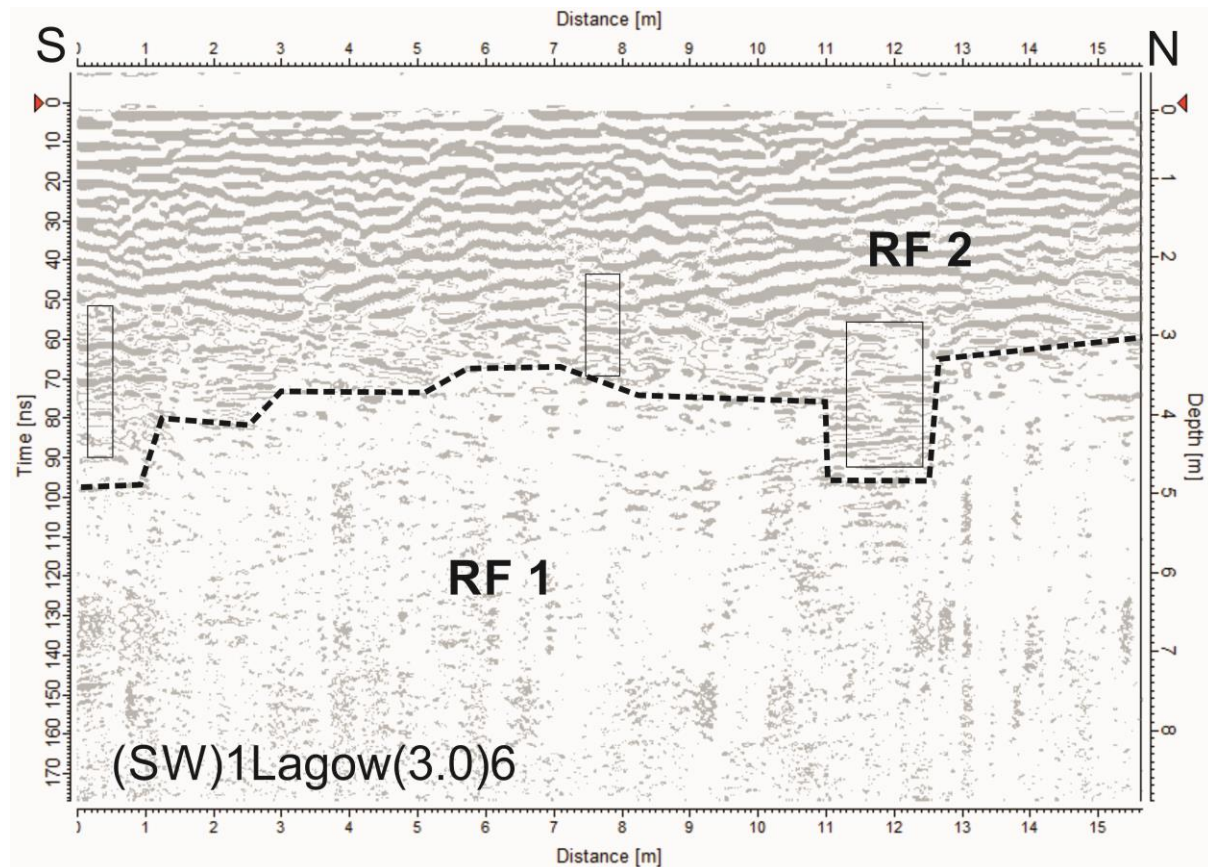


Fig. 17. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(3.0)6



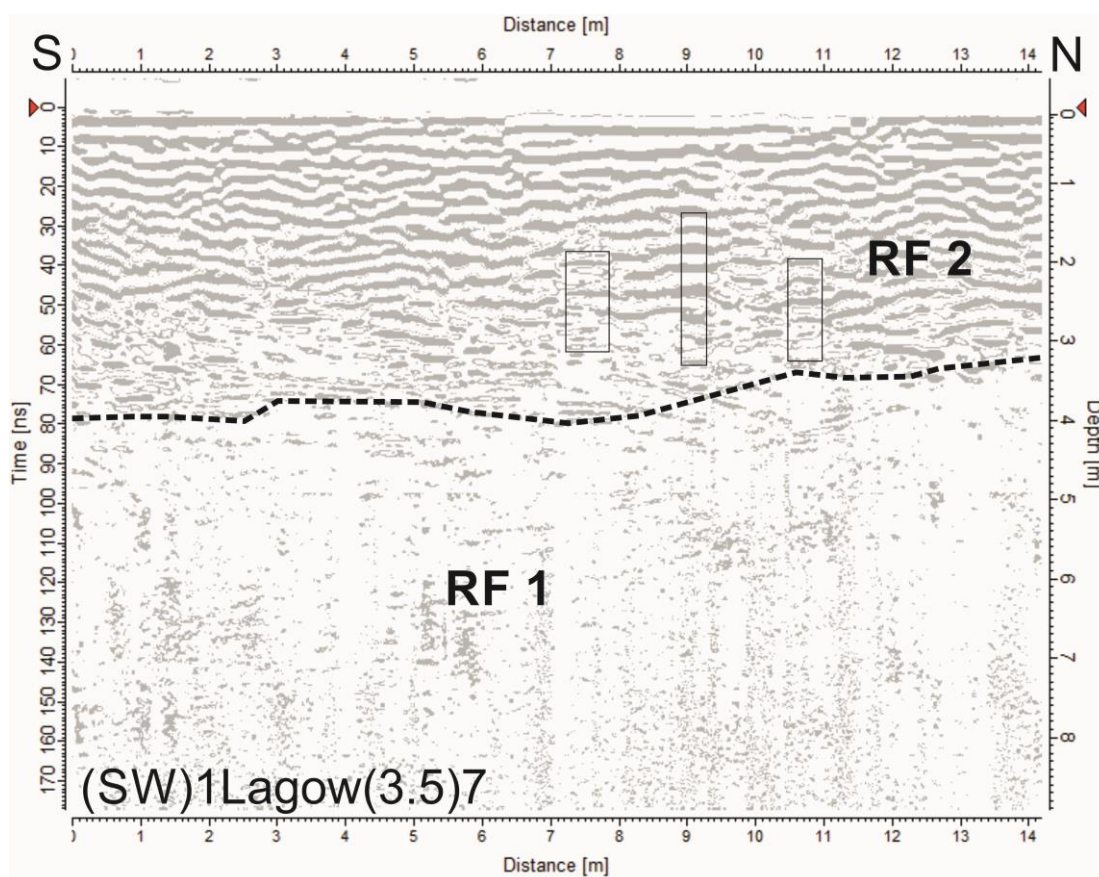


Fig. 18. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(3.5)7

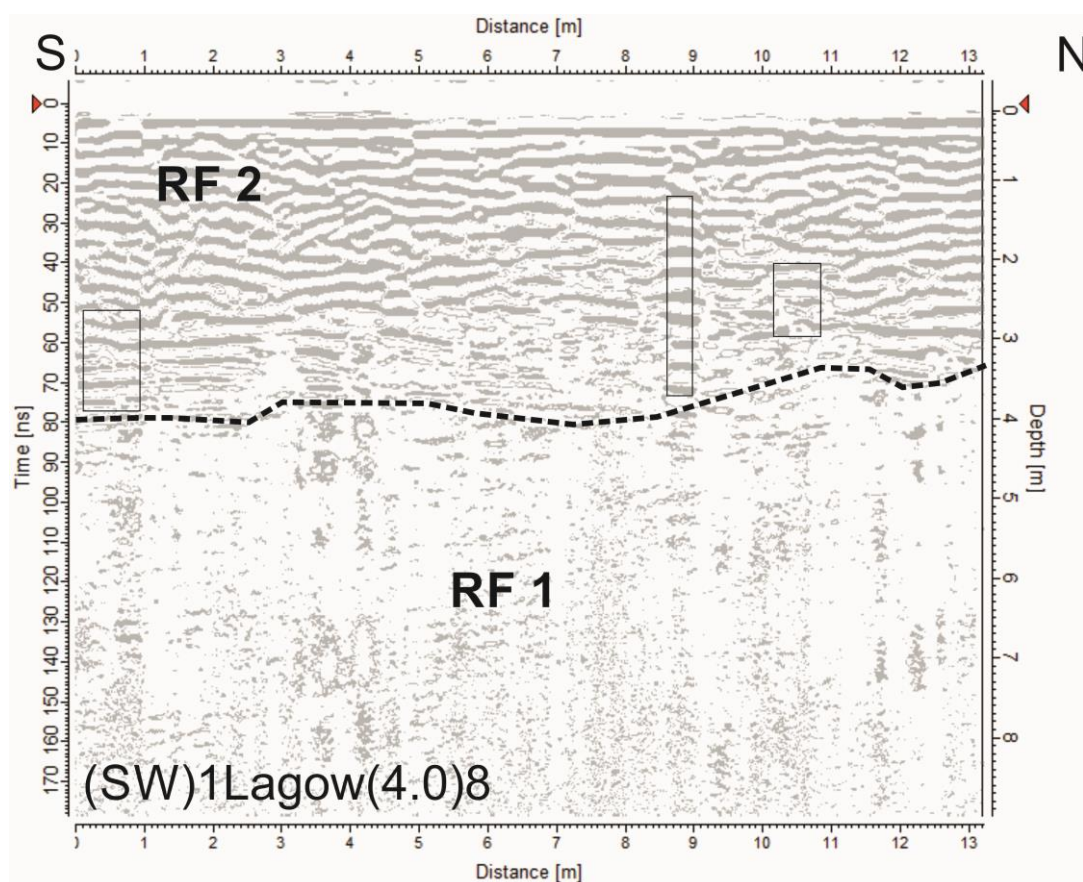


Fig. 19. Przekrój georadarowy GPR: (SW)1Lagow(4.0)8

