

*Temat:*

**BADANIA GEORADAROWE (GPR)  
W REJONIE PROJEKTOWANEJ WIEŻY WIDOKOWEJ  
NA ŚNIEZNIKU  
(SUDETY)**



*Wykonawca/Opracowanie:*

**Adam Szykiewicz  
Magdalena Udyrysz**

Wrocław, 2013

## 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.....	3
<b>2.0. BADANIA GEORADAROWE.....</b>	<b>5</b>
2.1. Radar do Penetracji Gruntu (GPR).....	5
2.2. Metodyka badań georadarowych.....	6
2.3. Metodyka interpretacji geologicznej falogramów georadarowych (GPR) .....	6
2.4. Przekroje georadarowe - interpretacja falogramów.....	7
<b>3.0. WNIOSKI .....</b>	<b>9</b>
<b>SPIS FIGUR.....</b>	<b>10</b>
<b>SPIS ZAŁĄCZNIKÓW.....</b>	<b>10</b>

## **1.0. WSTĘP**

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

W dniu 20.10.2012 roku, Firma „3D SIGMA” PRACOWNIA PROJEKTOWA Robert Kuśmierz, zwana dalej ZAMAWIAJĄCYM, reprezentowana przez właściciela Roberta Kuśmierza (NIP 549-101-91-34, adres: 32-600 Oświęcim, ul. Szpitalna 30/4), zwróciła się do Adama Szynkiewicza (NIP 898-116-10-13, 51-649 Wrocław, ul. Bacciarellego 39/1), zwanego dalej WYKONAWCĄ o: „Badania georadarowa (GPR) w rejonie projektowanej wieży widokowej na Śnieżniku (Fig. 01, 02, 03).

Uzgodniono, że wyniki badań, w formie dokumentacji papierowej oraz w formie elektronicznej na CD, zostaną przekazane ZAMAWIAJĄCEMU do dnia 30.15.2013 r., a rozliczenie finansowe za wykonane badania nastąpi przelewem na konto WYKONAWCY w ciągu 7 dni od przekazania dokumentacji z badań.

Koordynatorem badań ze strony ZAMAWIAJĄCEGO był Robert Kuśmierz, a WYKONAWCĘ reprezentowali: Adam Szynkiewicz oraz Magdalena Udyrysz.

ZAMAWIAJĄCY dostarczył mapę topograficzną terenu badań i wyznaczył w terenie linie przekrojów do badań GPR (Fig. 03, Fig. 07, Zał. 01).

### **1.2. Cel i zakres badań.**

Celem bezinwazyjnych badań było sprawdzenie (na wyznaczonych liniach przekrojowych), jaka jest struktura gruntów oraz określenie zasięgu głębokości pokruszonej skały.

Do monitoringu gruntów postanowiono wykorzystać metodę georadarową (Radar do Penetracji Gruntu - GPR). Założono, że monitoring gruntów powinien być prowadzony do głębokości około 6 m, metodą liniowego profilowania 2D.

### **1.3. Teren badań.**

Śnieżnik znajduje się w Sudetach Wschodnich, w gminie Kłodzko, województwo dolnośląskie (Fig. 01). Jest najwyższym szczytem Masywu Śnieżnika (1425 m n.p.m.). Leży na europejskim dziale wodnym morza Czarnego i Bałtyckiego. Przebieg działu pokrywa się w obrębie szczytu z przebiegiem granicy państwowej (Fig. 02). Na obszarze Masywu znajduje się ścisły rezerwat przyrody Śnieżnik Kłodzki.

Wschodnia część góry zbudowana jest z lokalnych odmian gnejsów słoju-  
oczkowych – śnieżnickich i gierałtowskich, natomiast zachodnia ze skał  
metamorficznych serii strońskiej (Don J., Stelcel J, Gotowała R., 2003 – Geological  
Map of the Śnieżnik Metamorphic Unit, Stare Mesto Zone and Velke Vbrno Dome,  
Geologia Sudetica). W obrębie serii strońskiej występują: soczewy marmurów,  
łupków łuszczkowych z granatami, łupków kwarcowych, grafitowych, amfibolitów,  
serpentynitów i eklogitów.

Na stokach góry zalegają rumowiska skalne, powstałe w klimacie  
peryglacjalnym podczas plejstocenu.

## 2.0. BADANIA GEORADAROWE

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

Georadar - (GPR – Ground Penetrating Radar), jest elektroniczną aparaturą do geofizycznych badań gruntu. 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 granic litologicznych gruntu, różnych typów skał (dielektryków), 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 w głąb ośrodka, wracają z opóźnieniem do anteny odbiorczej i przez światłowody 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) zmienności parametrów gruntu. Wykres taki można następnie przeliczyć 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 odsłonić, 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 1GHz), zależy od postawionego zadania i założonej głębokości monitoringu gruntu. Im niższa częstotliwość centralna anten tym większy zasięg głębokościowy profilowania. Dla płytkich badań archeologicznych i geotechnicznych wykorzystuje się anteny o większej częstotliwości centralnej, zamknięte w specjalnie ekranowanym pojemniku (**anteny ekranowane/osłonięte**).

## **2.2. Metodyka badań georadarowych.**

Terenowe badania georadarowe (GPR) zostały wykonane przenośnym radarem do penetracji gruntu RAMAC/GPR (produkcji szwedzkiej), zasilanym akumulatorami 12V (Fig. 06). Do profilowań zastosowano anteny o częstotliwości centralnej 250 MHz (zamknięte w ekranowanym pojemniku) przesuwane po powierzchni gruntu. Odległości mierzono kołem pomiarowym (Fig. 06). Badania wykonano metodą profilowań liniowych (2D) po liniach wskazanych przez ZAMAWIAJĄCEGO.

Linie przekrojów georadarowych (GPR) zaznaczone zostały zielonymi strzałkami na mapie miejsc badań, z dokładnością  $\pm 0,5$  m (Zał. 01).

Wykonano 26 linii przekrojowych o łącznej długości około 335 mb.

