

DOKUMENTACJA

z badań geofizycznych metodą magnetotelluryczną MT
dla potrzeb rozpoznania warunków występowania wód termalnych
oraz wskazania optymalnej lokalizacji i głębokości otworu geotermalnego
C-3 w Jeleniej Górze - Cieplicach

Zamawiający: Miasto Jelenia Góra
Pl. Ratuszowy 58
58-500 Jelenia Góra

Wykonawca: GEOPARTNER Geofizyka Spółka z o.o.
30-383 Kraków
ul. Skośna 39 B

Autorzy opracowania:

mgr inż. Agnieszka Czarna	upr. geolog. X-0223
mgr inż. Piotr Pasek	upr. geolog. IX-0409
dr inż. Marek Wojdyła	upr. geolog. X-0204

2020-121

Kraków, listopad 2020 r.

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM

od strony upr. PREZYDENTA MIAS
2022 -06- 0 1
data podpis
Barbara Olszewska
Naczelnik Wydziału Rozwoju

1

SPIS TREŚCI

Wykaz załączników.....	2
Wykaz rysunków	2
Wykaz tabel	2
KARTA INFORMACYJNA	3
Wstęp.....	4
1. CEL PRAC	4
2. LOKALIZACJA OBSZARU PRAC	5
3. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ.....	6
4. WARUNKI GEOLOGICZNE I HYDROGEOLOGICZNE WYSTĘPOWANIA WÓD LECZNICZYCH.....	7
5. ZAKRES PRAC GEOFIZYCZNYCH	9
6. METODYKA PRAC TERENOWYCH, PRZETWARZANIA I INTERPRETACJI W BADANIACH MAGNETOTELLURYCZNYCH	10
7. WYNIKI BADAŃ	12
8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	15

Wykaz załączników

Załącznik 1. Mapa lokalizacyjna wykonanych badań magnetotellurycznych

Załącznik 2. Przekrój magnetotelluryczny wzdłuż profilu Cieplice-MT1-2020

Wykaz rysunków

Rys. 1. Lokalizacja badań geofizycznych (układ 1992)	5
Rys. 2. Lokalizacja profilu MT na tle Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (arkusz M-33-44-A – „Jelenia Góra”),	8
Rys. 3. Aparatura pomiarowa	10
Rys. 4. Schemat układu pomiarowego w metodzie magnetotellurycznej	11
Rys. 5. Skala oporności z dowiązaniem do kompleksów skalnych	14

Wykaz tabel

Tab. 1. Współrzędne sondowań MT	9
---------------------------------------	---

ZESTAWIENIE DANYCH PRZEKAZANYCH ZLECENIODAWCY

Każdy egzemplarz zawiera:

- opracowanie tekstowe,
- załączniki graficzne 2 szt.,
- nośnik danych cyfrowych (DVD) zawierający: opracowanie tekstowe (*.DOCX oraz *.PDF), załączniki graficzne (*.PDF)

KARTA INFORMACYJNA

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. Rodzaj opracowania | Dokumentacja z badań geofizycznych metodą magnetotelluryczną MT dla potrzeb rozpoznania warunków występowania wód termalnych oraz wskazania optymalnej lokalizacji i głębokości otworu geotermalnego C-3 w Jeleniej Górze - Cieplicach |
| 2. Cel prac | Prace geofizyczne przeprowadzone zostały dla potrzeb rozpoznania warunków występowania wód termalnych oraz wskazania optymalnej lokalizacji i głębokości otworu geotermalnego w Jeleniej Górze - Cieplicach |
| 3. Podstawa realizacji | Umowa nr RI.272.27.2020 z dnia 7 października 2020 r. |
| 4. Lokalizacja terenu badań | gmina miejska Jelenia Góra, powiat jeleniogórski, województwo dolnośląskie. |
| 5. Zakres robót | Badania geofizyczne metodą magnetotelluryczną w paśmie MT/AMT dla 14 sondowań wzdłuż jednego profilu o długości ponad 2,5 km, wraz z przetwarzaniem i interpretacją wyników. |
| 6. Zleceniodawca | Miasto Jelenia Góra
Pl. Ratuszowy 58
58-500 Jelenia Góra |
| 7. Wykonawca prac | Geopartner Geofizyka Sp. z o.o.
ul. Skośna 39 B
30-383 Kraków |

8. Prace polowe, przetwarzanie i interpretacja danych:

mgr inż. Agnieszka Czarna	geofizyk	upr. geol. X-0223
mgr inż. Monika Florek-Odrzyl	geofizyk	upr. geol. IX-0599
mgr inż. Sławomir Jaros	geofizyk	upr. geol. X-0197
mgr inż. Przemysław Kiszka	geofizyk	
mgr inż. Piotr Pasek	geofizyk	upr. geolog. IX-0409
mgr inż. Maciej Szurek	geofizyk	
mgr inż. Łukasz Sito	geofizyk	upr. geol., IX-0593; X-0224
dr inż. Marek Wojdyła	geofizyk	upr. geol. X-0204

Wstęp

Niniejsza dokumentacja sporządzona została zgodnie z Umową nr RI.272.27.2020 zawartą w dniu 7 października 2020 roku na realizację zadania, polegającego na wykonaniu badań geofizycznych metodą magnetotelluryczną MT dla potrzeb rozpoznania warunków występowania wód termalnych oraz wskazania optymalnej lokalizacji i określenia głębokości otworu geotermalnego C-3 w Jeleniej Górze – Cieplicach. Badania zrealizowano na zlecenie Miasta Jelenia Góra, z siedzibą przy Pl. Ratuszowym 58.