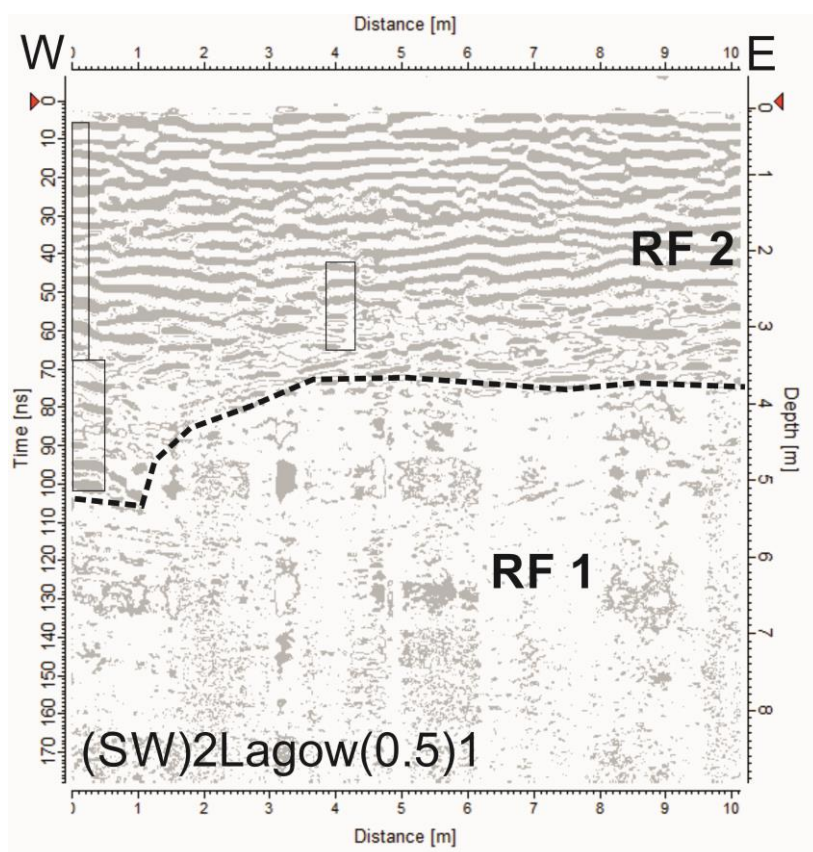


Fig. 20. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(0.5)1

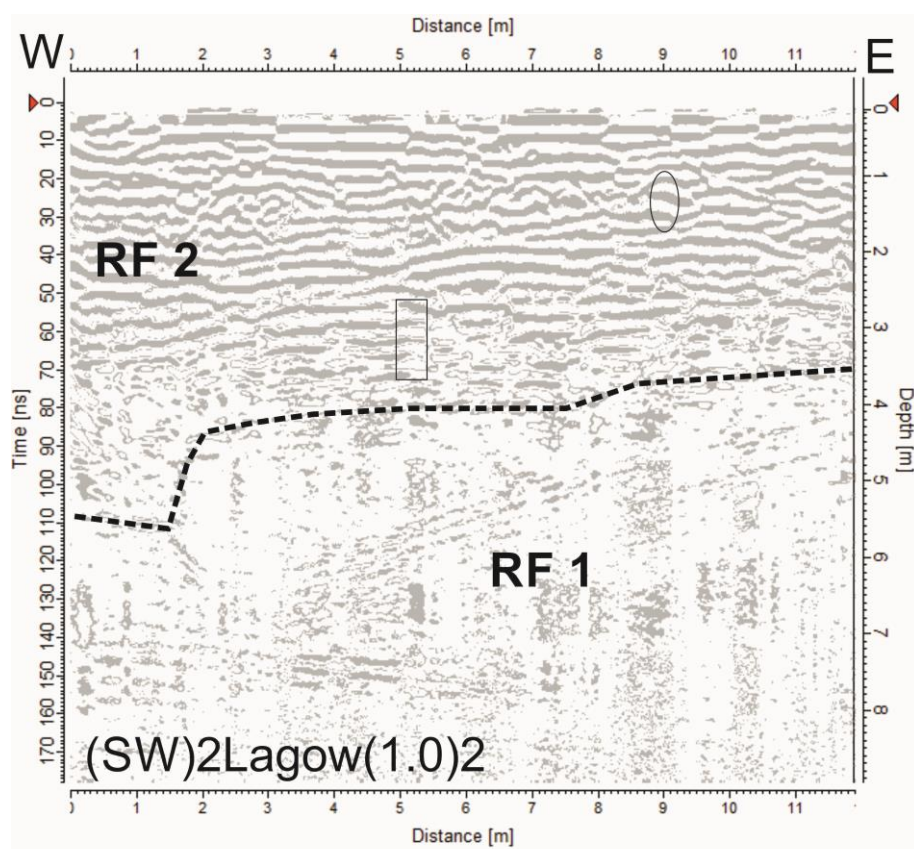


Fig. 21. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(1.0)2



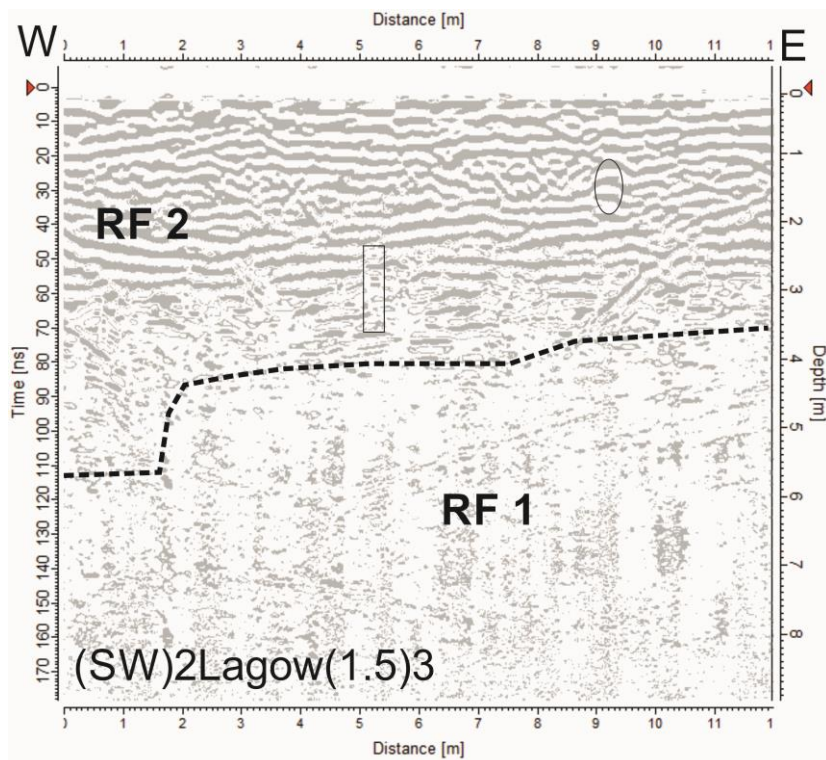