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

W wyniku przeprowadzonych prac terenowych, dla każdej linii profilowej/przekrojowej otrzymano falogramy (echa fal, echogramy), 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 różnych programach graficznych. W celu analizy danych stosowano różne palety kolorów i kombinacje filtrów. Po wybraniu skali barw, filtrów, wykonaniu filtracji oraz uzyskaniu optymalnego obrazu do interpretacji oraz odpowiedzi na postawione zadanie, a także po kalibracji skali głębokościowej, falogramy zostały przeniesione do programu CorelDraw, w celu interpretacji i oznakowania anomalii.

Otrzymane w wyniku filtracji obrazy fal elektromagnetycznych (falogramy) porównywano z obrazami modelowymi, uzyskanymi podczas badań eksperymentalnych z profilowań georadarowych (GPR) z antenami ekranowanymi 250 MHz. Zwracano uwagę na anomalie w obrazach pól oraz na charakterystyczne załamania obrazów gruntów w strefach anomalnych. W programie CorelDraw, na falogramy naniesiono kierunki stron świata oraz prognozowane granice litologiczne: grubą ciągłą linią czarną zaznaczono prognozowaną granicę między rumoszem skalnym (3), a silnie spękaną skałą (2); przerywaną linią czarną zaznaczono prognozowaną granicę między silnie spękaną (2) i słabo spękaną/litą skałą (1). Czerwona skośna linia oznacza możliwą strefę tektoniczną.



W ten sposób powstały przekroje georadarowe (GPR), które załączono w pomniejszeniu. Z tego powodu rysunki są słabo czytelne i dla dokładniejszej analizy miejsc anomalnych należy je powiększyć. Przekroje zawierają informacje o budowie geologicznej do głębokości około 7 m. Ze względu na umowne przyjęcie średniej szybkości rozchodzenia się fal w badanych gruntach należy wziąć pod uwagę fakt, że błąd w określaniu głębokości na przekrojach wynosi około  $\pm 1$  m.

#### **2.4. Przekroje georadarowe - interpretacja falogramów.**

##### Przekrój georadarowy (GPR) 2 (Zał. 01 oraz Zał. 02).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 3-4 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 4 lub 5 m.

##### Przekrój georadarowy (GPR) 5 (Zał. 01 oraz Zał. 03).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 3-4 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości od 3 m lub miejscami poniżej 5 m.

##### Przekrój georadarowy (GPR) 6 (Zał. 01 oraz Zał. 04).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-4 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 5 m.

##### Przekrój georadarowy (GPR) 7 (Zał. 01 oraz Zał. 05).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-4 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 5 m.

##### Przekrój georadarowy (GPR) 8 (Zał. 01 oraz Zał. 06).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-4 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 5 m.

##### Przekrój georadarowy (GPR) 9 (Zał. 01 oraz Zał. 07).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-3 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 4 m.

Przekrój georadarowy (GPR) 10 (Zał. 01 oraz Zał. 08).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-3 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 4 m.

Przekrój georadarowy (GPR) 11 (Zał. 01 oraz Zał. 09).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-3 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 4 m.

Przekrój georadarowy (GPR) 12 (Zał. 01 oraz Zał. 10).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-3 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 5 m.

Przekrój georadarowy (GPR) 13 (Zał. 01 oraz Zał. 11).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-3 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 5 m.

Przekrój georadarowy (GPR) 14 (Zał. 01 oraz Zał. 12).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-3 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 4 m.

Przekrój georadarowy (GPR) 15 (Zał. 01 oraz Zał. 13).

Z przekroju wynika, że rumosz skalny może sięgać do 2-4 m głębokości, natomiast lita skała (mniej spękana) może się znajdować na głębokości poniżej 3 do 6 m.



### 3.0. WNIOSKI

Anomalie georadarowe (GPR) zostały wykryte na poszczególnych przekrojach (Zał. 02 - Zał. 13).

1. Z mapy topograficznej otoczenia szczytu Śnieżnika z granicami litologicznymi wychodni skalnych (Fig. 05) wynika, że badany obszar znajduje się w obrębie gnejsów śnieżnickich oczkowych.
2. Z mapy geologicznej (Fig. 04, wg Don et al., 2003 ) wynika, że gnejsy śnieżnickie w tym miejscu nachylone są ku wschodowi i leżą na serii strońskiej.
3. Prognozowana granica (zaznaczona grubą ciągłą linią) między rumoszem skalnym (3), a silnie spękaną skałą (2) występuje na głębokościach 2 do 4 m.
4. Prognozowana granica (zaznaczona przerywaną linią czarną) między silnie spękaną skałą (2) i słabo spękaną/litą skałą (1) występuje na głębokościach od 3 do 6 m.
5. W kilku miejscach podejrzewane są strefy tektonicznego przesunięcia skał (zaznaczone czerwoną skośną linią).

Na podstawie danych z kontrolnych wykopów/sondaży będzie możliwa weryfikacja przekrojów georadarowych.

*Adam Szymborski*

## **SPIS FIGUR**

- Fig. 01. Śnieżnik Kłodzki. Rejon badan GPR, 2012  
Fig. 02. Śnieżnik Kłodzki. Rejon badan GPR, 2012  
Fig. 03. Śnieżnik, Projekt Zagospodarowania Terenu  
Fig. 04. Śnieżnik. Mapa Geologiczna  
Fig. 05. Mapa topograficzna otoczenia szczytu Śnieżnika z granicami litologicznymi  
wychodni skalnych  
Fig. 06. Śnieżnik. Metodyka prowadzenia profilowań georadarowych (GPR). Radar  
do Penetracji Gruntu RAMAC/GPR z antenami ekranowanymi 250 MHz  
Fig.07.Śnieżnik Kłodzki. Rejon badań GPR, 2012. Linie przekrojów GPR