Zgodnie z przedstawioną ofertą, w ramach przeprowadzonych badań wykonano 14 sondowań wzdłuż jednego profilu pomiarowego o długości około 2500 m. Terenowe prace geofizyczne wykonane zostały w dniach od 14 do 20 października 2020 roku przez zespół pracowników firmy Geopartner Geofizyka Sp. z o.o. Badania geofizyczne prowadzone były na terenie działki Zamawiającego, znajdującej się w południowo – zachodniej części Jeleniej Góry, w dzielnicy Cieplice Śląskie – Zdrój.

Do pomiarów terenowych wykorzystano specjalistyczny sprzęt geofizyczny produkcji kanadyjskiej firmy Phoenix Geophysics Ltd. Punkt referencyjny niezbędny do obliczenia niezakłóconych krzywych sondowań znajdował się w okolicy miejscowości Łączki k. Leska (woj. podkarpackie) odległej około 500 km na południowy-wschód od miejscowości Jelenia Góra. Prace obliczeniowe i interpretacyjne wykonano w siedzibie firmy w Krakowie do dnia 10 listopada 2020 roku.

Finalnym efektem przeprowadzonej interpretacji jest przekrój oporności na podstawie wykonanych pomiarów magnetotellurycznych (Zał. 2), który zinterpretowano pod kątem występowania stref tektonicznych. Przekrój opracowano w skali 1: 10 000 stosując poziom odniesienia Kronsztad. Mapy lokalizacyjne wykonano w układzie współrzędnych prostokątnych 1992.

1. CEL PRAC

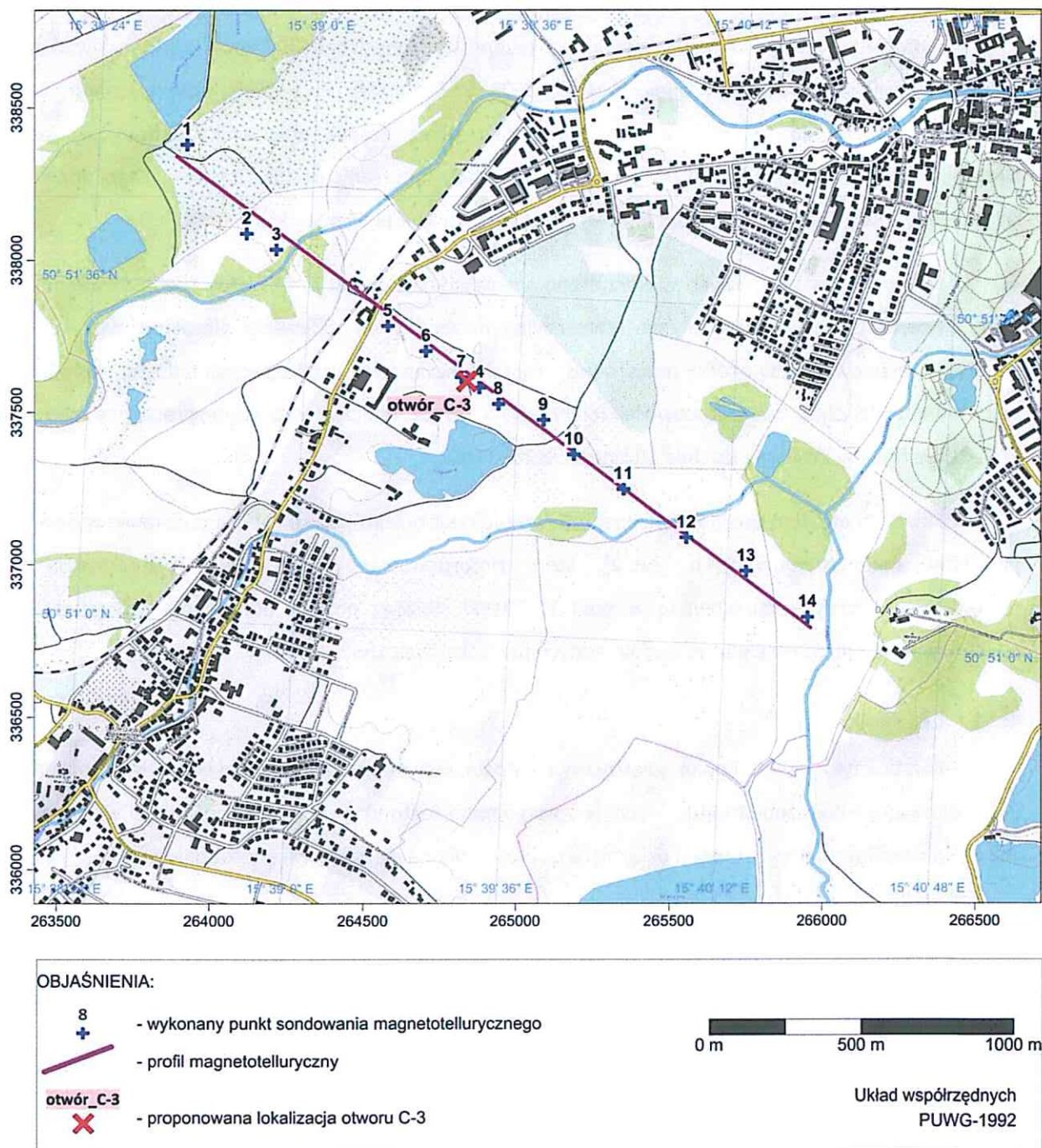
Zasadniczym celem badań geofizycznych postawionym przez Zleceniodawcę było rozpoznanie uwarunkowań geologiczno-strukturalnych, w szczególności tektoniki pod kątem możliwości występowania zbiorników wód termalnych. Cel ten osiągnięto poprzez wykonanie badań magnetotellurycznych.

