



PROINVEST
SOLUTIONS

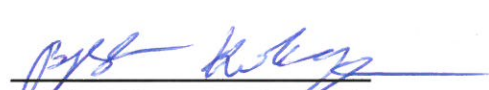
Inwestor:
Gmina Brzesko
ul. Głowackiego 51
32-800 Brzesko

PROJEKT ROBÓT GEOLOGICZNYCH
NA WYKONANIE OTWORU POSZUKIWAWCZO-
ROZPOZNAWCZEGO WÓD TERMALNYCH BRZESKO GT-1
W MIEJSCOWOŚCI BRZESKO

Województwo:
Powiat:
Gmina:
Miejscowość:
Zlewnia:

małopolskie
brzeski
Brzesko
Brzesko
rz. Uszwica

Autorzy:


mgr inż. Katarzyna Bystron
nr upr.IV-0453


dr inż. Piotr Jan Długosz


mgr inż. Łukasz Gut


mgr inż. Piotr Długosz

Projekt przedstawia
do zatwierdzenia:


Burmistrz Brzeska

mgr Tomasz Latocha

URZĄD MARSZAŁKOWSKI
WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO
Departament Środowiska

Decyzja nr SR-IX.4922.53.5.2021
Z dnia 9.12.2021r.

Kraków, wrzesień 2021 r.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP.....	4
2. CHARAKTERYSTYKA REJONU ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH.....	6
2.1. POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE I GEOGRAFICZNE.....	6
2.2. OPIS ZAGOSPODAROWANIA TERENU	7
3. STAN ROZPOZNANIA OBSZARU BADAŃ.....	8
3.1. ROZPOZNANIE BUDOWY GEOLOGICZNEJ.....	8
3.2. ROZPOZNANIE WARUNKÓW HYDROGEOTERMALNYCH ORAZ PERSPEKTYWY UZYSKANIA WÓD TERMALNYCH.....	10
4. BUDOWA GEOLOGICZNA.....	23
4.1.1. STRATYGRAFIA	23
4.2. TEKTONIKA	28
5. CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA.....	30
5.1. REGIONALIZACJA HYDROGEOLOGICZNA	30
5.2. WODY PODZIEMNE – UŻYTKOWE PIĘTRA WODONOŚNE.....	31
5.3. GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH (GZWP).....	31
5.4. JEDNOLITE CZĘŚCI WÓD PODZIEMNYCH (JCWPd).....	31
5.5. ZASOBY DYSPOZYCYJNE WÓD PODZIEMNYCH	32
6. MOŻLIWOŚCI OSIĄGNIĘCIA CELU ROBÓT GEOLOGICZNYCH.....	32
6.1. UZASADNIENIE LOKALIZACJI ORAZ RODZAJU PROJEKTOWANEGO OTWORU.....	32
6.2. PRZEWIDYWANY PROFIL GEOLOGICZNY OTWORU BRZESKO GT-1	33
6.3. PRZEWIDYWANA KONSTRUKCJA OTWORU BRZESKO GT-1	35
6.4. PŁYNY WIERTNICZE.....	39
6.5. SPOSÓB ZAMYKANIA HORYZONTÓW WODONOŚNYCH.....	39
6.6. SPOSÓB I TERMIN LIKWIDACJI OTWORU	39
6.7. OPRÓBOWANIE OTWORU	40
6.7.1. Zakres, ilość i wielkość przewidywanych do pobrania próbek geologicznych	40
6.7.2. Sposób postępowania z próbkami geologicznymi oraz określenie próbek geologicznych podlegających przekazaniu organowi administracji geologicznej	41
6.8. ZAKRES OBSERWACJI I BADAŃ TERENOWYCH.....	42
6.8.1. Pomiar geofizyki wiertniczej	42
6.8.2. Aparatura Kontrolno-Pomiarowa.....	43
6.8.3. Badania rurowym próbnikiem złoża	44
6.8.4. Pomiar Production Logging.....	44
6.8.5. Próbne pompowania	45
6.8.6. Badania i pomiary specjalne.....	46
6.9. ZAKRES BADAŃ LABORATORYJNYCH	46
6.9.1. Badania laboratoryjne próbek okruchowych i rdzeni.....	46
6.9.2. Badania laboratoryjne próbek wody termalnej i gazów rozpuszczonych w wodzie	47

6.10.	PRZEWIDYWANA WIELKOŚĆ DOPŁYWU WÓD DO PROJEKTOWANEGO OTWORU	47
6.11.	PRZEWIDYWANA JAKOŚĆ WODY ODPOMPOWANEJ Z OTWORU	48
6.12.	SPOSÓB ODPROWADZANIA WODY ODPOMPOWANEJ Z OTWORU	48
7.	WYSZCZEGÓLNIENIE NIEZBĘDNYCH PRAC GEODEZYJNYCH	48
8.	HARMONOGRAM ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH	48
9.	WPŁYW ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH NA OBSZARY CHRONIONE, W TYM OBSZARY NATURA 2000	50
9.1.	OKREŚLENIE ODDZIAŁYWANIA PLANOWANEGO PRZEDSIĘWZIĘCIA NA ŚRODOWISKO	50
9.2.	WYSTĘPOWANIE OBSZARÓW CHRONIONYCH W MIEJSCU PROJEKTOWANYCH ROBÓT	50
9.3.	OPIS ZAGROZEŃ DLA ŚRODOWISKA NATURALNEGO ZWIĄZANYCH Z RODZAJEM PROJEKTOWANYCH ROBÓT	52
9.3.1.	<i>Zagrożenie dla gleb i gruntów</i>	<i>52</i>
9.3.2.	<i>Zagrożenia dla wód powierzchniowych i podziemnych</i>	<i>53</i>
9.3.3.	<i>Emisja zanieczyszczeń do powietrza</i>	<i>54</i>
9.3.4.	<i>Emisja hałasu do środowiska</i>	<i>55</i>
9.3.5.	<i>Zarządzanie odpadami</i>	<i>55</i>
10.	RODZAJ DOKUMENTACJI GEOLOGICZNEJ MAJĄCEJ POWSTAĆ W WYNIKU ROBÓT GEOLOGICZNYCH	58
11.	SPIS LITERATURY I MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH	59

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

1. Mapa topograficzna z naniesioną lokalizacją projektowanego otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych Brzesko GT-1 w skali 1:25 000.
2. Mapa sytuacyjno-wysokościowa z naniesioną lokalizacją projektowanego otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych Brzesko GT-1 w skali 1:10 000.
3. Fragment Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Brzesko (999), autorka: K. Skoczylas-Ciszewska, 1954.
- 4.a. Fragment Mapy Geośrodowiskowej Polski (II) w skali 1:50 000, plansza A, arkusz Brzesko (999), autorzy: I. Laskowicz i in., 2014.
- 4.b. Fragment Mapy Geośrodowiskowej Polski (II) w skali 1:50 000, plansza B, arkusz Brzesko (999), autorka: O. Kozłowska, 2014.
5. Fragment Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Brzesko (999), autorzy: J. Chowaniec, K. Witek, 1997.
6. Schematyczny przekrój geologiczny.
7. Projekt geologiczno-techniczny otworu Brzesko GT-1.

8.a. Wypis z rejestru gruntów.

8.b. Wrys z mapy ewidencyjnej gruntów.

Mapy topograficzne dla obszarów lądowych wykorzystane do opracowania załączników nr 1 i 2 zostały pozyskane z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego.