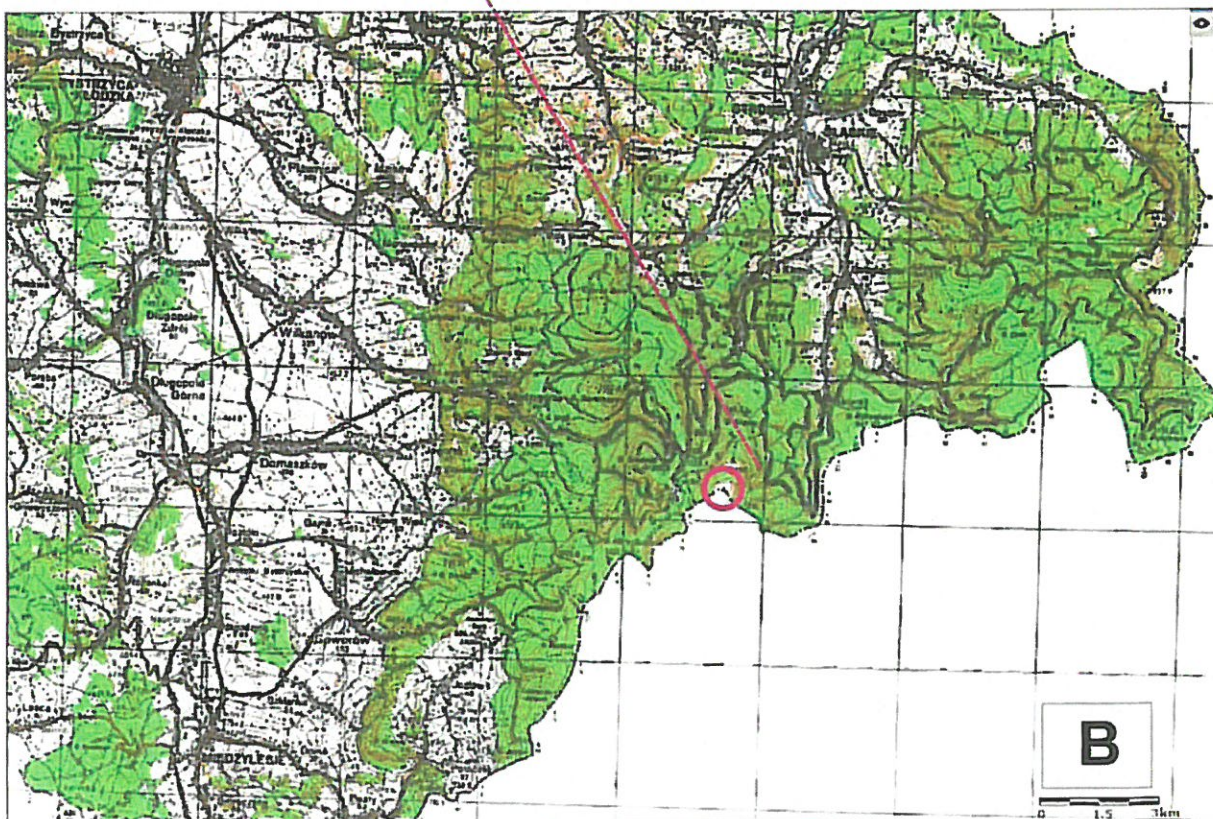
## **SPIS ZAŁĄCZNIKÓW**

- Zał. 01. Badania georadarowe (GPR) na Śnieżniku. Linie przekrojów GPR  
Zał. 02. Przekrój georadarowy (GPR) 2  
Zał. 03. Przekrój georadarowy (GPR) 5  
Zał. 04. Przekrój georadarowy (GPR) 6  
Zał. 05. Przekrój georadarowy (GPR) 7  
Zał. 06. Przekrój georadarowy (GPR) 8  
Zał. 07. Przekrój georadarowy (GPR) 9  
Zał. 08. Przekrój georadarowy (GPR) 10  
Zał. 09. Przekrój georadarowy (GPR) 11  
Zał. 10. Przekrój georadarowy (GPR) 12  
Zał. 11. Przekrój georadarowy (GPR) 13  
Zał. 12. Przekrój georadarowy (GPR) 14  
Zał. 13. Przekrój georadarowy (GPR) 15

## **REFERENCJE**

1. GeoScience MALA (Szwecja)
2. Geophysical Survey System, Inc. (USA)
3. [www.eurogpr.org](http://www.eurogpr.org) > members
4. [www.ing.uni.wroc.pl](http://www.ing.uni.wroc.pl) > adiunkci