Wykonane badania pozwoliły na interpretację poziomych oraz pionowych zmian oporności ośrodka geologicznego. Interpretacja anomalii rozkładu oporności pozwoliła na identyfikację stref uskokowych, kompleksów litostratygraficznych oraz wskazanie stref, jak również poziomów związanych z występowaniem wód termalnych. Wyniki tych prac posłużą do opracowania Projektu Robót Geologicznych i prac projektowych związanych z wykonaniem otworu badawczo-eksploatacyjnego dla celów geotermalnych.

2. LOKALIZACJA OBSZARU PRAC

Rejon dokumentowanych prac geofizycznych położony jest na terenie następujących jednostek administracyjnych kraju (Rys. 1.):

- województwo dolnośląskie,
- powiat jeleniogórski,
- gmina miejska Jelenia Góra.



Rys. 1. Lokalizacja badań geofizycznych (układ 1992)

W ujęciu fizyczno geograficznym (Kondracki J., 2002) obszar badań położony jest w obrębie:

- podprowincji - Sudety z Przedgórzem Sudeckim,
- makroregionu - Sudety Zachodnie,
- mezoregion - Kotlina Jeleniogórska,
- mikroregion - Obniżenie Jeleniej Góry.

Cieplice Śląskie Zdrój leżą średnio na wysokości 347 m n.p.m., w środkowej części Kotliny Jeleniogórskiej należącej do większej jednostki geologicznej – Bloku Karkonoszy. W obrębie Kotliny Jeleniogórskiej wyraźnie zaznaczają się dwie podrzędne jednostki, oddzielone od siebie pasmem wzgórz Kopek. Rozdzielają one kotlinę niesymetrycznie, wzdłuż osi południowej na: część wschodnią – Kotlinę Mysłakowic z rzeką Łomnicą i część zachodnią – Kotlinę Cieplic z rzeką Kamienną. Kotlina Cieplic ma formę nierównoramiennego trójkąta leżącego pomiędzy miejscowościami: Jelenia Góra, Goduszyn, Piechowice, Sobieszów, Sosnówka i Marczyce. Dno kotliny Jeleniej Góry w okolicach Cieplic przedstawia monotonną, płaską, podmokłą równinę o nie wielkim spadku w kierunku NE. Głównym ciekim wodnym jest tu rzeka Kamienna z dopływami Wrzosówki i Podgórznej. Kamienna, jako dopływ Bobru w swoim dalszym biegu poniżej Cieplic wytworzyła taras zalewowy szerokości ok. 50 m.

3. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Obszar badań położony jest w obrębie jednostki geologicznej *blok karkonosko-izerski* i obejmuje następujące jego mniejsze części:

- granitowy Masyw Karkonoszy,
- wschodnia osłona granitu karkonoskiego (tzw. metamorfik starszych Karkonoszy).

W omawianym rejonie badań *granitowy Masyw Karkonoszy* tworzy kilka odmian granitów wieku górnokarbońskiego. Granitowy masyw stanowi płaską intruzję magmową, która wcisnęła się od północy pomiędzy skały metamorficzne górotworu kaczawskiego.

Wschodnią osłonę granitu karkonoskiego tworzą metamorficzne skały wieku prekambryjskiego i staropaleozoicznego. Skały te zgrupowane są w dwóch kompleksach:

- kompleks sudecki – zbudowany z serii suprakrustalnej (tępki łuszczycowe, amfibolity, sporadycznie wapienie krystaliczne) i młodszej infrakrustalnej (granito-gnejsy izerskie, granit rumburski),
- kompleks podsudecki – zbudowany z serii suprakrustalnej (skały epimetamorficzne starszego paleozoiku).

W ukształtowaniu Karkonoszy i Kotliny Jeleniogórskiej ogromną rolę odegrały procesy wietrzenia, związane z warunkami klimatycznymi i tektonicznymi.