SPIS TABEL

Tab. 1. Archiwalne prace sejsmiczne wykonane w rejonie Brzeska.	8
Tab. 2. Spodziewany profil litologiczno-stratygraficzny otworu Brzesko GT-1.....	33
Tab. 3. Harmonogram zamierzonych robót geologicznych.	49

SPIS RYSUNKÓW

Rys. 1. Projektowany otwór Brzesko GT-1 na tle regionów fizycznogeograficznych	7
Rys. 2. Rozmieszczenie głębokich otworów wiertniczych nawiercających lub przewiercających cenoman wraz z przebiegiem i rozmieszczeniem profili i zdjęć sejsmicznych w rejonie projektowanych robót.....	9
Rys. 3. Występowanie złóż surowców oraz obszarów i terenów górniczych w rejonie projektowanych robót.....	10
Rys. 4. Mapa zasięgu i miąższości piaszczystych utworów cenomanu z lokalizacją projektowanego otworu Brzesko GT-1	12
Rys. 5. Mapa strukturalna powierzchni spągowej cenomanu (poza zasięgiem cenomanu – powierzchnia górnajurajska) z lokalizacją projektowanego otworu Brzesko GT-1	15
Rys. 6. Mapa miąższości piaszczystych utworów doggeru (jury środkowej) z lokalizacją projektowanego otworu Brzesko GT-1	20
Rys. 7. Mapa strukturalna powierzchni stropowej piaszczystych utworów jury środkowej (poza zasięgiem doggeru – powierzchnia spągowa górnej jury) z lokalizacją projektowanego otworu Brzesko GT-1	22
Rys. 8. Lokalizacja projektowanego otworu Brzesko GT-1 na tle Mapy głównych jednostek tektonicznych Polski na powierzchni podkenozoicznej.....	30
Rys. 9. Projektowana lokalizacja otworu Brzesko GT-1 na tle obszarów chronionych	51

1. WSTĘP

Niniejszy projekt robót geologicznych sporządzono na zlecenie Gminy Brzesko, z siedzibą w Brzesku przy ul. Głowackiego 51, 32-800 Brzesko.

Projekt przewiduje wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych Brzesko GT-1 o głębokości 2140 m ($\pm 10\%$) w mieście Brzesko, gmina Brzesko, powiat brzeski, województwo małopolskie. Inwestorem przedsięwzięcia jest Gmina Brzesko.

Głównym celem projektowanych robót jest rozpoznanie oraz ujęcie wód termalnych z utworów cenomańsko-jurajskich. Oczekiwane przez inwestora parametry eksploatacyjne projektowanego otworu przedstawiają się następująco:

- wydajność: 150 m³/h;
- temperatura wody termalnej na wypływie: powyżej 50°C;
- mineralizacja wody: do 70 g/dm³.

Szczegółowe rozpoznanie warunków geologicznych oraz potencjału geotermalnego wytypowanych zbiorników wodonośnych w rejonie projektowanego otworu będzie możliwe po wykonaniu prac przedstawionych w niniejszym projekcie.

Z przeprowadzonych robót i badań geologicznych zostanie sporządzona dokumentacja hydrogeologiczna, w której ustalone zostaną zasoby eksploatacyjne projektowanego ujęcia wód termalnych.

Wody podziemne ujęte planowanym do realizacji otworem Brzesko GT-1 będą wykorzystane do celów ciepłowniczych.

Lokalizacja projektowanego otworu została wybrana w porozumieniu z Inwestorem.

Niniejszy projekt sporządzono z wykorzystaniem następujących aktów prawnych:

- *Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (tekst jednolity w Dz. U. z 2021 r., poz. 1420),*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. Nr 288, poz. 1696 z późn. zm.),*
- *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2019 r., poz. 1839),*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. z 2016 r. poz. 2033),*
- *Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 grudnia 2020 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych (Dz. U. z 2020 r., poz. 2449),*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. z 2015 r. poz. 903),*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2017 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz. U. z 2017 r. poz. 2075),*
- *Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (tekst jednolity w Dz. U. z 2021 r. poz. 1326 z późn. zm.),*
- *Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (tekst jednolity w Dz. U. z 2021 r. poz. 624 z późn. zm.),*
- *Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (tekst jednolity w Dz. U. z 2021 r., poz. 1098),*
- *Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (tekst jednolity w Dz. U. z 2021 r., poz. 779 z późn. zm.),*
- *Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. z 2020 r. poz. 10).*

2. CHARAKTERYSTYKA REJONU ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH

2.1. Położenie administracyjne i geograficzne

Projektowane roboty będą prowadzone w Brzesku, położonym w gminie Brzesko, w powiecie brzeskim, w województwie małopolskim.

Pod względem fizycznogeograficznym omawiany obszar znajduje się w północno-wschodniej części Pogórza Wiśnickiego należącego do makroregionu Pogórze Zachodniobeskidzkie, w podprowincji Zewnętrzne Karpaty Zachodnie (Kondracki, 2002).

W krajobrazie Pogórza Wiśnickiego dominują wzgórza o płaskich i kopulastych wierzchołkach. Sieć dolinna jest dobrze rozwinięta, z dominującą, głęboko wciętą doliną Uszwicy, która posiada dobrze wykształcony taras zalewowy. Nachylenie stoków wynosi średnio kilkanaście procent, wzrastając do 25% na zboczach młodych dolin o charakterze wciosowym. Warunki geologiczne i morfologia zboczy sprzyjają powstawaniu osuwisk.

W odległości około 1 km na południowy-wschód przepływa rzeka Uszwica, będąca prawym dopływem Wisły.

Otwór Brzesko GT-1 będzie wykonywany w granicach administracyjnych miasta Brzesko, które jest najważniejszym ośrodkiem przemysłowym w okolicy. Znajdują się tu m.in. browar należący do Carlsberg Polska Sp. z o.o. oraz fabryka opakowań blaszanych CAN-PACK S.A.

Sieć komunikacyjna jest dobrze rozwinięta. Przez Brzesko przebiega linia kolejowa 91 Kraków Główny – Medyka oraz drogi krajowe nr 75 i 94. Na północ od Brzeska przebiega autostrada A4.



Rys. 1. Projektowany otwór Brzesko GT-1 na tle regionów fizycznogeograficznych Kondrackiego (źródło mapy: <https://pl.wikipedia.org/>; dostęp lipiec 2021).

2.2. Opis zagospodarowania terenu

Projektowana inwestycja realizowana będzie na działce o numerze ewidencyjnym 1411/353, obręb Brzesko. Właścicielem działki jest Skarb Państwa, a użytkownikiem wieczystym jest Inwestor (zał. 8).

Obecnie działka stanowi teren niezagospodarowany o powierzchni 6,6362 ha. Działkę tworzą grunty orne od średnio dobrych (klasa IIIB) po słabsze (klasa IVA) oraz pastwiska trwałe. Powierzchnia działki obniża się w kierunku ES (zał. 8). Dostęp do miejsca prac wiertniczych możliwy jest od drogi krajowej DK 75 lub od ul. Robotniczej lub al. Solidarności.

Rejon projektowanych robót odznacza się znacznym stopniem zurbanizowania. Od strony wschodniej i południowowschodniej występują tereny usługowo-przemysłowe. Na północny zachód od przedmiotowej działki znajdują się obiekty szpitala tj. Samodzielnego Publicznego Zespołu Opieki Zdrowotnej w Brzesku.

Lokalizacja projektowanego otworu została przedstawiona na mapie topograficznej (zał. 1) i sytuacyjno-wysokościowej (zał. 2).