○ - rejon badan GPR

**Fig. 01. Snieznik Kodzki. Rejon badan GPR, 2012**

A- polozenie na mapie Polski

B - polozenie rejonu badan GPR na wycinku mapy topograficznej 1.50 000







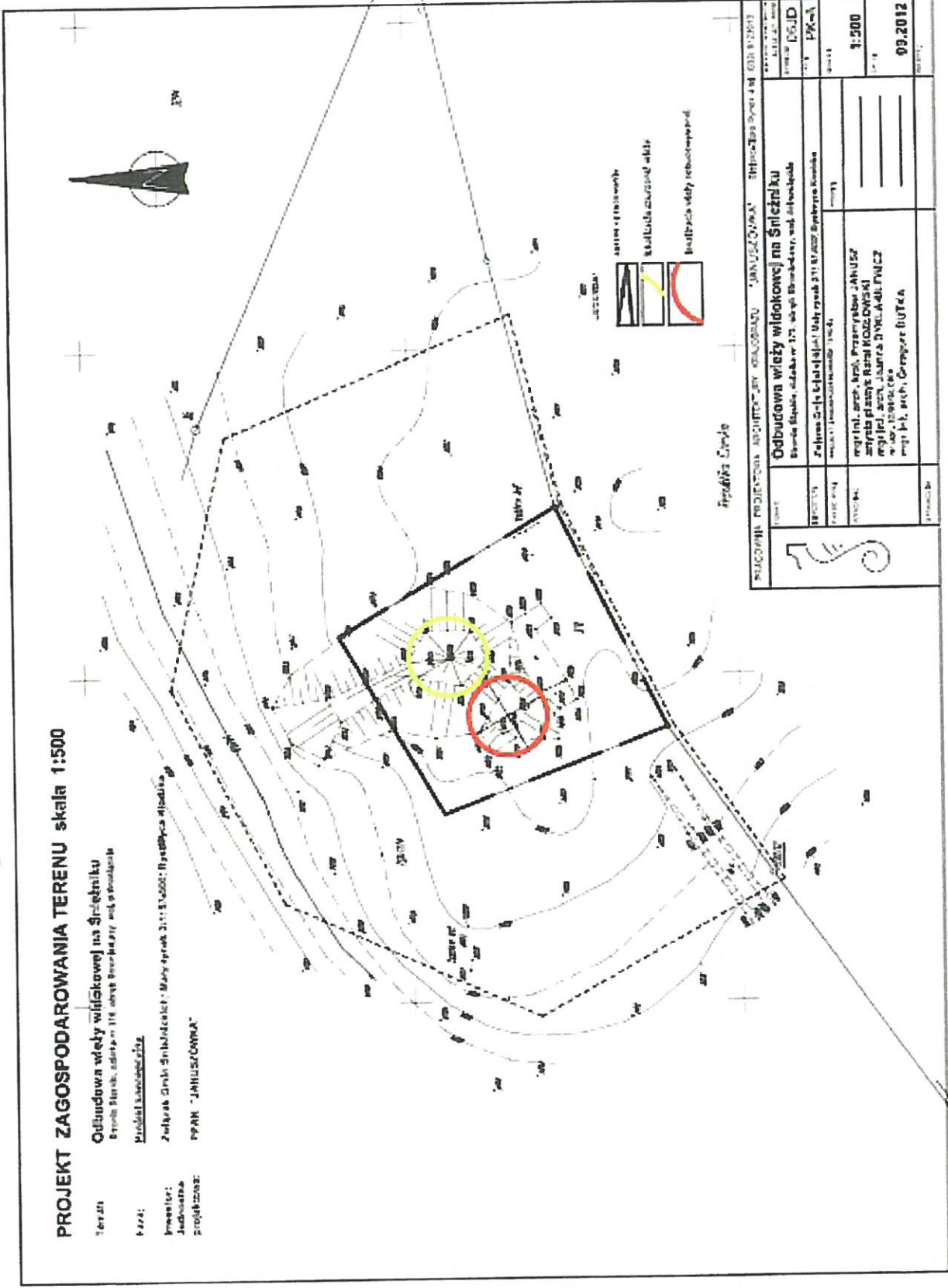


Fig. 03. Śnieżnik, projekt zagospodarowania terenu Pracownia Projektowa Architektury Krajobrazu "JANUSZOWKA", 2012

# GEOLOGICAL MAP OF THE ŚNIEŻNIK METAMORPHIC UNIT, STARÉ MĚSTO ZONE AND VELKÉ VBRNO DOME



Jerzy Don, Jarosław Skarżek, Roman Gotowala  
Wrocław 2003  
Cartographical and digital editing:  
Bartosz Łoboska (University of Wrocław)



## INTRUSIVE ROCKS (g)

z	Vein rocks: granitoids, pegmatites, apites, lamprophyres, quartz and quartz-fluorites
gkz	Granitoids and syenodiorites (Kłodzko-Złoty Stok massif)
hkz	Hornfelses and hornfels gneisses (enclaves in Kłodzko-Złoty Stok granitoids)
gż	Granitoids (Żulova massif)
mż	Migmatites and migmatization zones in Żulova granitoids
eż	Fine-grained diorites (fragments and enclaves) in Żulova granitoids
gtm	Tonalites and granitoids (Staré Město zone)
gs	Javorník granitoids

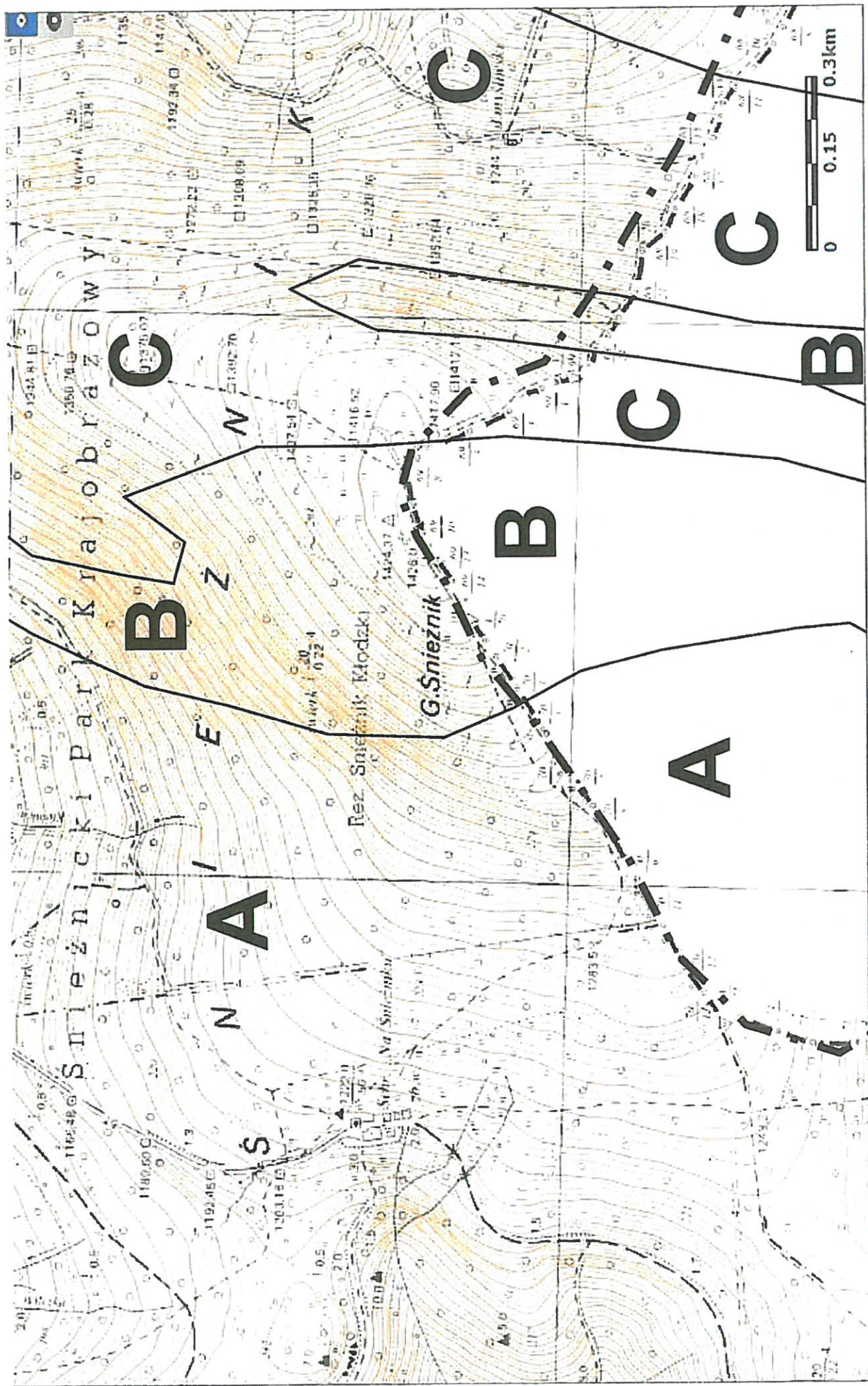
## ŚNIEŻNIK METAMORPHIC UNIT (S)