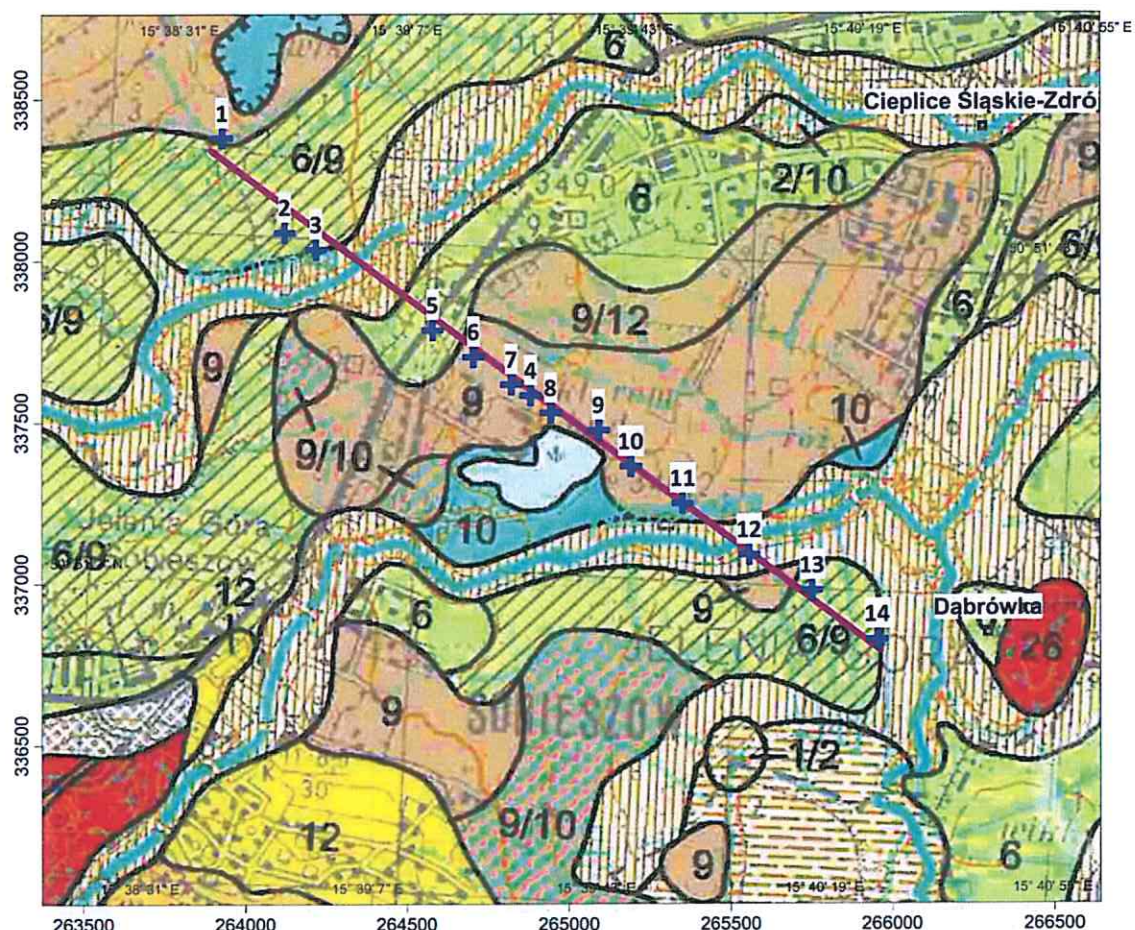
Utwory czwartorzędowe rozwinęły się w erozyjnym obniżeniu Kotliny Jeleniogórskiej, wypełniając niewyrównany profil granitowego podłoża kotliny, dzięki czemu miąższość osadów jest bardzo zmienna.

W środkowej części, w rejonie Cieplić Śląskich Zdroju miąższość czwartorzędu waha się w granicach kilku – kilkunastu metrów. Najstarszymi utworami serii glacialnej, zalegającymi na skałach granitowych jest osad zbudowany z gruzu i żwirów granitowych uznany za preglacjał. Osady preglacjału na terenie Cieplić stanowią fragment zwietrzelinowych stożków napływowych, sypanych od północy, południa i wschodu. Na zwietrzelinie preglacialnej niekiedy leżą ropy zastoiskowe, przeławicone najliczniej w spągu drobnymi warstewkami ropy piaszczystych, bogatych w drobne ziarenka kwarcu. Na osadach zastoiskowych występują utwory moreny dennej, które zachowały się w formie litej pokrywy glin zwałowych, ciągnących się od Cieplić na północ do Goduszyna. Ponadto spotyka się szereg płytów glin zwałowych szczególnie na południowy wschód od Cieplić, gdzie zostały stwierdzone wykopami. Gliny zwałowe są barwy brunatnej, w spągowych partiach zielonkawe, zawierają liczne okruchy granitu, gnejsu, kwarcu, łupków łuszczykowych i kwarców. Utwory fluwioglacialne zachowały się jedynie między Jelenią Górą i Cieplcami na wschód od rzeki Kamiennej. Żwiry i piaski fluwioglacialne leżą na morenie dennej, zbudowanej z materiału karkonoskiego z domieszką skał kaczawskich i skandynawskich. Z polodowcowej rzecznej działalności erozyjnej, w rejonie Parku Zdrojowego w Cieplicach zachowały się płyty żwirów tarasowych. Utwory te przykryte są żwirami i piaskami holoceniowymi. Lokalizację profilu MT na tle Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski przedstawiono na Rys. 2.

4. WARUNKI GEOLOGICZNE I HYDROGEOLOGICZNE WYSTĘPOWANIA WÓD LECZNICZYCH

W omawianym obszarze wody lecznicze występują w szczelinach granitu plagioklazowo – mikroklinowego, porfirowatego. W obrębie ujęć granit jest w dużym stopniu zwietrzały. Miększa zwietrzelina granitowa występuje w postaci rumoszu, żwirów, piasków, głazików i przemieszana jest materiałem ilastym, szczególnie kaolinem powstałym z wietrzenia skał.

Z uwagi na pokrywę czwartorzędową sytuacja tektoniczna wpływów źródłanych nie jest dokładnie poznana. Przypuszcza się, że strefy granitów zróżnicowanych petrograficznie, kontaktują ze sobą w strefie wód termalnych. Czyli, że strefa wód termalnych przebiega wzdłuż linii kontaktu granitu zróżnicowanego strukturalnie i petrograficznie. Mamy tu do czynienia prawdopodobnie ze strefą głębokich spękań tektonicznych lub niewielkich, aczkolwiek głębokich dyslokacji.