Fig. 22. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(1.5)3

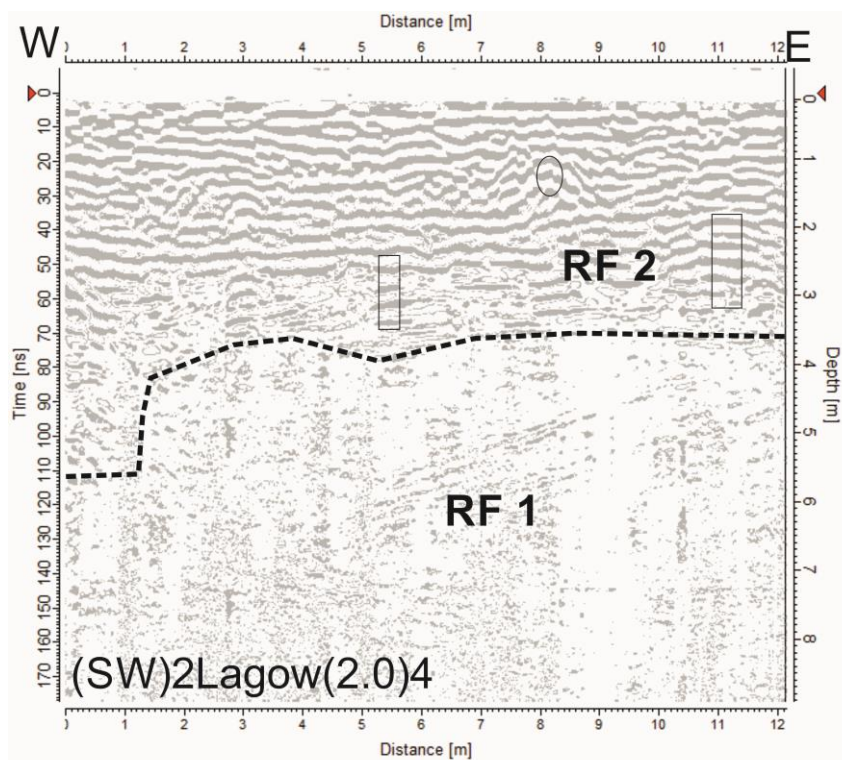


Fig. 23. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(2.0)4

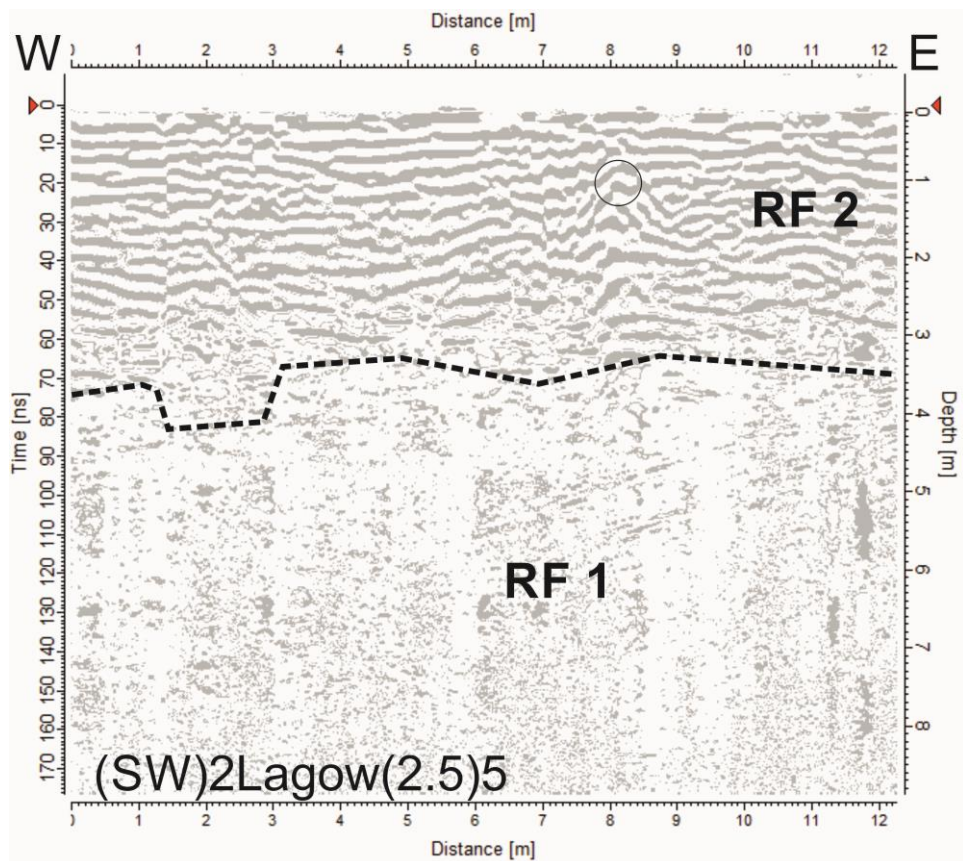


Fig. 24. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(2.5)5