3. STAN ROZPOZNANIA OBSZARU BADAŃ

3.1. Rozpoznanie budowy geologicznej

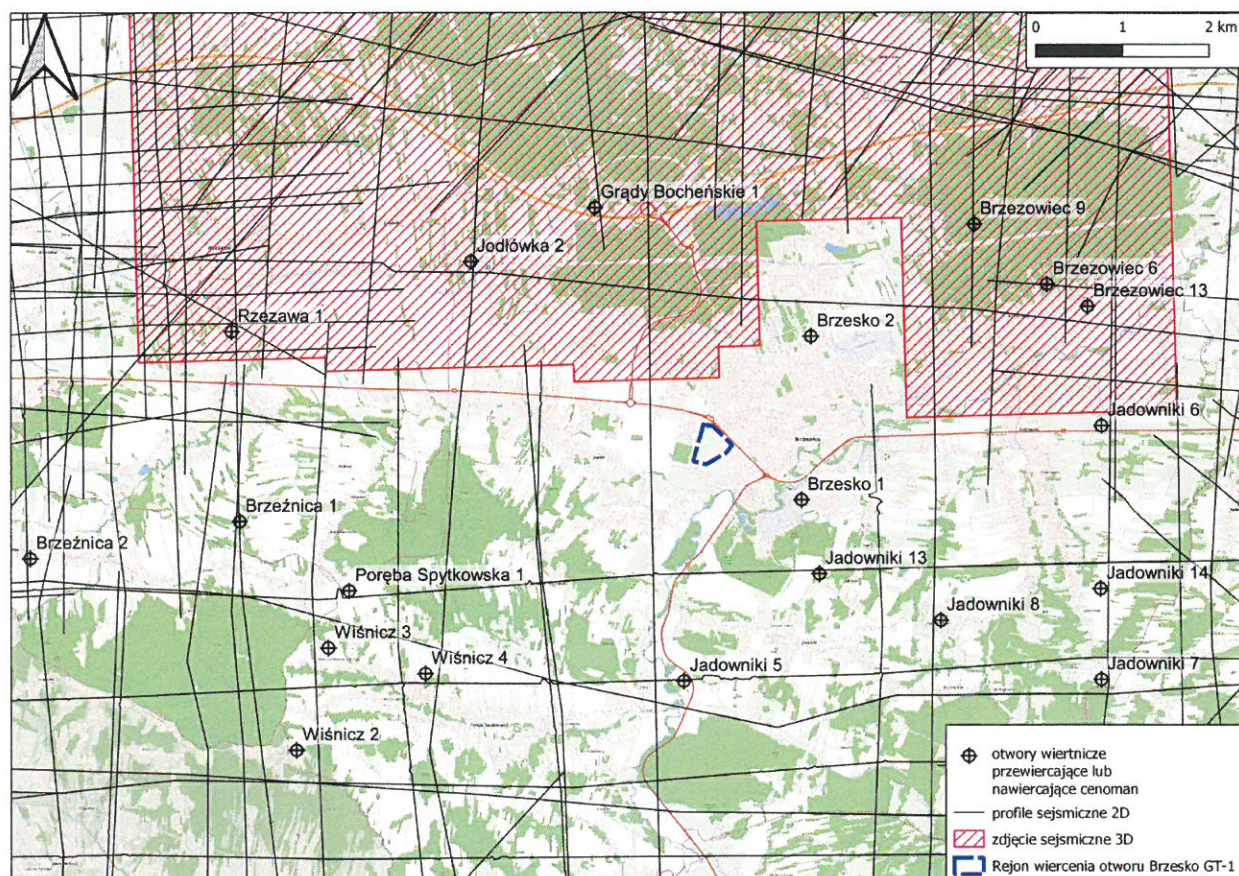
W celu rozpoznania wglębnej budowy geologicznej w rejonie Brzeska wykonano od lat 60-tych ubiegłego wieku szereg otworów wiertniczych oraz badań sejsmicznych. Sieć profili sejsmicznych wokół miasta jest dość gęsta, co pokazano na rys. 2. Listę tematów, na których prowadzono prace sejsmiczne oraz cel tych badań zawarto w tabeli 1.

Ważnym obiektem poszukiwawczym prac realizowanych w celu określenia potencjału naftowego w strefie przedgórza oraz w brzeżnej części nasunięcia karpackiego były piaskowce cenomanu, które charakteryzują się porowatością rzędu 20 – 30% i przepuszczalnością kilku darcy oraz stropowe serie jury górnej, szczególnie kawerniste wapienie oksfordu o porowatościach 2 – 8% i przepuszczalnościach kilkudziesięciu mdcy. Możliwość odkrycia złóż bituminów wiązano również z piaszczystymi utworami doggeru (jura środkowa) o porowatości do około 15% i przepuszczalności do kilkuset mdcy.

Tab. 1. Archiwalne prace sejsmiczne wykonane w rejonie Brzeska.

Nazwa tematu	Rok	Cel prac
Bochnia – Czchów – Pilzno 2D	1976 - 1978	Prześledzenie budowy geologicznej utworów miocenu i jego podłoża, ze szczególnym uwzględnieniem występujących w tej strefie podniesień strukturalnych w miocenie oraz rejestrowanych wcześniejszymi pracami wyklinowań dolnych ogniów miocenu nadanhydrytowego.
Borek – Łętowice 2D	1994	Szczegółowe rozpoznanie utworów miocenu i jury, określenie stref wyklinowań utworów cenomanu oraz w miarę możliwości rozpoznanie utworów podjurajskich.
Liplas – Grobla - Żukowice	1998	Rozpoznanie wewnętrznej budowy kompleksu miocenckiego oraz budowy podłoża miocenu, w tym szczególnie budowy strukturalnej i tektonicznej utworów cenomanu i malmu dla zlokalizowania pułapek.
Kosiarnia – Maszkienice 3D	1999	Rozpoznanie budowy wewnętrznej osadów miocenu oraz utworów cenomanu i jury.
Brzesko – Wojnicz 2D	2002	Detalizacja zasygnalizowanych stref z anomalnym zapisem, lokalizacja nowych potencjalnych pułapek dla węglowodorów, określenie zasięgu stref dyslokacyjnych i strefy kontaktu nasunięcia karpackiego z mioceniem sfałdowanym i mioceniem autochtonicznym.
Wiśnicz 2D	2005	Rozpoznanie obiektów strukturalnych: Iwkowa, Tworkowa i Tymowa, jak również uszczegółowienie rozpoznania piaskowcowych utworów miocenu, zwłaszcza w strefie ich wyklinowania do podłoża oraz w strefie ich bezpośredniego kontaktu z nasunięciem karpackim.

Rylowa – Maszkienice 2D-3C	2009	Uszczegółowienie istniejących badań w celu dokładniejszego wykartowania i określenia przebiegu stref dyslokacyjnych, określenie związku pomiędzy charakterem zapisu sejsmicznego a nasyceniem pułapek węglowodorów w utworach cenomanu, określenie stref anormalnego zapisu sejsmicznego w utworach miocenu autochtonicznego, rozpoznanie strukturalne utworów młodszego paleozoiku (bez permotriasu).
-------------------------------	------	--



Rys. 2. Rozmieszczenie głębokich otworów wiertniczych nawiercających lub przewiercających cenoman wraz z przebiegiem i rozmieszczeniem profili i zdjęć sejsmicznych w rejonie projektowanych robót

Źródła danych:

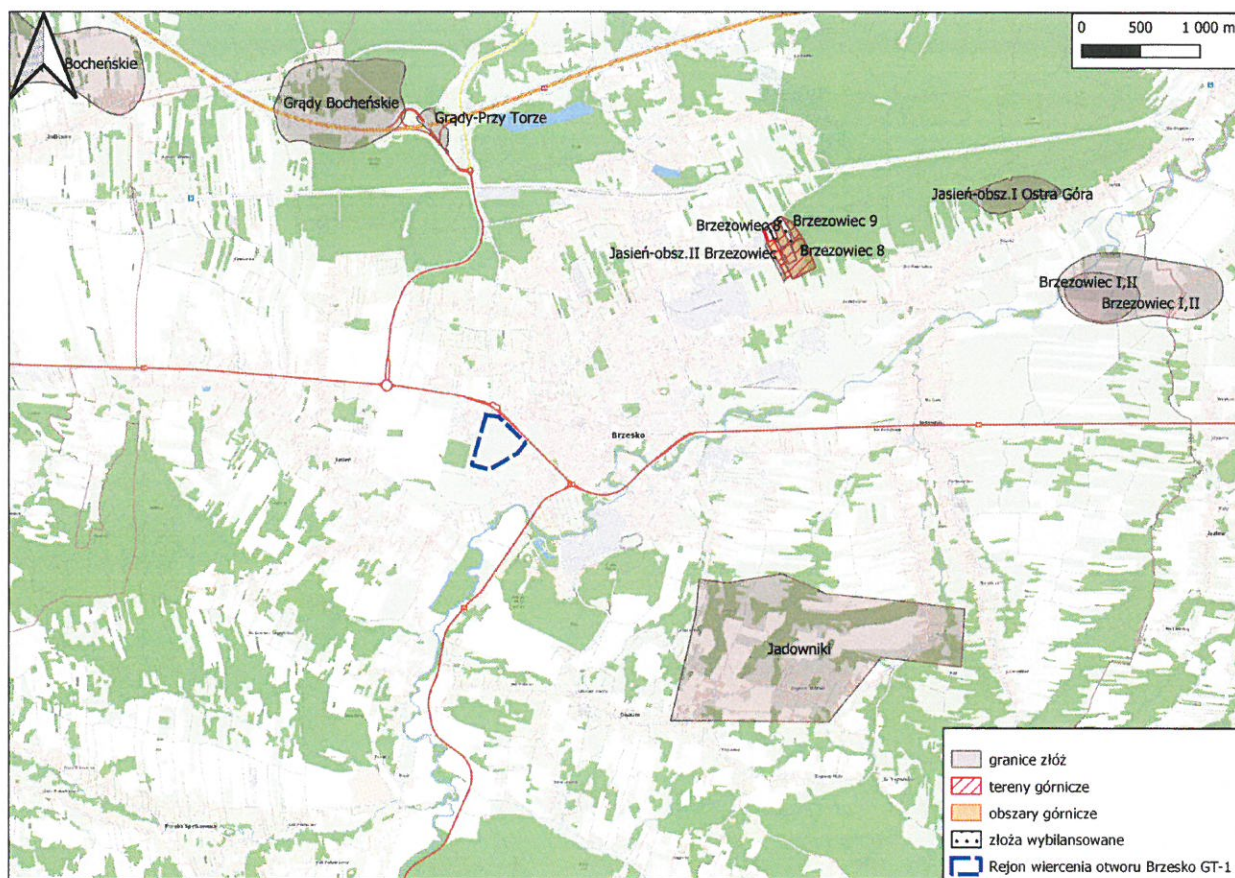
mapa topograficzna BDOT10k - <https://www.geoportal.gov.pl>; dostęp: lipiec 2021;

otwory wiertnicze: <https://dm.pgi.gov.pl>; dostęp: sierpień 2021;

profile sejsmiczne 2D oraz obszar zdjęcia sejsmicznego 3D: <https://dm.pgi.gov.pl>; dostęp: sierpień 2021.

Projektowany otwór Brzesko GT-1 znajduje się poza zasięgiem obszarów i terenów górniczych. Najbliższymi czynnymi złożami są złoża kruszyw naturalnych znajdujące się po przeciwnej stronie miasta (rys. 3).

Najbliższymi złożami węglowodorów są złoża gazu ziemnego: Grądy Bocheńskie i Jadowniki – oba w utworach miocenu zapadliska przedkarpackiego. Obecnie nie prowadzi się na nich eksploatacji (rys. 3).



Rys. 3. Występowanie złóż surowców oraz obszarów i terenów górniczych w rejonie projektowanych robót.

Źródła danych:

mapa topograficzna BDOT10k - <https://www.geoportal.gov.pl>; dostęp: lipiec 2021;

granice złóż, tereny i obszary górnicze, złoża wybilansowane: <https://dm.pgi.gov.pl>; dostęp: sierpień 2021;

3.2. Rozpoznanie warunków hydrogeotermalnych oraz perspektywy uzyskania wód termalnych

W rejonie Brzeska wody termalne o parametrach perspektywicznych do celów ciepłowniczych występują w mezozoicznym podłożu zapadliska przedkarpackiego, tj. w utworach górnej i środkowej jury oraz górnej kredy (cenoman). Za nieperspektywiczne uznaje się zbiorniki w utworach miocenu zapadliska i triasu dolnego.

Znaczenie zbiornika mioceniowego dla geotermalnego wykorzystania w rejonie Brzeska jest niewielkie, gdyż płytkie zaleganie wodonośnych utworów charakteryzuje niska temperatura wody oraz duża zmienność cech zbiornikowych (Barbacki i in., 2006).

Z kolei utwory triasu dolnego w omawianej strefie przykarpackiej uznaje się za mało perspektywiczne ze względu na słabe parametry filtracyjne. Przykłady wynoszące zaledwie 0,5 m³/h stwierdzono jedynie otworem Jadowniki 5, położonym około 3 km na południe od Brzeska (Górecki red. i in., 2011).

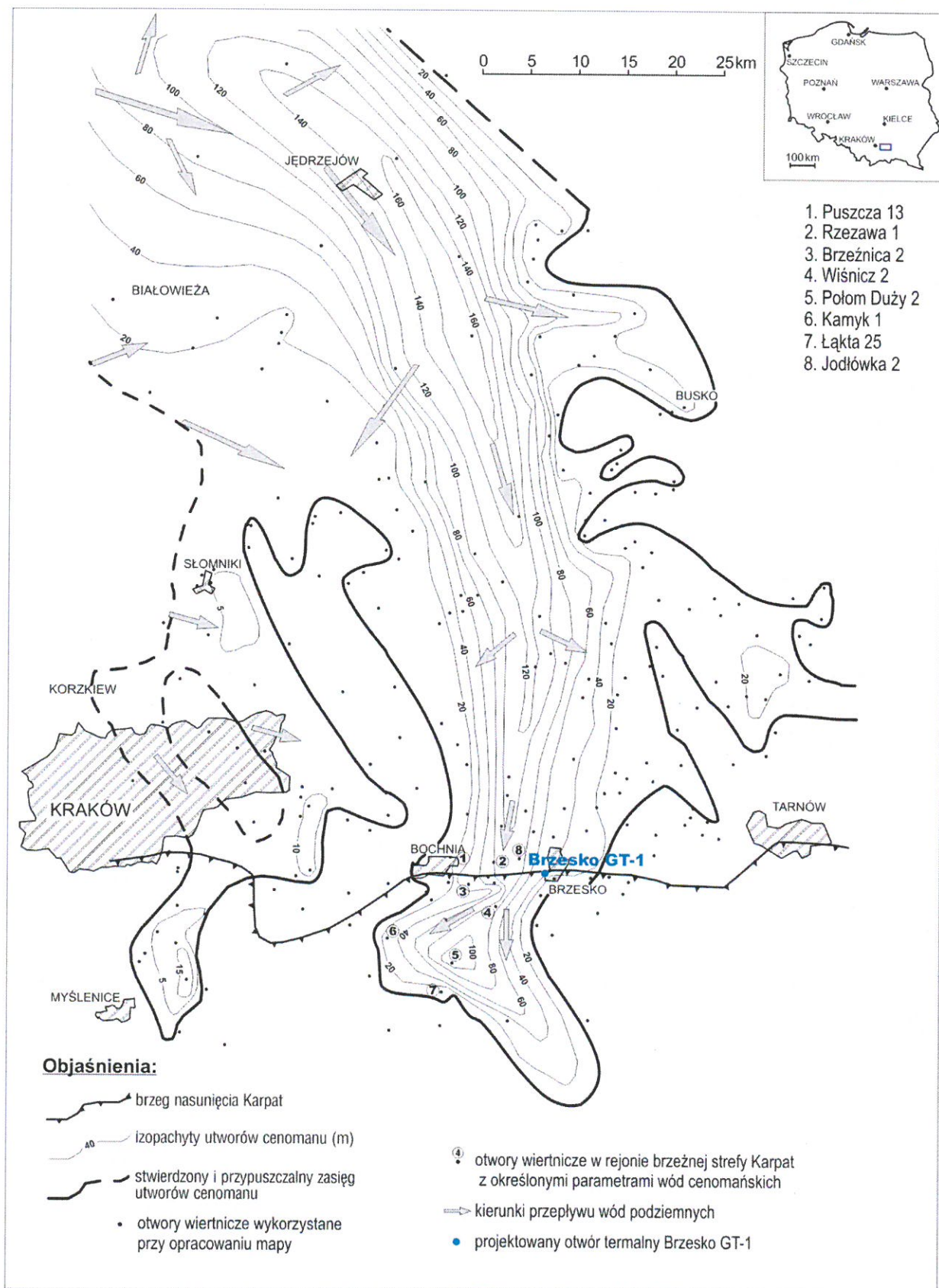
Poniżej przedstawiono charakterystykę perspektywicznych zbiorników wód termalnych, które będą celem geologicznym projektowanego otworu Brzesko GT-1.