OBJAŚNIENIA:

	t_{Qh}	Torfy: na płaskich i żwirach, miejscami nad den dolinnych i tarasów zalewowych 1,0-4,0 m n.p. rzeki
	p_{Qh}^0	Piaski i żwiry, miejscami mady den dolinnych i tarasów zalewowych 1,0-4,0 m n.p. rzeki: na mułkach i ilach zastoiłkowych
	d_{Qp}	Gliny i piaski deluwialne:
	z_{Qp}	Gliny zwietrzelinowe (eluwialne) i rumosze skalne
	p_{Qp}^0	Piaski i żwiry rzeczne tarasów nadzalewowych 5,0-7,0 m n.p. rzeki: na glinach zwałowych
	g_{Qp}^3	Gliny zwałowe: na mułkach i ilach zastoiłkowych na żwirach i piaskach preglacialnych
	m_{Qp}^2	Mułki i ropy zastoiłkowe
	p_{Qp}^1	Żwiry i piaski preglacialne
	g_{C3}	Granity gruboziarniste, porfirowate i średnioziarniste

- granice przypuszczalne
- przypuszczalne garnice nasunięć
- wykonany punkt sondowania magnetotellurycznego
- profil magnetotelluryczny

0m 200m 400m 600m 800m

Układ współrzędnych PUWG-1992

Rys. 2. Lokalizacja profilu MT na tle Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (arkusz M-33-44-A – „Jelenia Góra”), 2005 r.

5. ZAKRES PRAC GEOFIZYCZNYCH

Prace polowe poprzedzono wizją terenową przeprowadzoną 12 października 2020 r. w towarzystwie przedstawiciela Zleceniodawcy oraz projektanta, dra Józefa Fistka. W trakcie wizji terenowej ustalono optymalny przebieg profilu geofizycznego, który w przypadku pozytywnych wyników badań pozwoli wskazać lokalizację otworu geotermalnego w miejscu o zidentyfikowanej własności gruntowej oraz potrzebie infrastrukturalnej.

W ramach dokumentowanych prac wykonano:

- pomiary metodą magnetotelluryczną w paśmie częstotliwości MT/AMT w liczbie 14 sondowań (Tab. 1), wzdłuż profilu o długości 2500 m,
- przetwarzanie danych pomiarowych metodą robust remote reference,
- obliczenie przekrojów geoelektrycznych metodą inwersji 1D i 2D,
- interpretacja geologiczno-geofizyczna,
- wizualizacja wyników,
- opracowanie tekstowe.

Tab. 1. Współrzędne sondowań MT

Punkt	Układ współrzędnych WGS-84		Układ współrzędnych 1992		H [m]
	Długość geograficzna [°]	Szerokość geograficzna [°]	X (na wschód) [m]	Y (na północ) [m]	
1	15.6441	50.8640	263928	338380	350
2	15.6470	50.8615	264122	338088	350
3	15.6484	50.8611	264219	338035	350
5	15.6537	50.8590	264581	337785	351
6	15.6556	50.8583	264707	337702	350
7	15.6573	50.8575	264824	337616	349
4	15.6582	50.8573	264884	337582	349
8	15.6591	50.8568	264945	337528	348
9	15.6612	50.8564	265093	337475	347
10	15.6627	50.8554	265193	337361	345
11	15.6650	50.8544	265353	337247	343
12	15.6681	50.8531	265558	337088	343
13	15.6709	50.8522	265753	336978	342
14	15.6738	50.8509	265955	336826	342

6. METODYKA PRAC TERENOWYCH, PRZETWARZANIA I INTERPRETACJI W BADANIACH MAGNETOTELLURYCZNYCH

Metodyka prac terenowych

W badaniach wykorzystana została metoda sondowań magnetotellurycznych w szerokim zakresie częstotliwości tj. paśmie MT/AMT. Rejestracja przebiegów czasowych wykonana została na punktach polowych przy użyciu odbiorników MTU-5C produkcji kanadyjskiej firmy Phoenix Geophysics Inc. (Rys. 3).

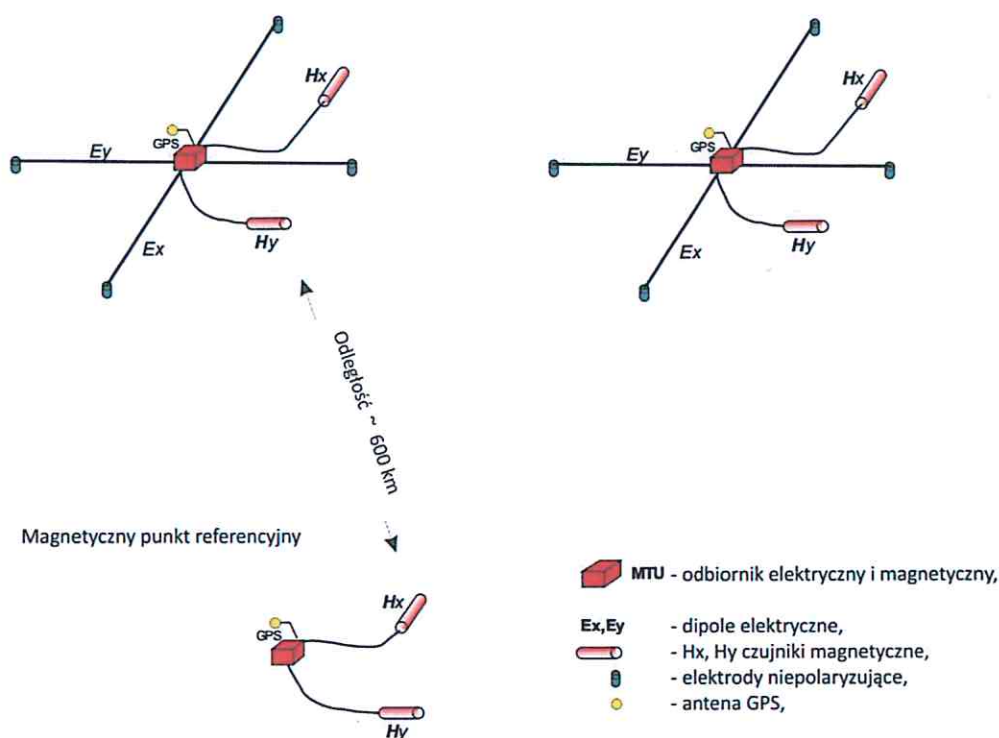
W celu zmniejszenia wpływu zakłóceń elektromagnetycznych pomiary wykonywano dwupunktowo, z tzw. magnetycznym punktem referencyjnym (magnetic remote reference). Bezpośrednio przed pomiarami wykonane zostały prace geodezyjne oraz kalibracja aparatury pomiarowej i czujników pola magnetycznego. W ramach prac geodezyjnych wytyczono położenie elektrod pomiarowych (dipoli) i czujników pola magnetycznego.