S21	Gieratów gneisses with eclogite relicts
S20	Gieratów gneisses with Śnieżnik gneisses relicts
S19	Gieratów gneisses with metamorphosed Stronie formation
S18	Gieratów gneisses with paragneisses of the Mynowice formation
S17	Pyroxene granulites and eclogites, partially serpentinized
S16	Amphibolites, partially retrograded from eclogites
S15	Eclogites and ultrabasites, partially serpentinized
S14	Granulite gneisses
S13	Light granulites
S12	Fine-grained gneisses and migmatites
S11	Apite and thin-laminated gneisses
S10	Coarse-grained and flaser gneisses

 - rejon szczytu Śnieżnik

Fig. 04. Śnieżnik. Mapa Geologiczna  
Opr. Don J., Stelcel J., Gotowala R. 2003  
GEOLOGIA SUDETICA





**Fig. 05. Mapa topograficzna otoczenia szczytu Snieznika z granicami litologicznymi wychodni skalnych**  
 A - seria stronska, B - gnejsy snieznickie (oczkowe), C - gnejsy gieraltowskie  
 (wg Don, Stelcel, Gotowala 2003 - GEOLOGICAL MAP OF THE SNEIENIK METAMORPHIC UNIT)





**Fig. 06. Snieznik. Metodyka prowadzenia profilowan georadarowych (GPR)  
Radar do Penetracji Gruntu RAMAC\GPR z antenami ekranowanymi 250 MHz**