Połączony zbiornik cenomanu i jury

Piaszczyste utwory cenomanu oraz węglanowe utwory jury górnej tworzą często wspólny system hydrogeologiczny. W profilach wierceń, pomiędzy tymi kompleksami nie stwierdzono „klasycznych” utworów izolujących (mułowców, iłowców), które stanowiłyby barierę dla mieszania się wód krążących w utworach cenomanu i jury górnej. Dodatkowo podścielające cenoman utwory węglanowe jury w zależności od stopnia spękania lub skrasowienia stanowić mogą źródło zasilania pośredniego, tj. przenikania wód z utworów jurajskich do osadów piaszczystych cenomanu (Barbacki i in., 2006). Z kolei główną rolę w pośrednim zasilaniu utworów jury środkowej odgrywa kontakt hydrauliczny ze spękanymi i skrasowiałymi wapieniami jury górnej. (Barbacki i Kazanowska, 2001).

Poziom wodonośny cenomanu

Utwory cenomanu na obszarze zapadliska przedkarpackiego i w strefie nasunięcia karpackiego reprezentują najstarsze osady kredowe zalegające transgresywnie na węglanowych utworach jury górnej. Występują one w południkowym pasie biegnącym przez rejon Słomnik, Krakowa i Dobczyc oraz podobnym, lecz szerszym biegnącym na północ i południe od linii Bochnia – Brzesko (Górecki red. i in., 2011) – rys. 4.



Rys. 4. Mapa zasięgu i miąższości piaszczystych utworów cenomanu z lokalizacją projektowanego otworu Brzesko GT-1 (Barbacki, Kazanowska, 2001 – wg danych BG-Geonafra Kraków i prac Jawora (1970) – zmodyfikowane).

Cenoman jest reprezentowany głównie przez piaski i piaskowce, których najpełniejsze profile występują w osiowej strefie zbiornika. Występują tu zarazem najbardziej miększe warstwy wodonośne, których sumaryczna miąższość przekracza 100 m (rys. 4).

Analogiczny do rozkładu całkowitej miąższości utworów cenomanu jest także rozkład parametrów zbiornikowych. W strefie brzeżnej, zlepieńcowatej, porowatości wahają się w granicach kilku procent, a przepuszczalności od zera do kilku mD. W profilach, gdzie miąższość piaskowców przekracza około 3 m, porowatości osiągają wartość kilkunastu procent, a przepuszczalności od kilkuset mD do ponad 1 D. Od miąższości około 6 m porowatości są w granicach 25–35%, a przepuszczalności dochodzą do kilku darcy (Barbacki, Kazanowska, 2001 za Oszczypko i Tomasz, 1976).

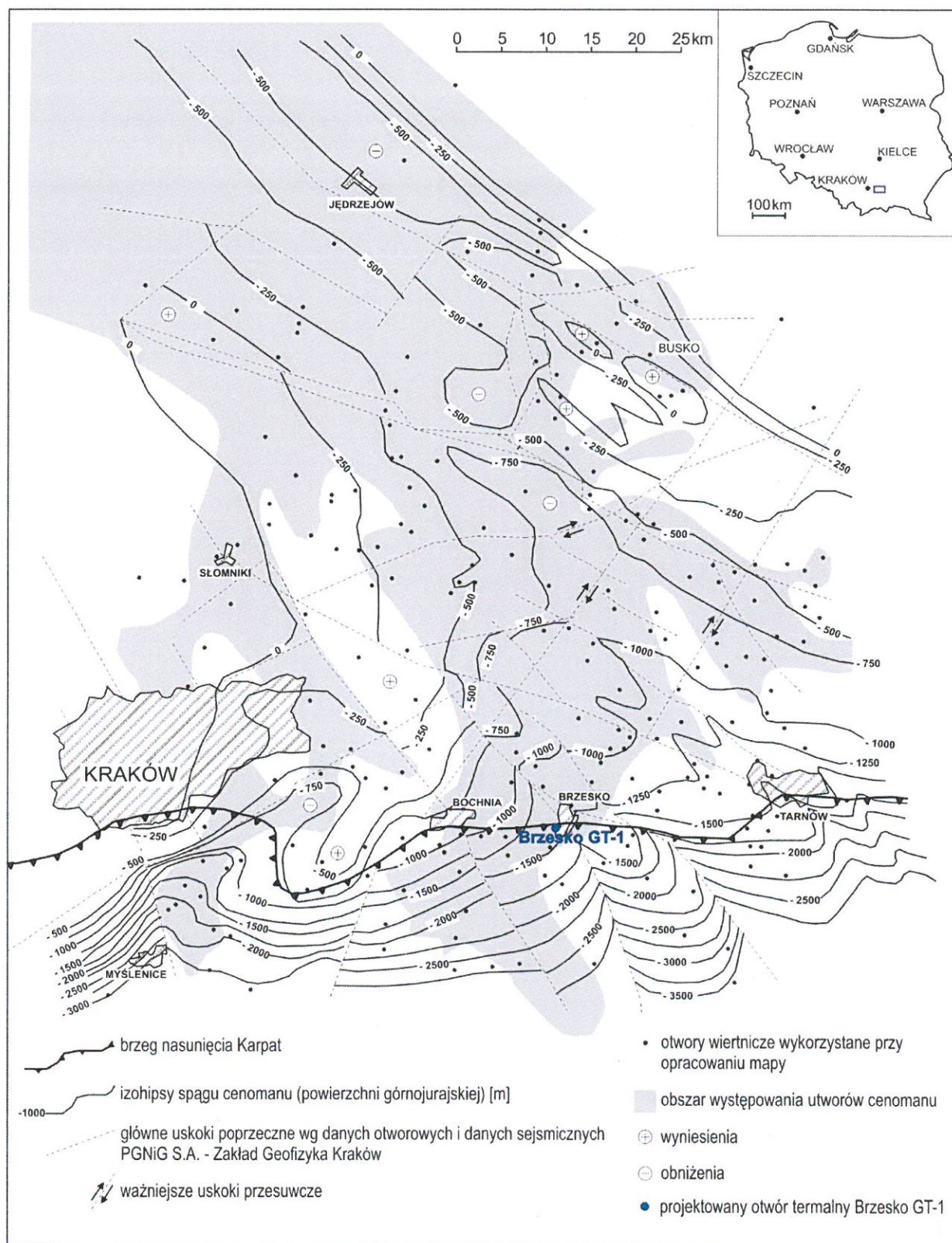
Utwory wodonośne cenomanu charakteryzują się znacznymi wydajnościami. Potencjalna wydajność otworu może tu lokalnie przekraczać 250 m³/h. Pod tym względem jest to najlepszy zbiornik zapadliska przedkarpackiego (Sowiżdżał i Górecki, 2013). Przykładowo, w 2015 roku wykonano w rejonie Kazimierzy Wielkiej (osiowa część zbiornika cenomanu) pierwszy w województwie świętokrzyskim udokumentowany otwór termalny Cudzynowice GT-1, którego zasoby eksploatacyjne określone na podstawie samowypływu wynoszą 82 m³/h (Wiktorowicz, 2016).

Wodonośność utworów cenomanu potwierdzono również w rejonie przedgórza karpackiego między Bochnią a Brzeskiem oraz w brzeżnej strefie nasunięcia Karpat w rejonie Łątki, Wiśnicza oraz Poręby Spytkowskiej. W otworach wiertniczych wykonywanych w celach poszukiwawczych dla przemysłu naftowego stwierdzono dopływy wód termalnych, często o wysokiej intensywności. Dla przykładu, w otworze Brzeźnica 1 opróbowano próbnikiem złoży zaledwie 19 m piaskowców cenomanu uzyskując przyływ solanki w ilości 30 m³/h. Porowatość oraz przepuszczalność, określona na jednej próbce piaskowca wyniosła odpowiednio 17,87% oraz 6027 mdcy (Jaworowa, 1970).