Prace terenowe polegały na rejestracji przebiegów czasowych składowych naturalnego pola elektromagnetycznego w paśmie MT/AMT na kolejnych stanowiskach pomiarowych wzdłuż linii profilowej. Rejestracje odbywały się synchronicznie na punktach polowym i punkcie referencyjnym w zakresie częstotliwości 0.001 Hz – 10 kHz, czyli w paśmie audiomagnetotellurycznym (AMT) i magnetotellurycznym (MT). Czas rejestracji na jednym punkcie pomiarowym wynosił dla omawianych badań od 12 do 24 godzin. Podstawowy układ pomiarowy (Rys 4) pozwala na rejestrację naturalnego pola EM przy pomocy pary wzajemnie prostopadłych dipoli elektrycznych: E_x i E_y , a także dwóch czujników magnetycznych typu MTC-150 (rejestrujących pasmo AMT oraz MT) do pomiaru składowych magnetycznych, odpowiednio: H_x i H_y , lokalizowanych w pobliżu środka dipoli elektrycznych. Dipole elektryczne zbudowane są z izolowanego kabla i pary uziemień w postaci elektrod niepolaryzujących. Dipole elektryczne i czujniki magnetyczne podłączone zostały bezpośrednio do odbiornika. Przebiegi czasowe zapisywano bezpośrednio i niezależnie w każdym odbiorniku na kartach typu SD 64GB (MTU-5C). Poziome składowe magnetyczne zarejestrowano przy azymucie takim samym, jak dla dipoli elektrycznych.



Rys. 3. Aparatura pomiarowa

Sondowania MT/AMT



Rys. 4. Schemat układu pomiarowego w metodzie magnetotellurycznej

Przetwarzanie danych polowych

Zarejestrowane przebiegi czasowe z sondowań MT/AMT były przedmiotem wielostopniowego processingu numerycznego wykonanego przy użyciu procedur typu robust zaimplementowanych do oprogramowania EMPower firmy Phoenix Geophysics Ltd. W pierwszym etapie dokonano estymacji impedancji w funkcji częstotliwości z zarejestrowanych przebiegów czasowych stosując Szybką Transformatę Fouriera (FFT), a następnie wyliczono pary krzywych magnetotellurycznych, amplitudowych i fazowych, dla każdego punktu sondowania.

Drugi etap przetwarzania danych objął przygotowanie krzywych sondowań (amplitudowych i fazowych) do interpretacji poprzez manualną edycję poszczególnych składowych spektralnych.

Zbiorem wyjściowym są dane magnetotelluryczne zapisane w międzynarodowym formacie SEG-Edi.

Interpretacja danych magnetotellurycznych

Interpretację sondowań magnetotellurycznych podzielić można na jakościową (głównie określenie wymiarowości ośrodka geoelektrycznego, interpretacja w domenie częstotliwości) oraz ilościową (obliczenie modeli geoelektryczno-opornościowych).

W ramach analizy jakościowej przeanalizowano charakter krzywych amplitudowych i fazowych wzdłuż profilu. Interpretację jakościową przeprowadza się w domenie częstotliwości. Krzywe wcześniej poddano rotacji do kierunku zgodnego z kierunkiem profilu pomiarowego.

Interpretacja ilościowa krzywych sondowań geoelektrycznych realizowana jest poprzez modelowanie ośrodków jedno-, dwu- i trójwymiarowych (zagadnienie wprost) oraz przy pomocy procedur inwersyjnych (zagadnienie odwrotne). Interpretacja ilościowa przy pomocy metod inwersyjnych 1D i 2D miała na celu określenie rozkładu oporności ośrodka geologicznego w funkcji głębokości.

Końcowym etapem interpretacji danych magnetotellurycznych było modelowanie inwersyjne 1D i/lub 2D tzw. bez więzów, tj. bez ograniczeń nakładanych na interpretowane struktury geologiczne. Modele startowe do inwersji 2D opracowano na bazie modeli jednowymiarowych metodą Occama (tzw. model wygładzony). Do inwersji zastosowano algorytm NLCG (NonLinear Conjugate Gradient). Wykonano szereg modeli celem znalezienia ogólnej charakterystyki ośrodka geologicznego. Brak informacji geologicznej, szczególnie rozkładu oporności skał, z otworów wiertniczych nie pozwolił na „uszczegółowienie” modeli geoelektrycznych poprzez wprowadzenie więzów na tzw. główne granice kompleksów geoelektrycznych. Ostatecznie zdecydowano, że końcowy model będzie oparty na modelowaniu inwersyjnym 1D metodą Occama dla tzw. krzywych inwariantnych – a więc wyników będących kombinacją krzywych XY i YX, więc niezależnych od azymutu układu pomiarowego. Wykonano również modelowanie 2D celem weryfikacji uzyskanego modelu.