**Fig. 07. Snieżnik Kodzki. Rejon badan GPR, 2012**  
**Linie przekrojow GPR**



**Zal. 01. Badania georadarowe (GPR) na Snieżniku.  
Linie przekrojów GPR**

Opr. Adam Szynkiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012



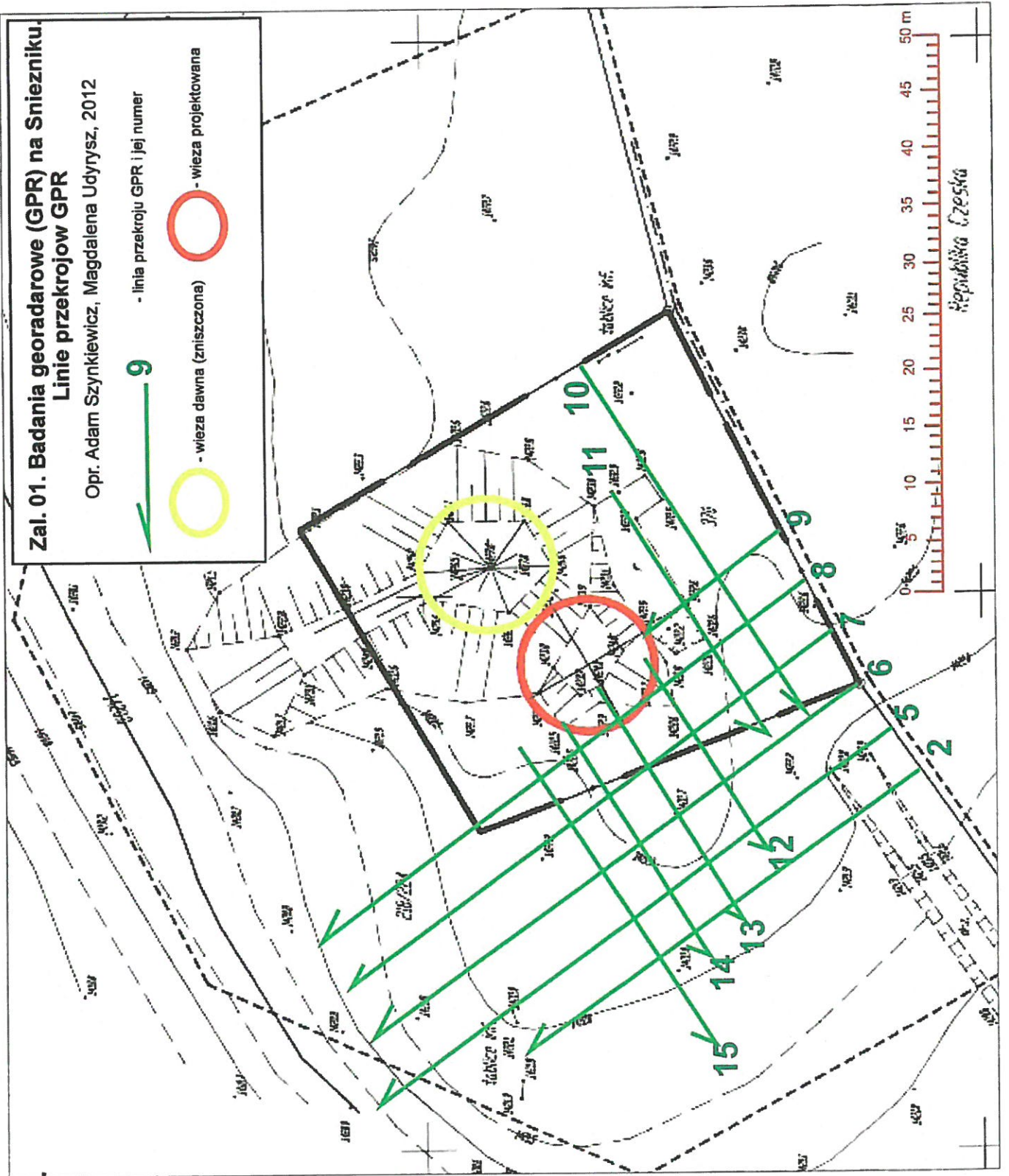
- linia przekroju GPR i jej numer

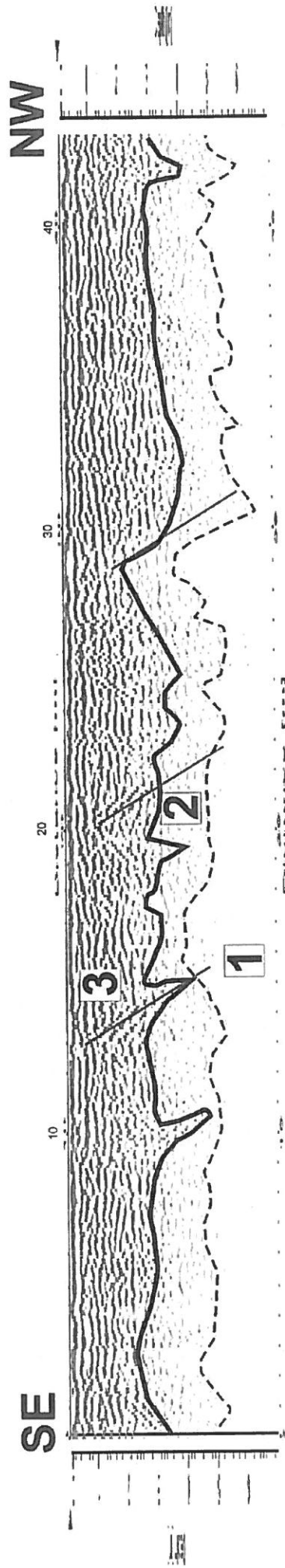


- wieża dawna (zniszczona)



- wieża projektowana

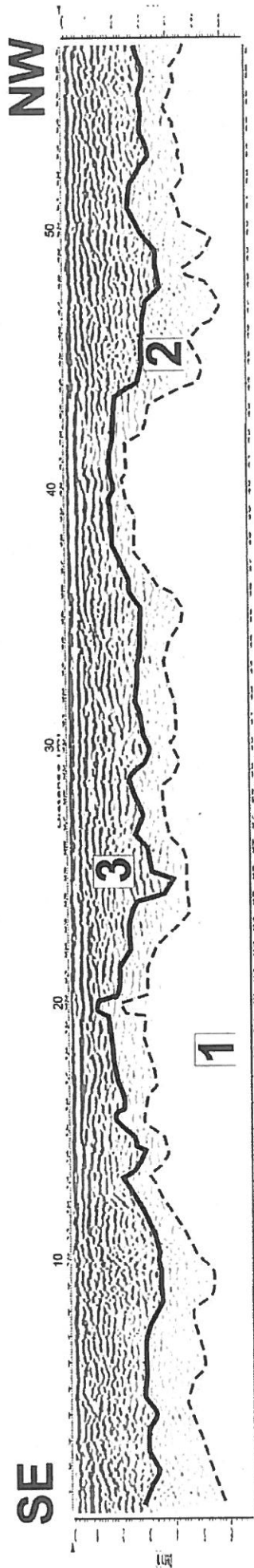




- Objasnienia
- 1 - skała lita, słabo spekana
  - 2 - skała spekana
  - 3 - rumosz skalny

**Zal. 02. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 2**

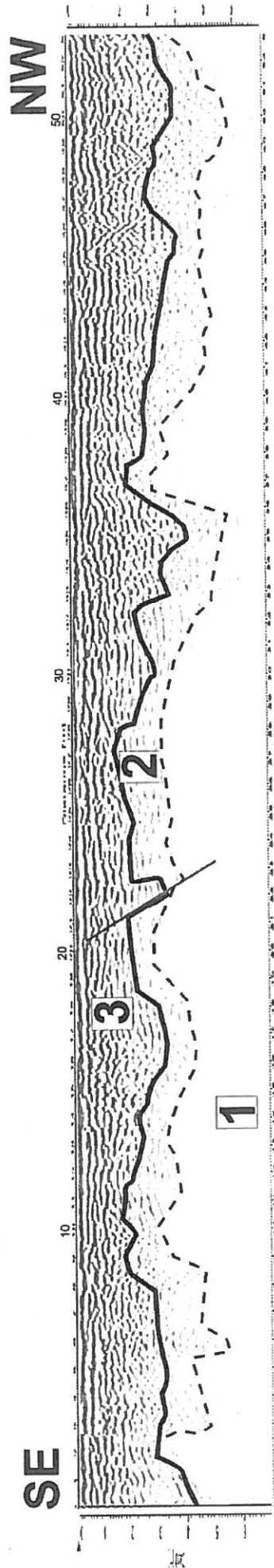
Opr. Adam Szyrkiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012



- Objasnienia
- 1 - skala lita, slabo spekana
  - 2 - skala spekana
  - 3 - rumosz skalny

**Zal. 03. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 5**  
 Opr. Adam Szykiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012