W centralnej części zbiornika cenomanu występują warunki artezyjskie, a ciśnienia mierzone na głowicach otworów przekraczają niekiedy 1,0 MPa (w otworze Cudzynowice GT-1 maks. ciśnienie głowicowe wyniosło 0,61 MPa). Pod nasunięciem karpackim nie zaobserwowano samowypływów wód cenomanu, a zwierciadło stabilizowało się na głębokości kilkunastu metrów od poziomu terenu, jak np. w rejonie Jadownik na południe od Brzeska, kilkudziesięciu metrów w rejonie Dobczyc, do ponad 150 m poniżej poziomu terenu w okolicach Wiśnicza (Barbacki, Kazanowska, 2001). Zwierciadło wód w rejonie

projektowanego otworu powinno kształtować się w zakresie głębokości 0 – 20 m poniżej terenu, jednak nie należy wykluczyć samowypływu.

Temperatury złożowe utworów cenomanu osiągają najwyższe wartości w strefie przykarpackiej, gdzie kompleks ten zapada wyraźnie w kierunku południowym (pod nasuwające się Karpaty). Na rys. 5 zaprezentowano mapę obecnego ukształtowania spągowej powierzchni cenomanu. Zaznacza się na niej wyraźne zróżnicowanie głębokości zalegania utworów cenomanu wynoszące obecnie około 2300 m, a szacowane pod koniec sedimentacji osadów na około 150 m. Tak znaczne różnice głębokości występowania kompleksu rzutują bezpośrednio na zróżnicowanie temperatur wód cenomańskich w różnych strefach jego występowania (Barbacki, Kazanowska, 2001). Średni gradient geotermalny do poziomu cenomańskiego w rejonie Karpat, wyznaczony na podstawie danych otworowych, wynosi 2,67°C. Temperatury wód w strefie przykarpackiej mogą dochodzić do 60°C (Barbacki, Kazanowska, 2001; Barbacki i in., 2006).



Rys. 5. Mapa strukturalna powierzchni spągowej cenomanu (poza zasięgiem cenomanu – powierzchnia górnajurajskiej) z lokalizacją projektowanego otworu Brzesko GT-1 (źródło: Barbacki, Kazanowska, 2001).

W ujęciu regionalnym zasilanie zbiornika cenomańskiego odbywa się drogą kontaktów tektonicznych, kontaktów erozyjno-transgresywnych oraz w ograniczonym zakresie drogą przeciekania pionowego. Hydrauliczne kontakty typu tektonicznego mogą mieć miejsce w strefach licznie występujących dyslokacji (rys. 5) natomiast typu erozyjno-transgresywnego głównie w strefach, gdzie osady cenomanu zachodzą na skrasowiałą i zerodowaną powierzchnię górnójurajską.

Na podstawie danych pochodzących z otworów wiertniczych wykazano, iż najwyższe ciśnienia panują w północno-centralnej strefie zbiornika, natomiast najmniejsze w strefach brzeżnych i w strefie południowej. Rozkład ciśnień wpływa na regionalny system krążenia wód. Ten jest początkowo wschodni, a następnie przechodzi w południowy z rozplywem wód ku strefom brzeżnym (Barbacki, Kazanowska, 2001) – rys. 4.

Drogi przepływu wód w utworach cenomanu wskazują, że główne strefy zasilania kompleksu znajdują się w strefie Jury Krakowsko-Częstochowskiej na północny-zachód od Jędrzejowa, gdzie infiltrujące wody wykorzystują liczne uskoki oraz szczeliny krasowe w obrębie rozległych wychodni wapieni górnej jury. Wyniesione strefy tych wychodni są odpowiedzialne za występowanie warunków artezyjskich (Barbacki, Kazanowska, 2001).

Wody występujące w utworach cenomanu charakteryzują się bardzo zróżnicowaną mineralizacją, chemizmem i typem genetycznym. W miejscach związanych z akumulacją węglowodorów (m.in. rejon złoża Grobla – Pławowice) występuje dodatkowo siarkowódór (Barbacki, Kazanowska, 2001). Wody zawierające siarkowódór w ilości od kilkudziesięciu do ponad 100 mg/dm³ stwierdzono w otworach na obszarze Karpat (otwory w rejonie Wiśnicza i Poręby Spytkowskiej).

Rozkład mineralizacji wód cenomańskich wskazuje, że strefa intensywnej wymiany wód przebiega wzdłuż linii trendu największych miąższości oraz wzdłuż strefy Słomniki – Zielona. Występujące tu wody wykazują najniższą mineralizację, często poniżej 1,0 g/dm³, co stwarza możliwość wykorzystania ich do celów pitnych. Taki rozkład mineralizacji jest spowodowany głównym (regionalnym) kierunkiem dopływu wód, który – jak wspomniano – odbywa się od strony Jury Krakowsko-Częstochowskiej z kierunku północno-zachodniego z podstawowym kierunkiem migracji wzdłuż centralnej strefy zbiornika (Barbacki, Kazanowska, 2001).

W kierunku południowym mineralizacja centralnej strefy zbiornika na odcinku Michałów – Rzezawa rośnie i waha się w granicach 10–20 g/dm³. Ku strefom brzeżnym obserwuje się tutaj wyraźny dalszy wzrost mineralizacji, co świadczy o coraz bardziej utrudnionej wymianie wód. W rejonie Brzeska mineralizacja wynosi około 60-70 g/dm³ (Barbacki i in., 2006).

Zdecydowany wzrost mineralizacji wód wraz z głębokością jest również obserwowany na południe od nasunięcia karpackiego, co jest związane z izolującym wpływem dyslokacji oraz uszczelnieniem warunków hydrogeologicznych przez utwory fliszu karpackiego. Mineralizacja występujących tu wód zwykle przekracza 60 g/dm^3 (dane otworowe z rejonu Dobczyc, Borzët i Wiśnicza), a w strefach głębszego występowania kompleksu obserwowano nawet wartości przekraczające 100 g/dm^3 (rejon Wiśniowej, Połomia Dużego, Kamyka, Łakty) (Barbacki, Kazanowska, 2001).

Typ genetyczny wód cenomanu zależy w dużej mierze od wpływów powierzchniowych i intensywności mieszania się wód. Na obszarach, gdzie odbywa się zasilanie powierzchniowe występują głównie wody kwaśno-węglanowo-sodowe ($\text{HCO}_3\text{-Na}$). W strefie centralnej zbiornika i na południe od rejonu Słomnik, aż po rejon Niepołomic występują wody siarczanowo-sodowe ($\text{SO}_4\text{-Na}$), które obejmują największy obszar zbiornika i cechują się niską mineralizacją. W rejonach brzeżnych występują wody chlorkowo-magnezowe (m.in. między Buskiem i Brzeskiem) i chlorkowo-wapniowe (m.in. pod nasunięciem karpackim) o silnej mineralizacji (Barbacki, Kazanowska, 2001).

Projektowana głębokość zalegania utworów cenomanu w otworze Brzesko GT-1 wynosi 1575 m przy spodziewanej miąższości 50 m. Temperatury złożowe przypuszczalnie przekroczą 50°C .

Poziom wodonośny jury górnej (malmu)

Poziom górnójurajski charakteryzuje się zróżnicowanymi warunkami przepływu, niejednorodnością litologiczną oraz dużą miąższością. Horyzonty wodonośne jury górnej wykazują silny związek ze strefami krasu, dolomityzacji oraz siecią spękań, których rozkład przestrzenny jest nieregularny. Nieregularny rozkład wykazują również występujące tu zbiornikowe struktury biohermalne. Powoduje to, że nawet w blisko położonych strefach te same poziomy stratygraficzne raz stanowią warstwę wodonośną, innym razem poziom niewodonośny. Prawidłowością są natomiast lepsze parametry zbiornikowe stropowej części zbiornika wykształcone w okresie przedmiocenijskich procesów wietrzeniowych. Strefa ta zazwyczaj nie przekracza 100 m miąższości (Barbacki i in., 2006; Sowizdzał i Górecki, 2013).