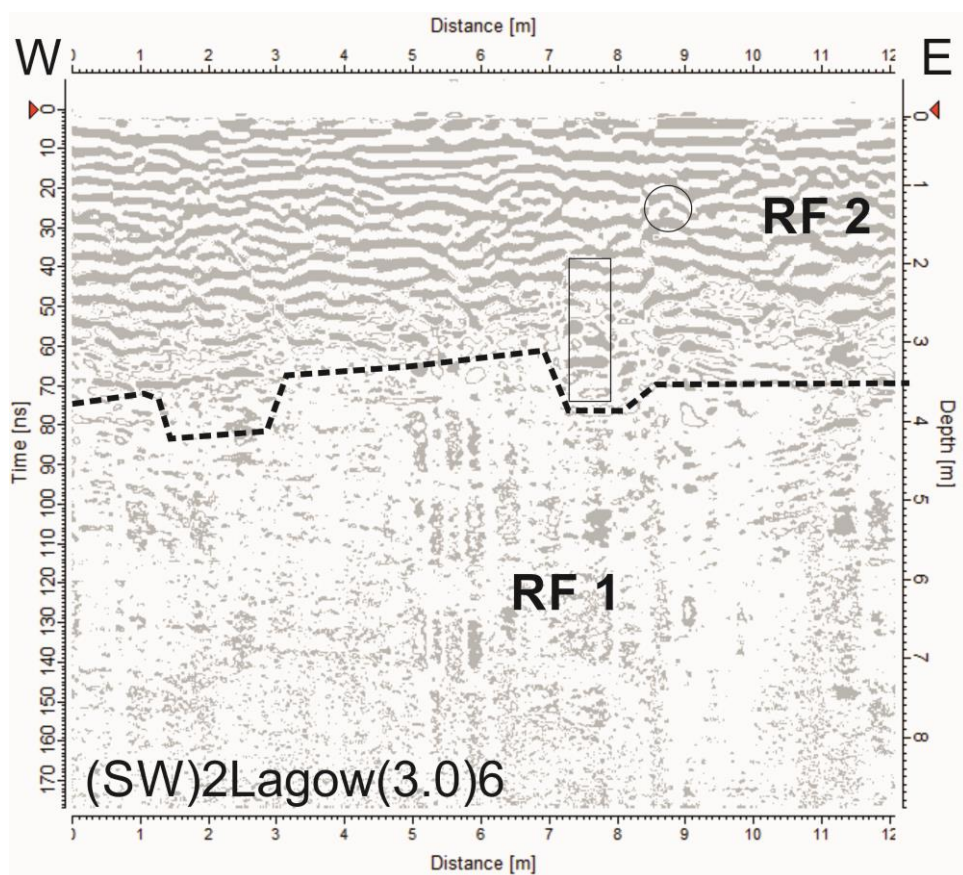


Fig. 25. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(3.0)6



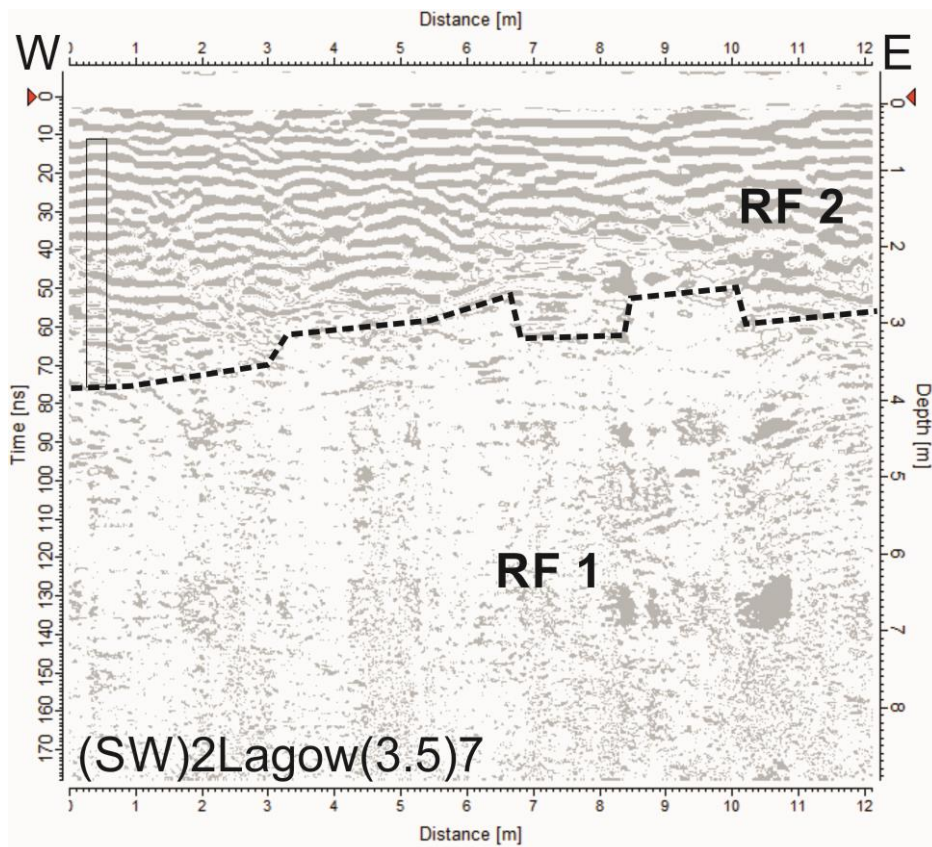


Fig. 26. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(3.5)7

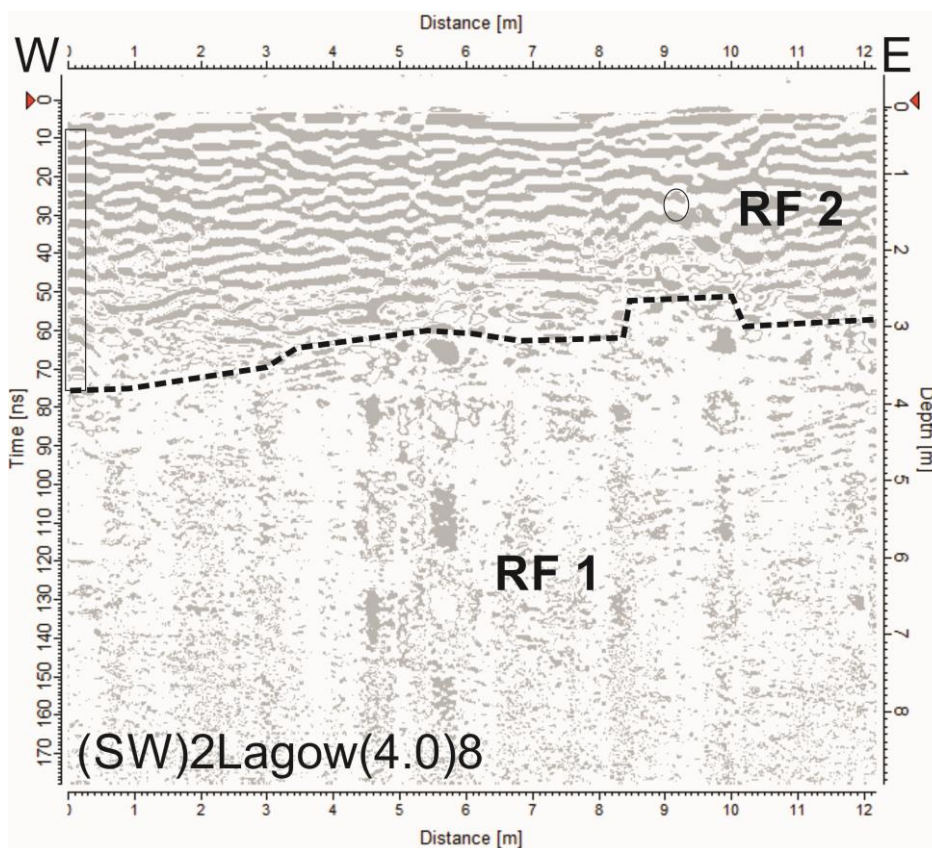


Fig. 27. Przekrój georadarowy GPR: (SW)2Lagow(4.0)8