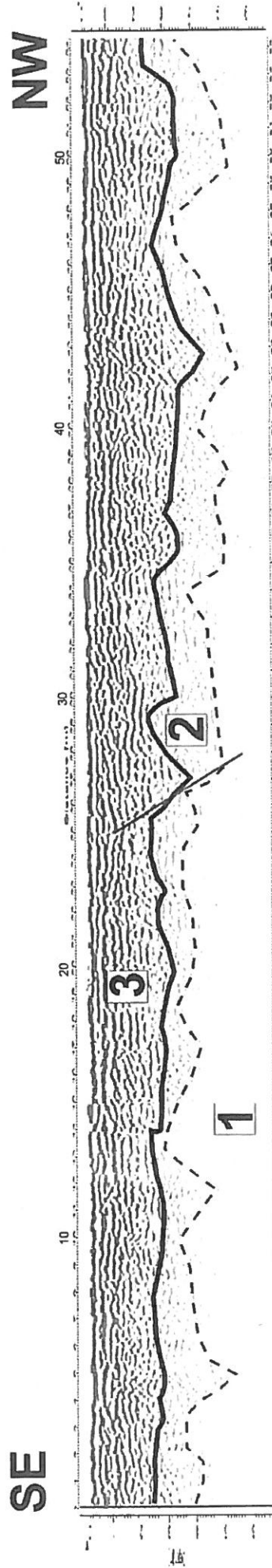


Objasnienia

- 1 - skala lita, słabo spekana
- 2 - skala spekana
- 3 - rumosz skalny

**Zal. 04. Snieżnik. Przekroj georadarowy (GPR) 6**

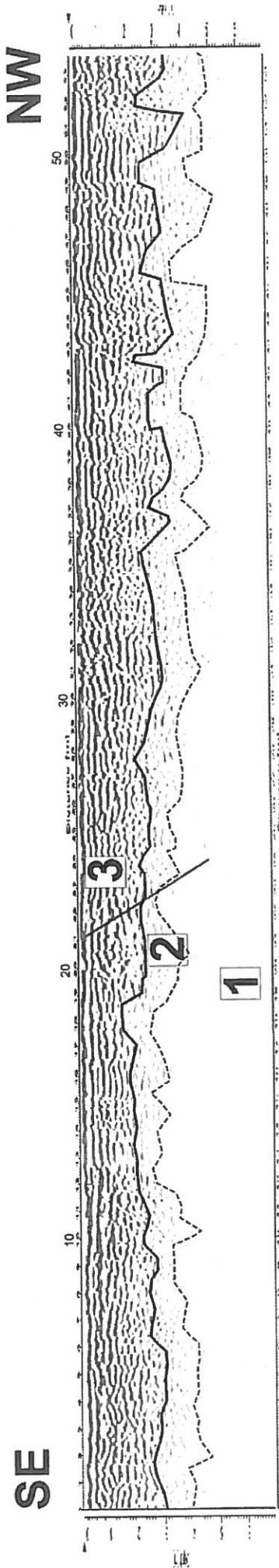
Opr. Adam Szykiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012



- Objasnienia
- 1 - skala lita, słabo spekana
  - 2 - skala spekana
  - 3 - rumosz skalny

**Zal. 05. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 7**

Opr. Adam Szynekiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012

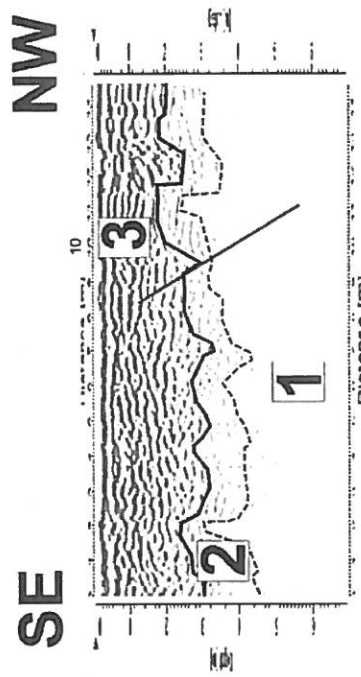


**Objasnienia**

- 1 - skala lita, słabo spekana
- 2 - skala spekana
- 3 - rumosz skalny

**Zal. 06. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 8**

Opr. Adam Szynkiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012

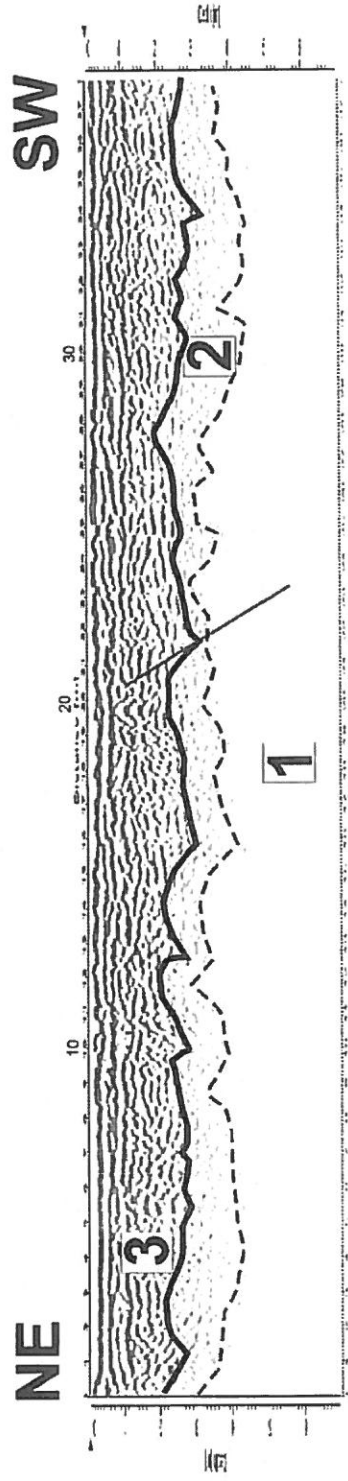


Objasnienia

- 1 - skala lita, słabo spekana
- 2 - skala spekana
- 3 - rumosz skalny

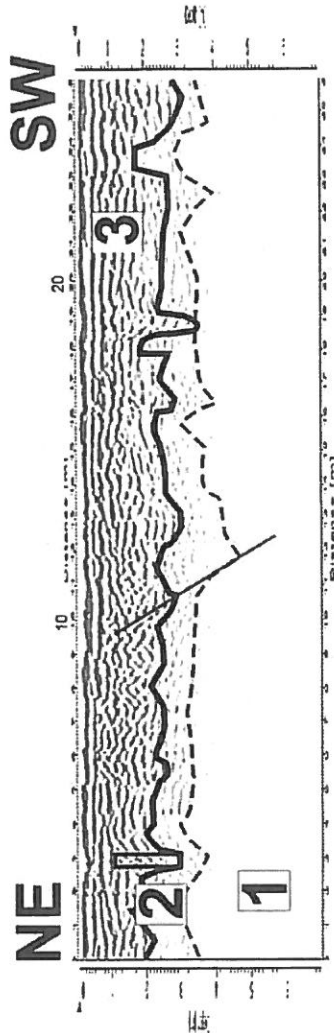
**Zal. 07. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 9**