Poziom wodonośny górnej jury występuje w obrębie skrasowiałych, spękanych i zwietrzałych wapieni oksfordu. Uszczelnienie dolne tworzą przede wszystkim utwory margliste oksfordu dolnego, margle keloweju oraz mułowce i iłowce batonu. W przypadku ich braku, zbiornik może posiadać kontakt hydrauliczny z leżącymi niżej utworami jury środkowej. Na obszarze zapadliska przedkarpackiego, w rejonach gdzie utwory oksfordu kontaktują

bezpośrednio z osadami cenomanu stwierdza się często łączność hydrauliczną zbiornika cenomanu i jury górnej (Barbacki i in., 2006).

Wartości parametrów zbiornikowych określonych na próbkach rdzeni z utworów jury górnej stoją często w sprzeczności z wydajnościami uzyskiwanymi z otworów, szczególnie w miejscach występowania zjawisk krasowych oraz spękań. Przyczyną jest wykorzystywanie przez wody podziemne sieci spękań oraz kawern, często trudnych do oceny poprzez badania laboratoryjne (Sowiżdżał, Górecki, 2013).

Przypływy solanek z utworów malmu uzyskiwano w otworach Rzezawa 1, Brzesko 1, Brzesko 2, Jadowniki 5, Jadowniki 6 (samowypływ w ilości 1,0 m³/h) (Jaworowa, 1970). O korzystnych parametrach tej serii świadczą również ucieczki płuczki rejestrowane w trakcie wiercenia otworów, m. in. Brzeźnica 1 Wiśnicz 3.

Zaznaczyć tu należy, że wydajność przypływu z utworów węglanowych malmu można zwiększyć poprzez odpowiednio zaprojektowany zabieg kwasowania.

Wody termalne jury górnej na rozpatrywanym obszarze występują pod ciśnieniem subartezyjskim lub artezyjskim. W okolicznych otworach obserwowano przypływy wód, których zwierciadło bądź dochodziło do powierzchni terenu (Rzezawa 1), bądź też miał miejsce jej samowypływ (Jadowniki 6). Temperatury złożowe w utworach jury górnej w rejonie projektowanego otworu wynoszą około 55-60°C. W brzeźnej strefie nasunięcia karpackiego i północnej części Karpat wody charakteryzują się mineralizacją rzędu 50 – 100 g/dm³, wskazującą na ograniczoną w tej strefie wymianę wód. Przeważają wody typu Cl-Na (Bujakowski i Barbacki, 2007; Górecki red. i in., 2011).

Główny obszar zasilania zbiornika znajduje się na obszarze monokliny śląsko-krakowskiej, gdzie znajdują się jego wychodnie. Pośrednie zasilanie może również zachodzić poprzez kontakt hydrauliczny utworów górnej jury z wodonośnymi utworami cenomanu zalegającymi w stropie kompleksu i utworami doggeru w jego spągu (Barbacki i in., 2006).

Projektowana głębokość występowania kompleksu jury górnej w otworze Brzesko GT-1 wynosi 1575 – 2060 m.

Poziom wodonośny jury środkowej (doggeru)

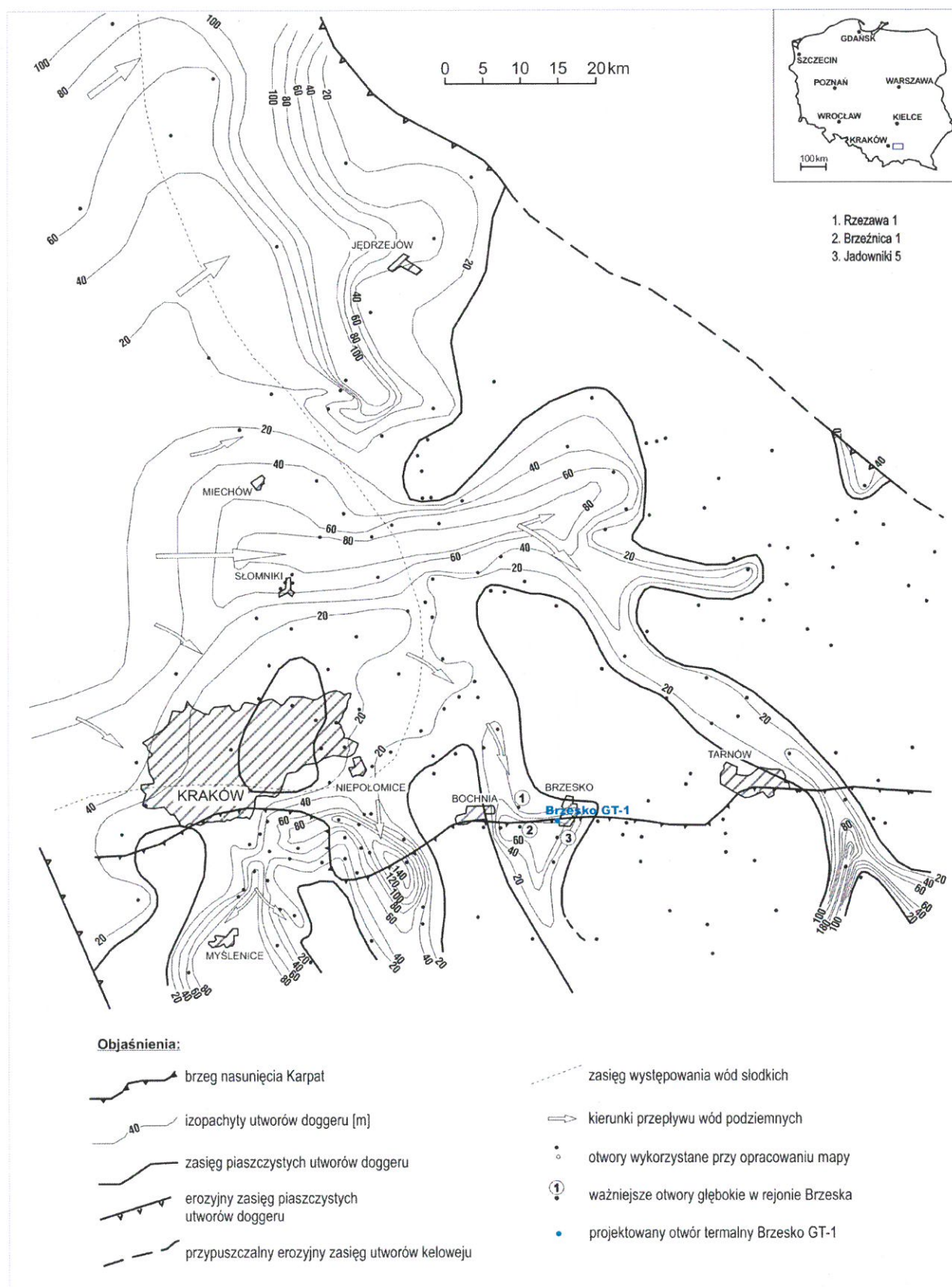
Środkowojurajski zbiornik wodonośny jest zbudowany z utworów piaszczysto-mułowcowych bajosu górnego, batonu i keloweju górnego o miąższości dochodzącej do 60 m. Bezpośredni kontakt tych utworów ze spękanymi i skrasowiałymi utworami jury górnej stanowiący podstawową przeszkodę dla formowania złóż węglowodorów jest natomiast bardzo korzystny dla akumulacji wód termalnych migrujących ze stref bezpośredniego i pośredniego

zasilania. Znaczenie tego zbiornika dla geotermii obniża natomiast silna zmienność parametrów zbiornikowych, związana głównie ze złożonym charakterem środowisk jego sedimentacji (Barbacki i in., 2006).

Potwierdzają to wyniki badań próbnikami złoży wykonanych w wybranych interwałach jury środkowej, z których nie uzyskano zadowalających przepływów wód – Brzesko 1 (3,0 m³/h), Jadowniki 5 (320 l/h), Rzezawa 1 (1,5 m³/h), Brzeźnica 2 (170 litrów w czasie 95 minut) (Baran i in., 1971; Bujakowski i Barbacki, 2007).