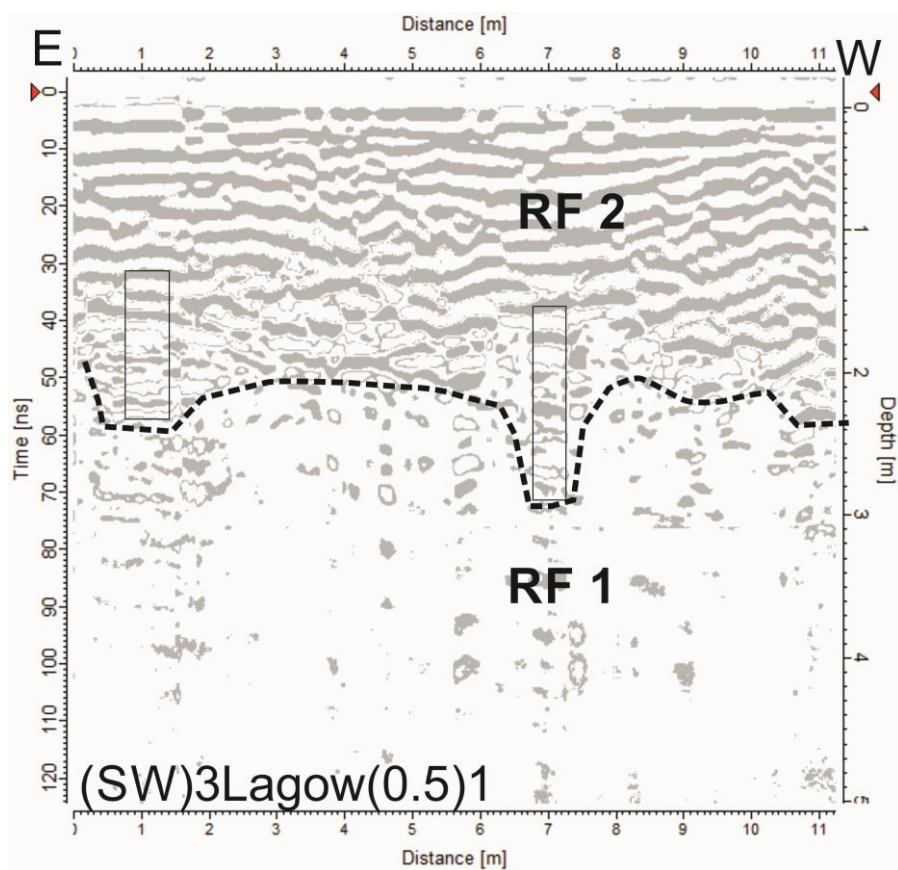


Fig. 28. Przekrój georadarowy GPR: (SW)3Lagow(0.5)1

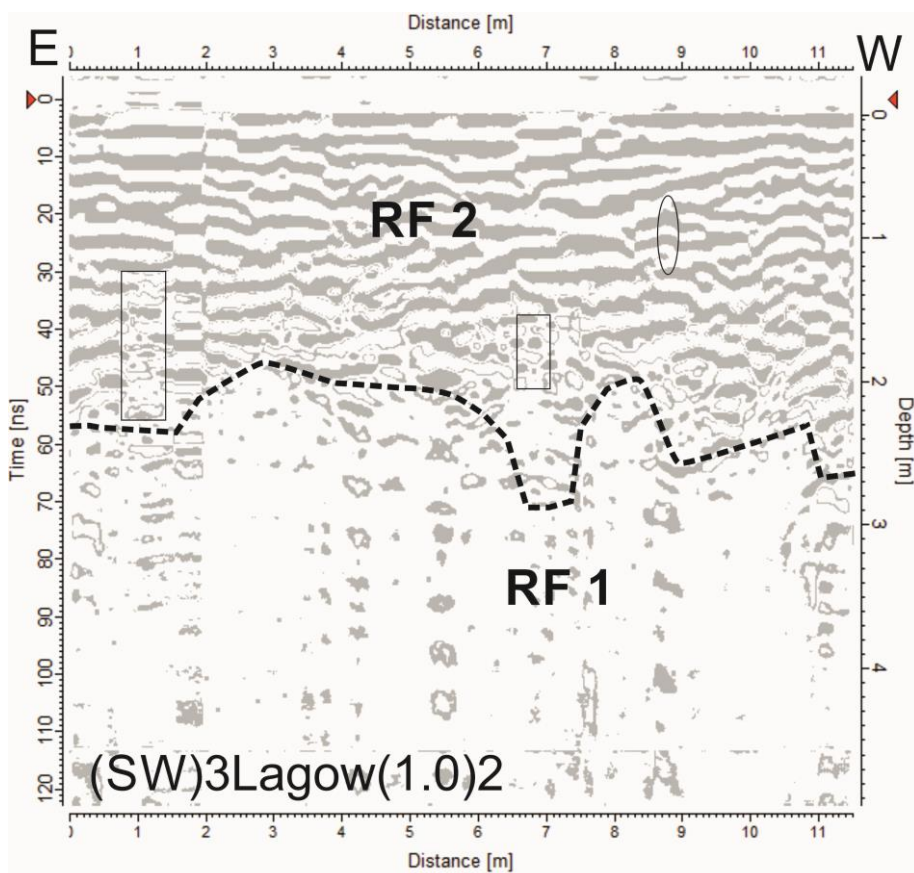


Fig. 29. Przekrój georadarowy GPR: (SW)3Lagow(1.0)2



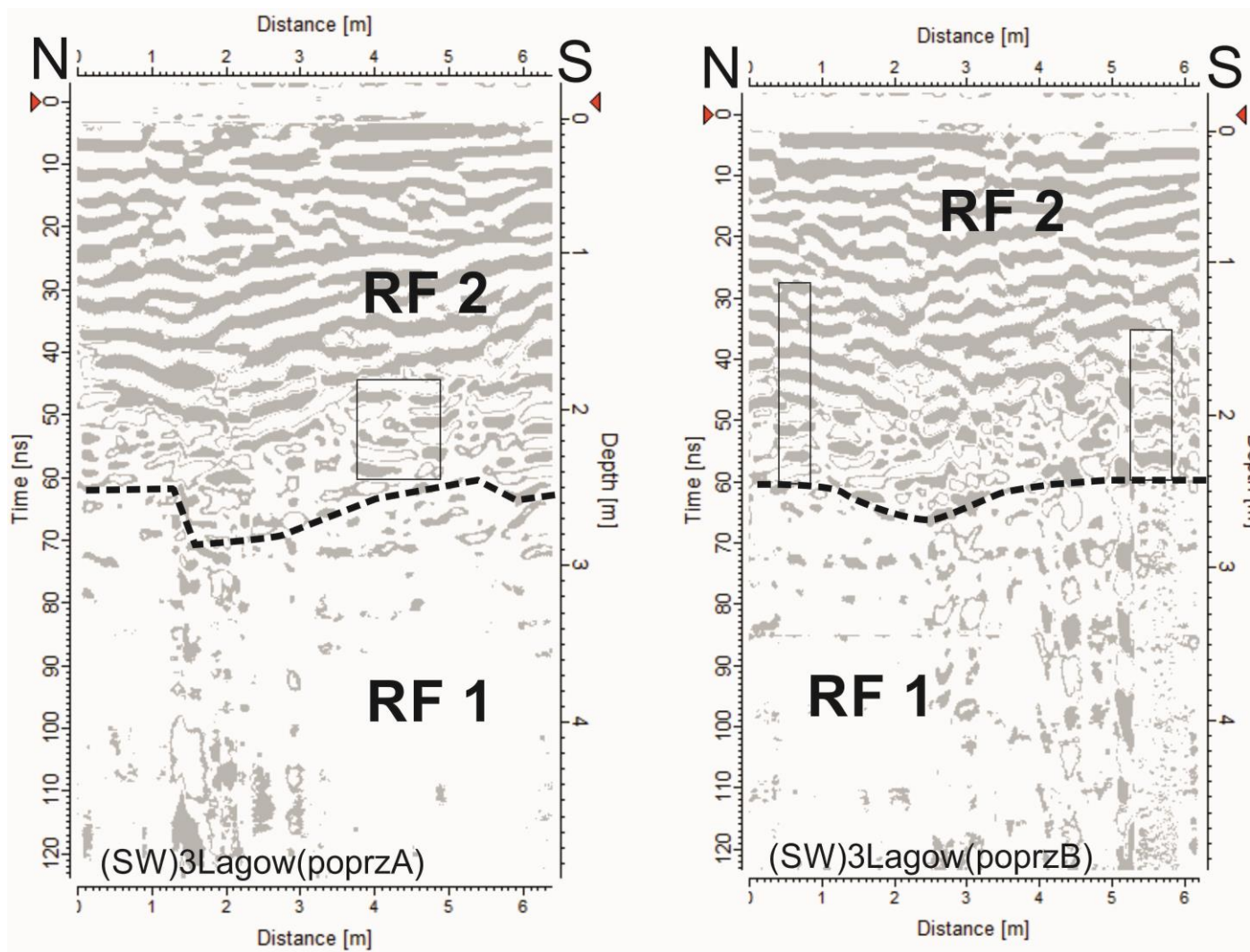


Fig. 30. Przekrój georadarowy GPR: (SW)3Lagow (poprz. A, B)