Opr. Adam Szynekiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012



- Objasnienia
- 1 - skala lita, słabo spekana
  - 2 - skala spekana
  - 3 - rumosz skalny

**Zal. 08. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 10**  
 Opr. Adam Szyrkiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012

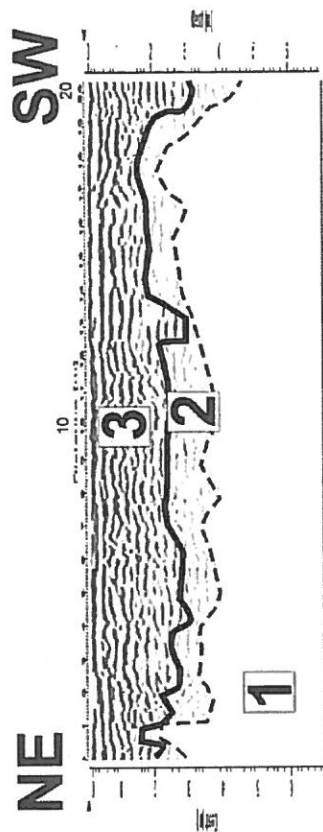


- Objasnienia
- 1 - skala lita, slabo spekana
  - 2 - skala spekana
  - 3 - rumosz skalny

**Zal. 09. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 11**

Opr. Adam Szynkiewicz, Magdalena Udrysz, 2012



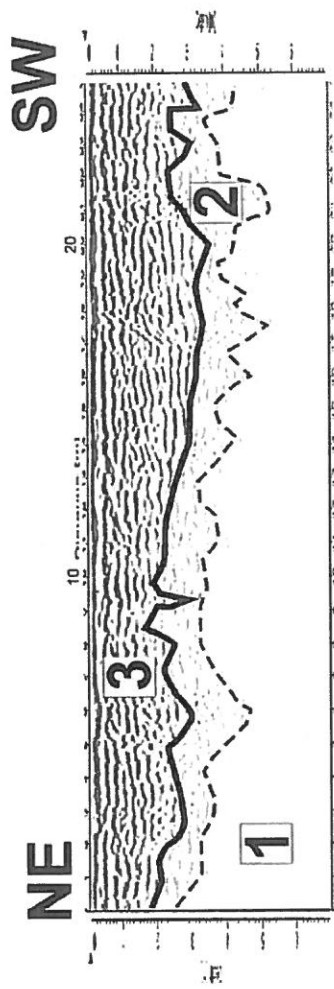


Objasnienia

- 1 - skala lita, slabo spekana
- 2 - skala spekana
- 3 - rumosz skalny

**Zal. 10. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 12**

Opr. Adam Szynekiewicz, Magdalena Udyrsz, 2012

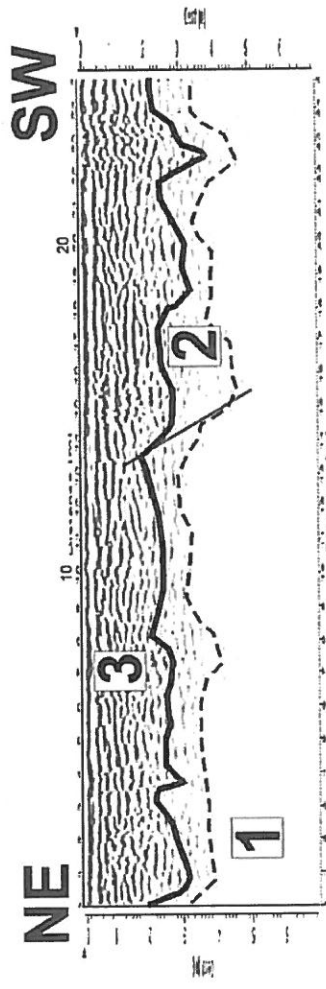


Objasnienia

- 1 - skala lita, slabo spekana
- 2 - skala spekana
- 3 - rumosz skalny

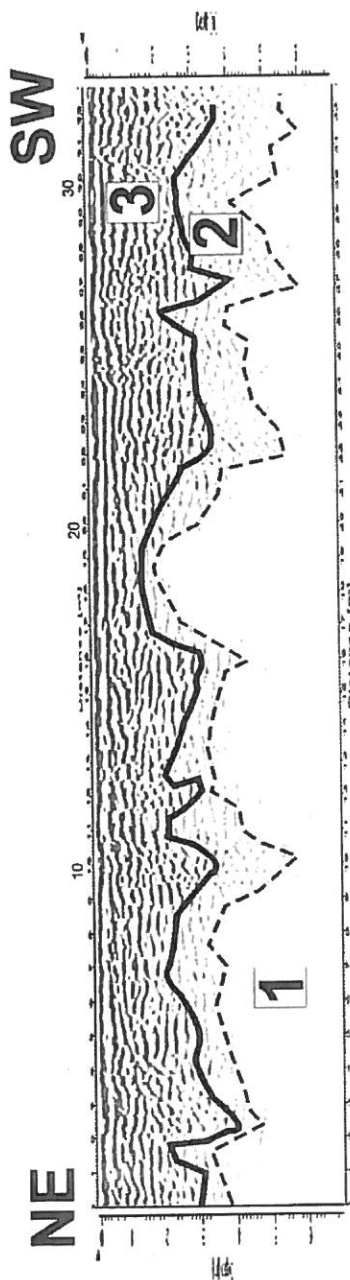
**Zal. 11. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 13**

Opr. Adam Szykiewicz, Magdalena Udyrysz, 2012



- Objasnienia
- 1 - skala lita, slabo spekana
  - 2 - skala spekana
  - 3 - rumosz skalny

**Zal. 12. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 14**  
 Opr. Adam Szynkiewicz, Magdalena Udyrsz, 2012



Objasnienia

- 1 - skala lita, słabo spekana
- 2 - skala spekana
- 3 - rumosz skalny

**Zal. 13. Snieznik. Przekroj georadarowy (GPR) 15**

Opr. Adam Szynekiewicz, Magdalena Udyysz, 2012