Wyniki finalne modelowania inwersyjnego wraz z interpretacją głównych granic (kompleksów) geoelektrycznych w postaci przekrojów opornościowych przedstawiono na załączniku 2.

Przedstawiony przekrój odzwierciedla budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne ośrodka geologicznego poprzez zróżnicowanie oporności elektrycznych.

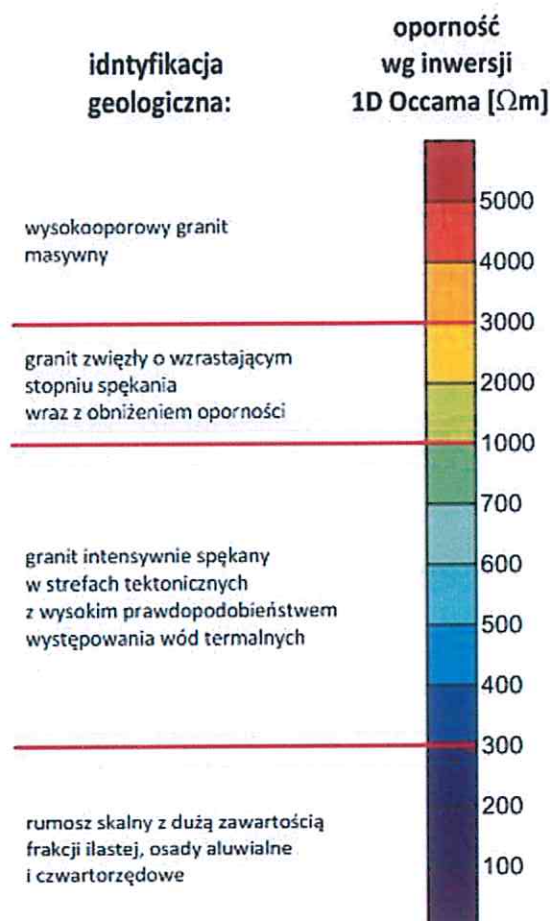
7. WYNIKI BADAŃ

W zagadnieniach poszukiwań wód termalnych metodami geofizycznymi podstawowe znaczenie ma określenie geometrii poziomów wodonośnych, dróg migracji płynów oraz prognozowanie ich mineralizacji i temperatury. Podstawowy parametr charakteryzujący własności geoelektryczne ośrodka tj. oporność, odzwierciedla głównie jego zróżnicowanie litologiczne jest on jednak modyfikowany także przez porowatość i przepuszczalność ośrodka skalnego, rodzaj i skład chemiczny nasycających mediów, a także przez ich temperaturę.

Badania magnetotelluryczne (MT) są jedną z najbardziej efektywnych metod geofizycznego rozpoznania głębokich struktur geologicznych, szczególnie w zakresie problematyki poszukiwania wód termalnych. Zarejestrowane w terenie dane pomiarowe poddano procedurom interpretacyjnym ukierunkowanym na wyeksponowanie najistotniejszych elementów budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych badanego obszaru. Finalny efekt opisanych wyżej procedur; przetwarzania i modelowań stanowi załączony przekrój oporności (Zał. 2), prezentujący rozkład oporności w ośrodku geologicznym w postaci skali kolorystycznej eksponującej kontrasty opornościowe serii skalnych budujących obszar badań. W ramach analizy wyników interpretacji danych magnetotellurycznych dokonano wydzielenia głównych kompleksów opornościowych w ośrodku geologicznym wzdłuż linii profilowej i powiązania ich z kompleksami geologicznymi oraz elementami tektoniki.

Na przekroju zastosowano kolorystykę dla przyjętych wydzieleni opornościowych, które pod względem geologicznym powinny być identyfikowane w sposób następujący:

- powyżej 3000 Ωm – jako odzwierciedlenie granitu masywnego, nieco bardziej spękanego przy niższych wartościach oporności
- 1000 Ωm do 3000 Ωm – granit związany o wzrastającym stopniu spękania wraz z obniżeniem wartości oporności
- 300 Ωm do 1000 Ωm – granit intensywnie spękany w strefach tektonicznych z wysokim prawdopodobieństwem występowania wód termalnych
- poniżej 300 Ωm – rumosz skalny z dużą zawartością frakcji ilastej, osady aluwialne i czwartorzędowej.



Rys. 5. Skala oporności z dowiązaniem do kompleksów skalnych

Opracowany przekrój stwarza optymistyczne przesłanki dla realizacji planowanego przedsięwzięcia zmierzającego do wykorzystania odnawialnej energii wód termalnych. Wyznaczone uskoki, uwidaczniające się do głębokości ponad 2 km, stanowią niewątpliwie fragmenty tektoniki o znacznie szerszym zasięgu. Widoczne na obrazie geofizycznym strefy zmienności oporności, zinterpretowane zostały jako system stref tektonicznych (uskoków) o głębokich założeniach, które mogą być odpowiedzialne za zasilanie obszaru w wodę termalną z większych odległości i głębokości. Rozległa strefa obniżonej oporności, zlokalizowana pomiędzy sondowaniami nr 5 i nr 10 świadczy o dużym zaangażowaniu tektonicznym tego obszaru, natomiast dostępna wiedza geologiczna wskazuje na jej związek z występowaniem wód termalnych. Interesująca jest również anomalia niskooporowa wskazana w rejonie sondowań nr 2 i nr 3 na głębokości około 1000 m p.p.t., jakkolwiek jej lokalizacja (w rejonie ul. Cieplickiej i linii kolejowej) nie uzasadnia jej, jako perspektywicznej dla lokalizacji otworu badawczego.