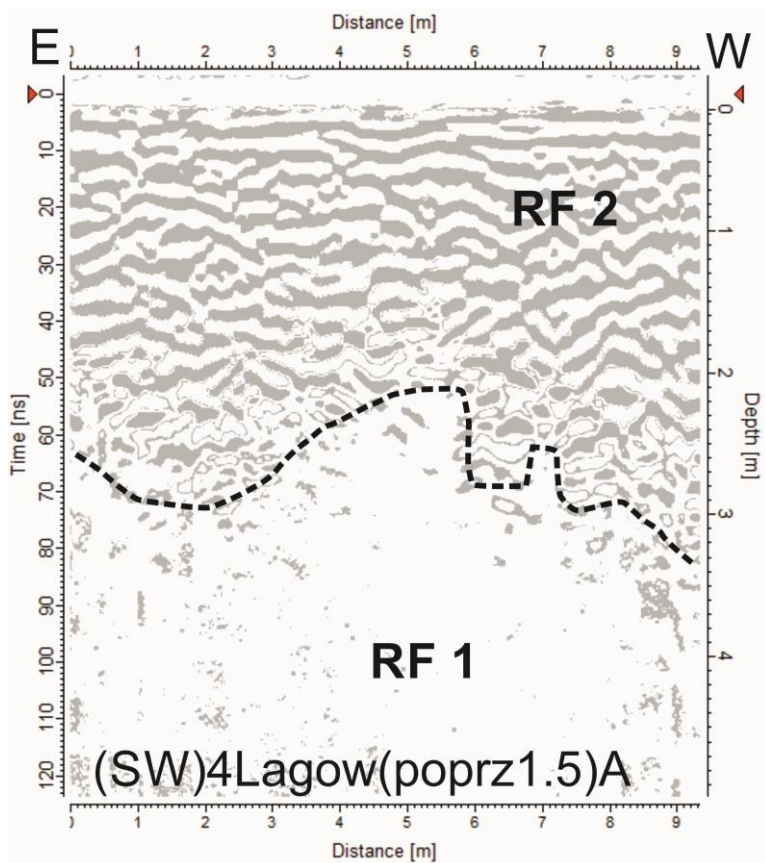


Fig. 31. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (poprz. 1.5)A

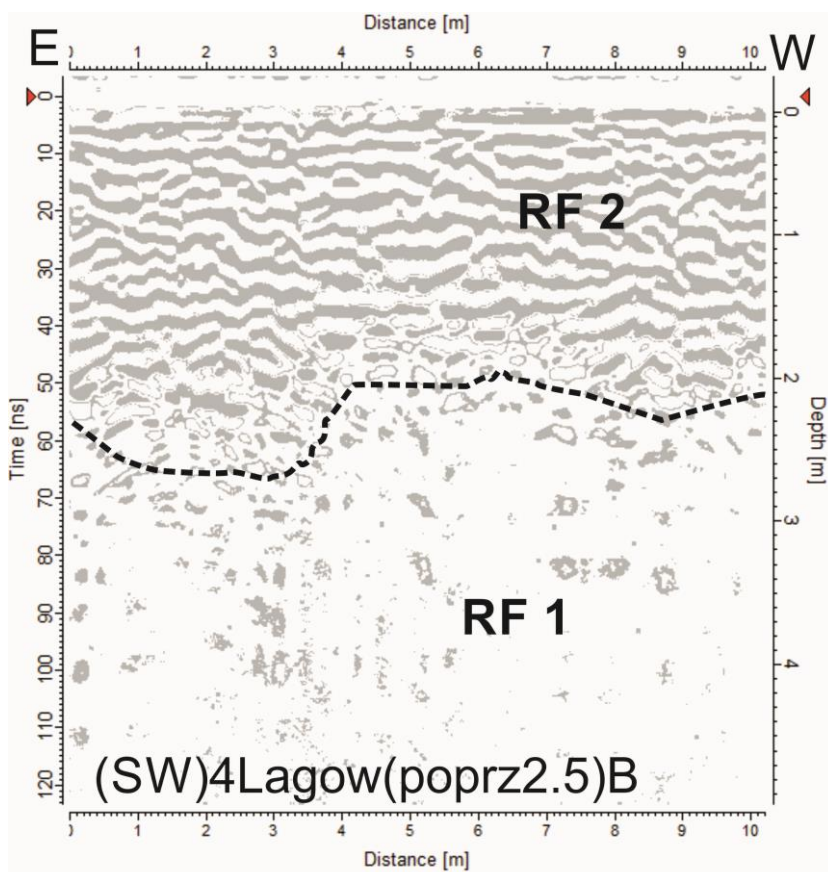


Fig. 32. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (poprz. 2.5)B

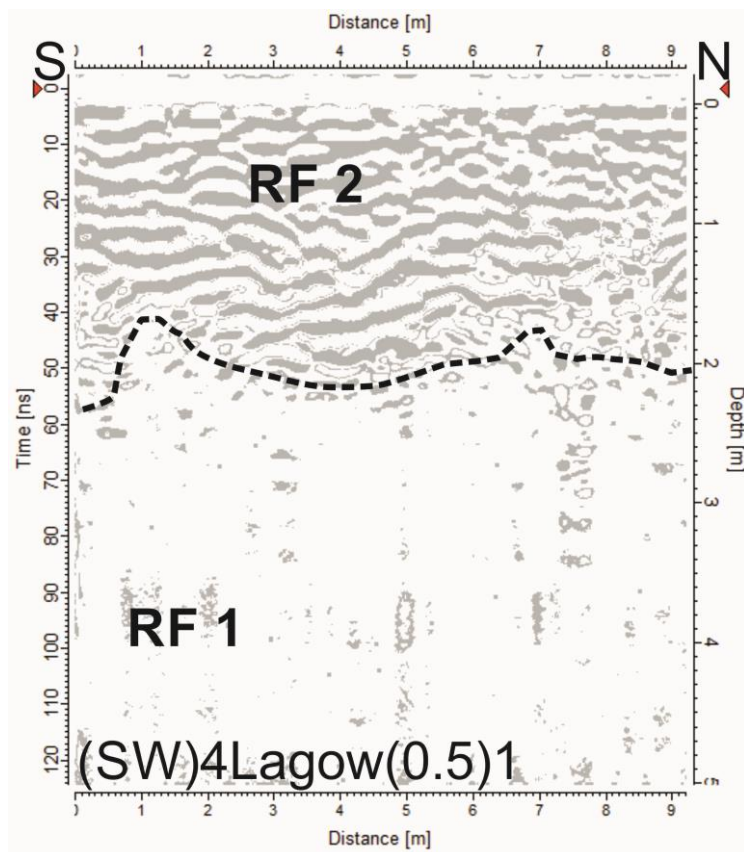


Fig. 33. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (0.5)1

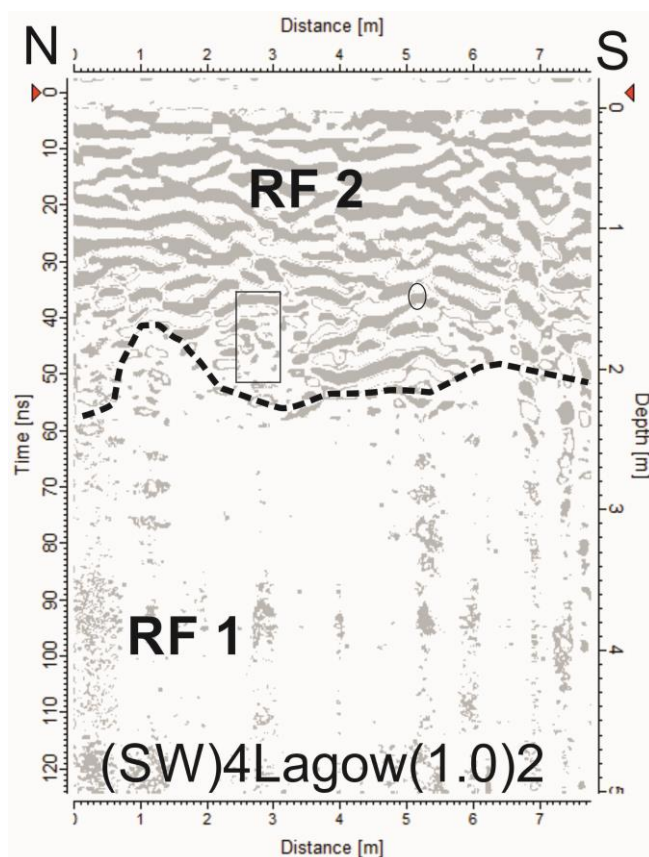


Fig. 34. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (1.0)2

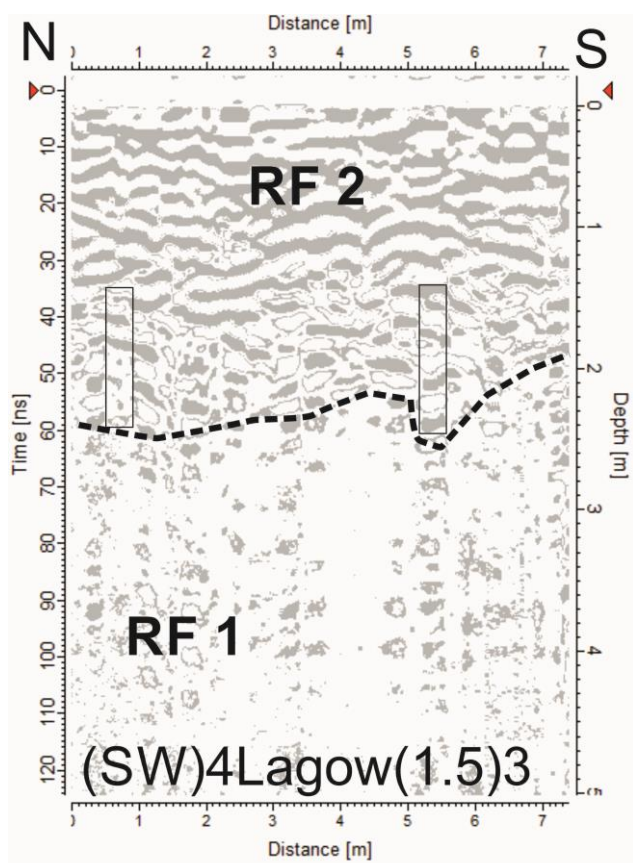


Fig. 35. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (1.5)3

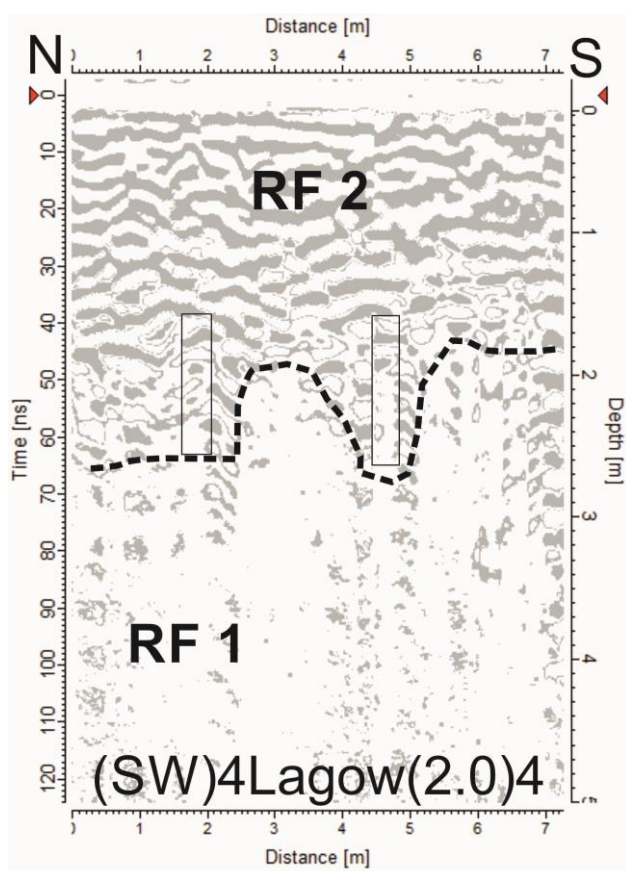


Fig. 36. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (2.0)4



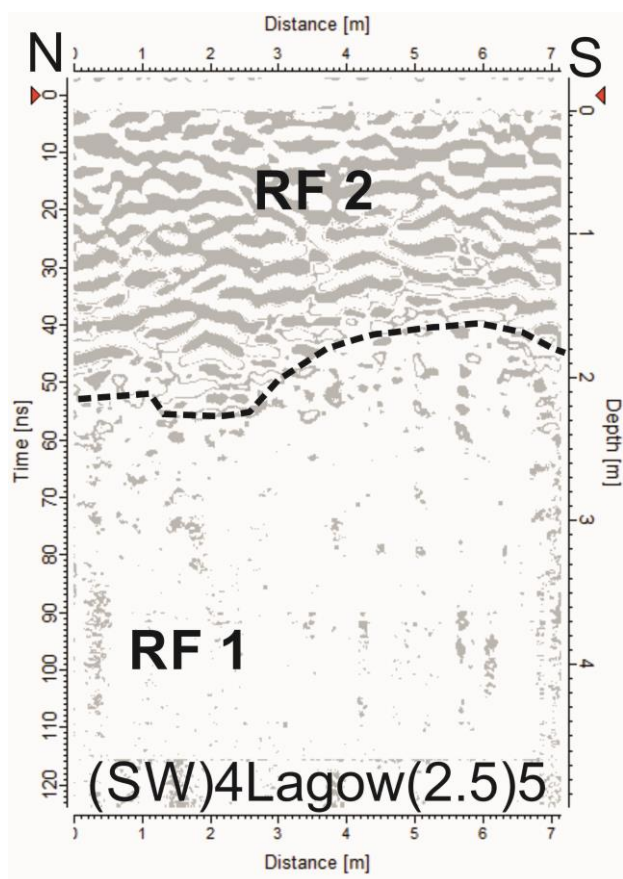


Fig. 37. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (2.5)5

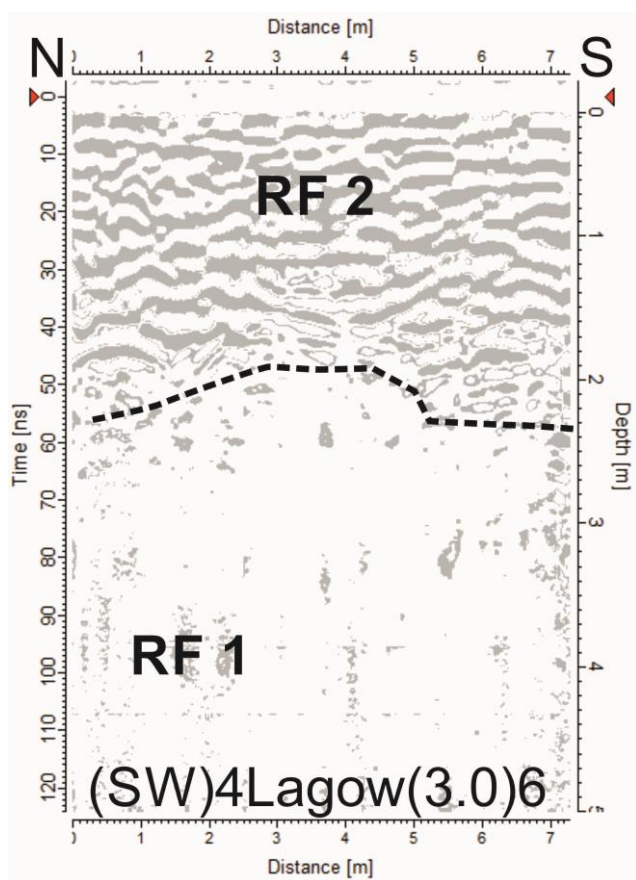


Fig. 38. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (3.0)6

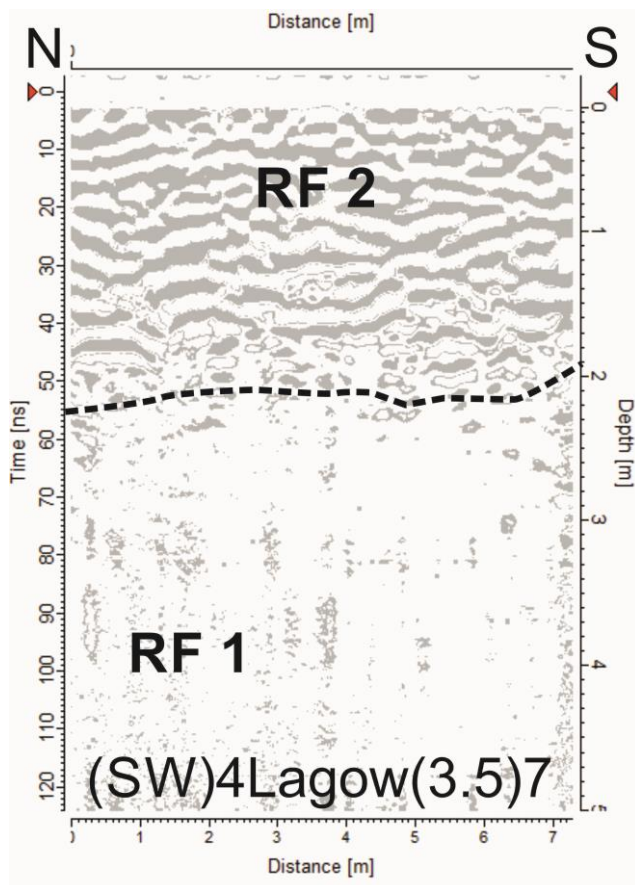


Fig. 39. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (3.5)7

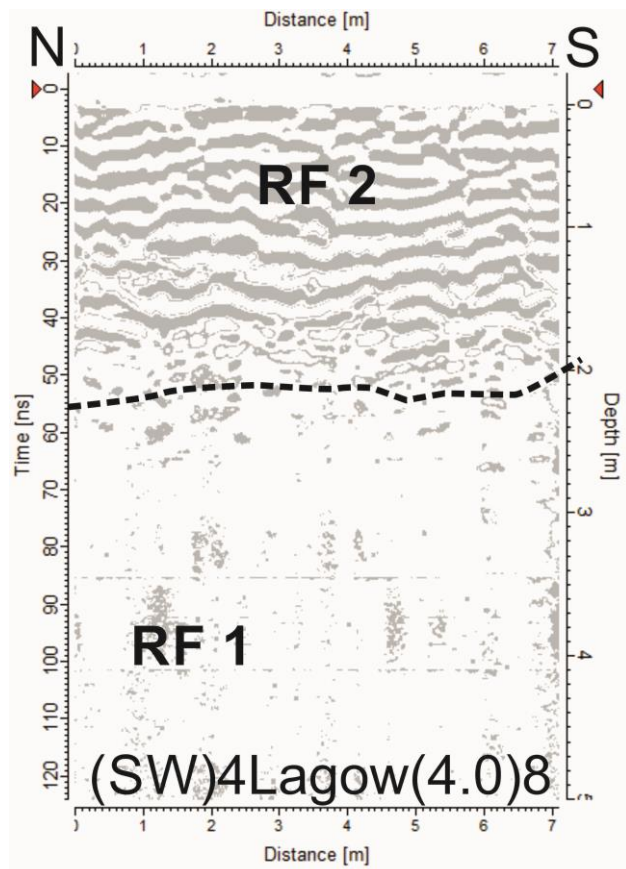
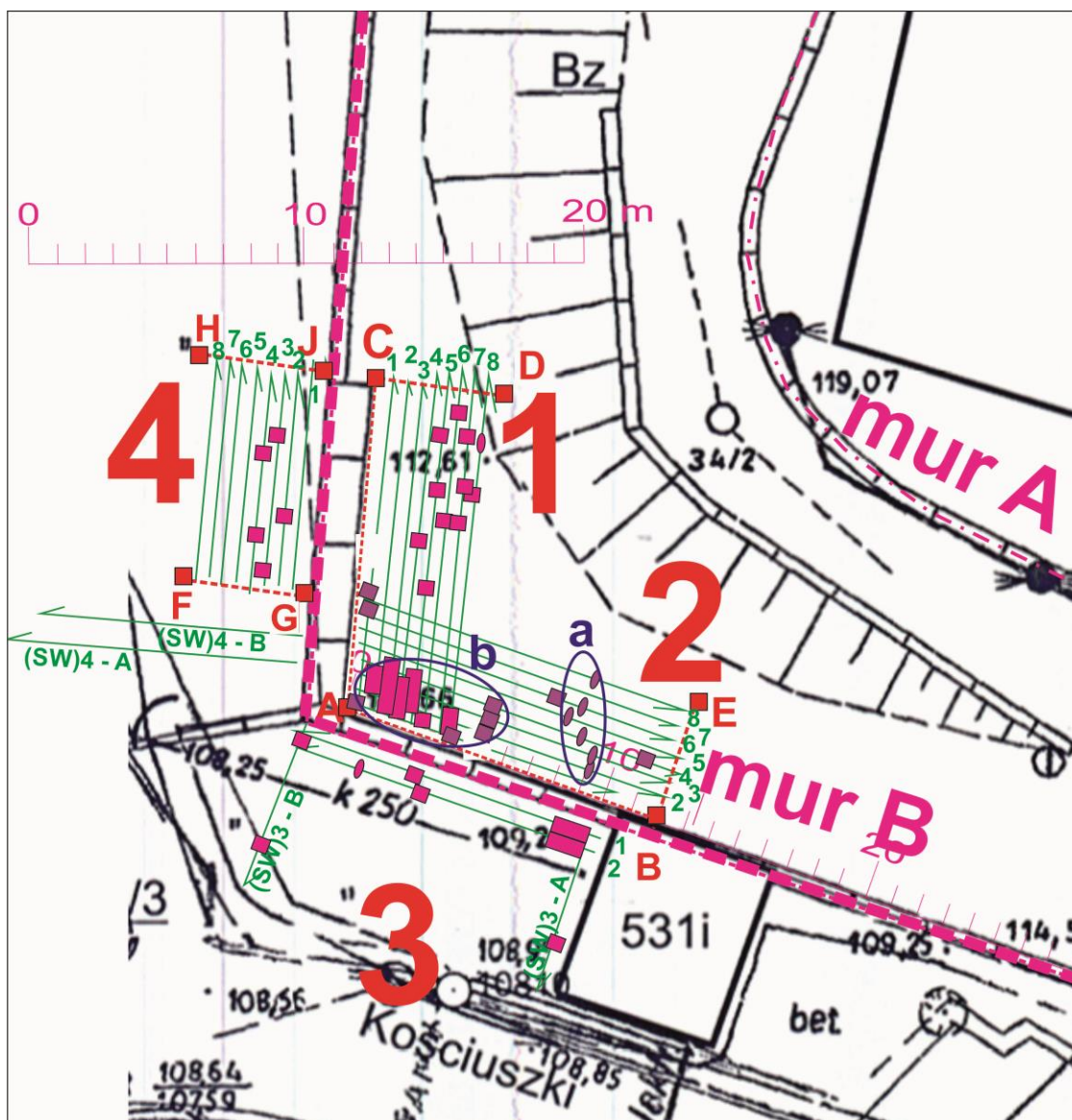


Fig. 40. Przekrój georadarowy GPR: (SW)4Lagow (4.0)8



OBJAŚNIENIA							
1) <b>mur B</b>	2) <b>1</b>	3) <b>A</b> ■	4) <b>-----</b>				
5) <b>1</b> ←	6) ■ <b>a</b> ■ <b>b</b>	7) ■ <b>a</b> ■ <b>b</b>	8) ○ <b>a</b>				

Fig. 41. Łagów Lubuski, Zamek Joannitów. Narożnik SW zewnętrznego muru („B”), Anomalie georadarowe (GPR)

- 1) Narożnik SW muru zewnętrznego „B”; 2) Zadania badawcze – tereny badań GPR;  
 3) Punkty bazowe; 4) Linie bazowe; 5) Przekrój GPR i jego numer; 6) Anomalie GPR typu „mur”: a) na 1, 3, 4; b) na 2; 7) Anomalie GPR typu „rura”: a) na 1, 3; b) na 2;  
 8) Zespoły anomalii GPR