Należy też wspomnieć, o empirycznej zależności wskazanej przez A.S. Quist i W.L. Marshal w 1968 r. (Quist A.S., and Marshall W.L. 1968. Electrical conductances of aqueous sodium chloride solution from 0 to

800 ° and at pressures to 4000 bars: *Journal of Physical Chemistry*, v. 72 no. 2 p. 684 –702), która mówi o odwrotnej korelacji temperatury wód mineralnych z ich opornością. Oznacza to, że w badaniach geofizycznych metodą magnetotelluryczną w strefach masywów granitowych (wysokooporowych) należy jako cel badań traktować głęboko pogrążone strefy anomalii względnie niskooporowych.

Wyniki przeprowadzonych badań magnetotellurycznych stwarzają podstawę do wskazania optymalnej lokalizacji otworu geotermalnego C-3, z wysokim prawdopodobieństwem uzyskania zadowalającego rezultatu. Wskazana na mapie dokumentacyjnej (Zał. nr 1) i przekroju (Zał. nr 2) lokalizacja mieści się w granicach preferowanej działki nr 83/2. Przekrój magnetotelluryczny uzasadnia projektowanie otworu C-3 o głębokości rzędu 2000 metrów, aczkolwiek ustalenie ostatecznej głębokości otworu pozostawia się w gestii Autorów projektu. Należy również rozpatrzyć możliwość otworu kierunkowego.













8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- Niniejsze sprawozdanie sporządzone zostało na podstawie Umowy nr RI.272.27.2020 zawartej w dniu 7 października 2020 roku, w ramach której wykonano powierzchniowe badania geofizyczne metodą magnetotelluryczną.
- Prace geofizyczne wykonano dla potrzeb rozpoznania warunków geotermalnych oraz wskazania optymalnej lokalizacji i głębokości badawczego otworu geotermalnego „C-3”.
- W ramach prac terenowych wykonano 14 sondowań w paśmie MT/AMT wzdłuż jednego profilu pomiarowego o długości 2,5 km. Wyniki prac obliczeniowych i interpretacyjnych przedstawiono w postaci przekroju geoelektrycznego.
- Wyniki przeprowadzonych badań magnetotellurycznych spełniają, w opinii autorów, zadania stawiane przed geofizyką związane z rozpoznaniem budowy geologicznej, tektoniki i potencjału hydrotermalnego wskazanego obszaru.
- Analiza wyników danych magnetotellurycznych umożliwiła wydzielenie głównych kompleksów opornościowych w ośrodku geologicznym wzdłuż linii profilowej i powiązaniu ich z kompleksami geologicznymi oraz tektoniką.
- Rozległa anomalia niskooporowa, zlokalizowana pomiędzy sondowaniami nr 5 i nr 10 świadczy o dużym zaangażowaniu tektonicznym tego obszaru, natomiast dostępna wiedza geologiczna wskazuje na korelację stref uskokowych z występowaniem wód termalnych.
- Wyznaczone uskoki, uwidaczniające się do głębokości ponad 2 km, stanowią niewątpliwie fragmenty tektoniki o znacznie szerszym zasięgu.
- Efektem finalnym prac interpretacyjnych jest przedstawiona na załącznikach propozycja lokalizacji i głębokości nowego otworu badawczego „C-3”.

- Należy zaznaczyć, że do szczegółowego rozpoznania obszaru tak, aby możliwa była szeroko rozumiana interpretacja budowy geologicznej rejonu badań pod względem tektoniki oraz dowiązań litostratygraficznych, należałoby rozszerzyć zakres wykonanych badań magnetotellurycznych wraz z dowiązaniem ich do istniejących otworów wiertniczych.

Sprawozdanie wykonano w pięciu egzemplarzach.

Kraków, listopad 2020 r.

WYKONAWCA:  GEOPARTNER GEOFIZYKA Sp. z o. o. ul. Sikońska 39 B 30-383 Kraków		Załącznik nr 1 Egzemplarz nr 1
ZLECENIODAWCA:  Miasto Jelenia Góra Pl. Ratuszowy 58 58-500 Jelenia Góra		
OPRACOWANIE: DOKUMENTACJA z badań geofizycznych metodą magnetotelluryczną MT dla potrzeb rozpoznania warunków występowania wód termalnych oraz wskazania optymalnej lokalizacji i głębokości otworu geotermalnego C-3 w Jeleniej Górze - Cieplicach		
TYTUŁ: Mapa lokalizacyjna wykonanych sondowań magnetotellurycznych		
OBJAŚNIENIE: <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-start;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  <div> - wykonany punkt sondowania magnetotellurycznego - profil magnetotelluryczny </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  <div> - proponowana lokalizacja otworu C-3 </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  <div> - izohipsa (warstwice kreślono co 1 m) </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  <div> - nazwa miejscowości </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  <div> - obszar zabudowany </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  <div> - obszary zielone </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  <div> - rzeki, ciek wodny </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;">  <div> - drogi </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div> - linia kolejowa </div> </div> </div>		
PAŃSTWOWY UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH 1992, POZIOM ODNIENIENIA KRONSTAD		SKALA: 1 : 10 000 
KRAKÓW, LISTOPAD 2020		