Niezależnie od tego kompleks jury środkowej może stanowić potencjalny poziom wód termalnych do wykorzystania w energetyce (Barbacki i Kazanowska, 2001).

Utwory wodonośne jury środkowej w rejonie Brzeska to głównie piaskowce bajosu i batonu tworzące wspólny system hydrauliczny z piaskowcowymi osadami górnego keloweju. Zasięg piaszczystych facji jury środkowej przedstawiono na rys. 6. Poziomy piaskowcowe są różnej miąższości, zróżnicowany jest też ich udział procentowy w poszczególnych otworach wiertniczych. Przedstawiona na rys. 6 mapa prezentuje jedynie przybliżone miąższości piaszczystych utworów doggeru. Wynika to z trudności rozdzielenia piaszczystych i wapiennych osadów keloweju górnego oraz z przyjęcia sumarycznej miąższości osadów bajosu i batonu jako serii piaszczystej. Najwyższe nagromadzenie piaskowców keloweju górnego występuje w strefie karpackiej między Krakowem, Myślenicami i Brzeskiem oraz na przedgórzu Karpat między Krakowem, a Słomnikami. Zapiaszczenie osiąga tam wartość 40-50% (Barbacki i Kazanowska, 2001).

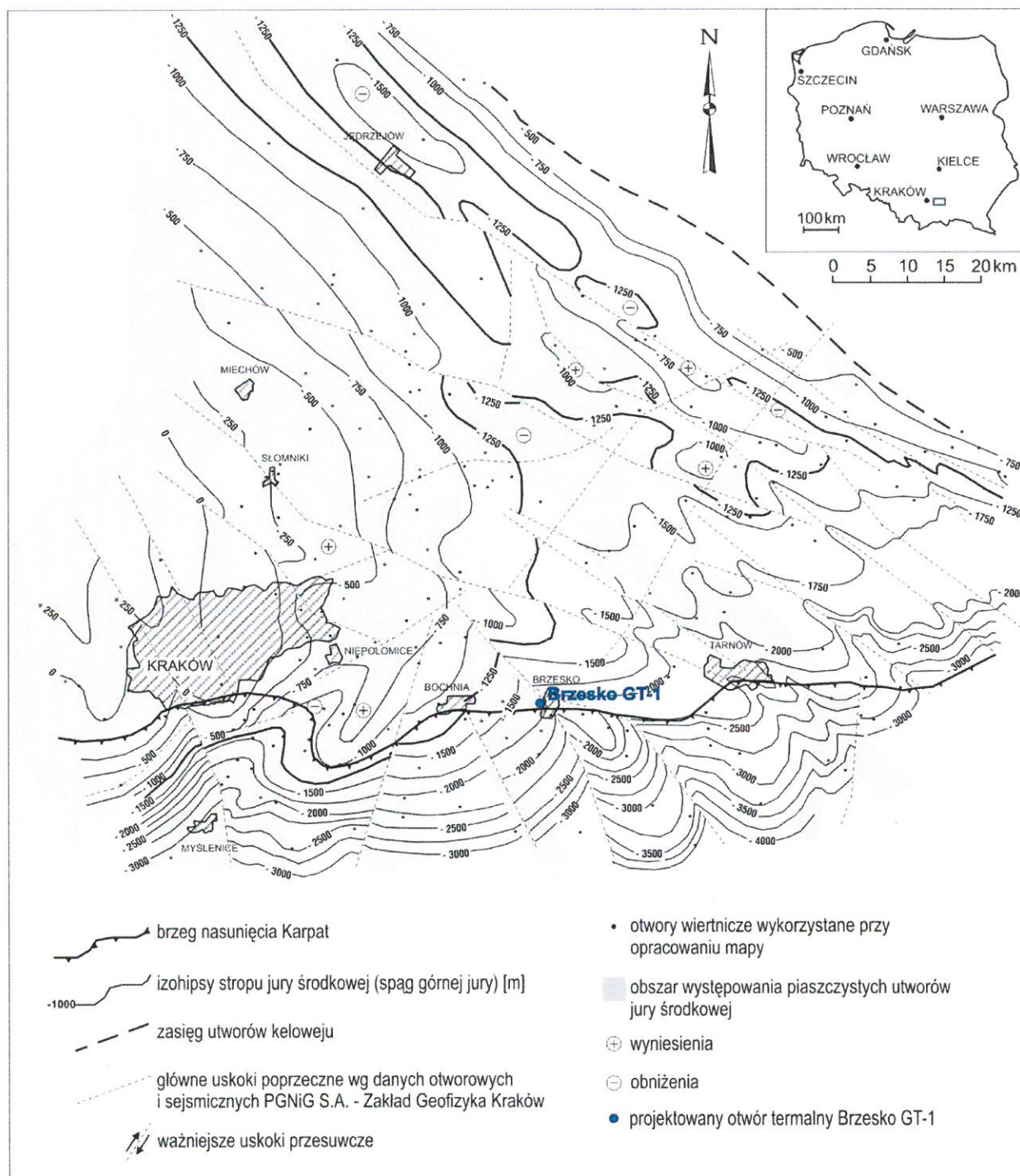


Rys. 6. Mapa miąższości piaszczystych utworów doggeru (jury środkowej) z lokalizacją projektowanego otworu Brzesko GT-1 (Barbacki, Kazanowska, 2001 – wg danych BG-Geonaftha Kraków, PIG oraz prac Jawora, 1970 – zmodyfikowane).

Środkowojurajski poziom wodonośny charakteryzuje się warunkami wodnonaporowymi. Na południe od linii nasunięcia karpackiego nie obserwuje się samowypływów wód. Ciśnienia złożowe oscylują głównie w granicach ciśnień hydrostatycznych. Zwierciadło stabilizuje się na głębokości kilkudziesięciu metrów poniżej powierzchni terenu.

Na rys. 7 przedstawiono ukształtowanie powierzchni stropowej jury środkowej. Zróżnicowanie głębokościowe stropu kompleksu rzutuje na różnice temperatur złożowych oraz mineralizację wód podziemnych w obrębie osadów doggeru. Zapadanie kompleksu odbywa się w kierunku SE, przy czym od granicy nasunięcia karpackiego utwory jury środkowej już w sposób zdecydowany pogrążają się w kierunku południowym i południowo-wschodnim pod orogen karpacki. W rejonie Brzeska średni gradient geotermiczny do utworów jury środkowej wynosi około 2,6°C/100 m.

Mineralizacja wód jury środkowej w rejonie Brzeska przekracza 70 g/dm³. Występują tu głównie wody chlorkowo-wapniowe ((Barbacki i in., 2006; Barbacki i Kazanowska, 2001).



Rys. 7. Mapa strukturalna powierzchni stropowej piaszczystych utworów jury środkowej (poza zasięgiem doggeru – powierzchnia spągowa górnej jury) z lokalizacją projektowanego otworu Brzesko GT-1 (źródło: Barbacki, Kazanowska, 2001).

Na obszarze przykarpackim nie wykonano dotychczas żadnego otworu termalnego. Projektowany otwór Brzesko GT-1 otwiera zatem nowy rozdział w historii poszukiwań wód termalnych na potrzeby ciepłownictwa. Dotychczasowy stan rozpoznania geologicznego

obszaru pozwala sądzić, że otwór spełni postawione przed nim zadanie, jakim jest ujęcie wód termalnych w ilości 150 m³/h i temperaturze na wypływie z otworu min. 50°C.

4. BUDOWA GEOLOGICZNA

Projektowany otwór Brzesko GT-1 jest sytuowany w środkowej części zapadliska przedkarpackiego, wypełnionego osadami miocenu. Poniżej zalegają utwory kredy górnej, jury górnej i środkowej oraz triasu, tworzących profil niecki miechowskiej. Przekrój geologiczny przez rejon projektowanego wiercenia przedstawiono na załączniku nr 6.

4.1.1. Stratygrafia

Przedstawiony poniżej przewidywany profil litostratygraficzny otworu Brzesko GT-1 rozpoczyna się opisem utworów triasu, w których projektuje się zakończenie wiercenia.

TRIAS

TRIAS DOLNY

Pstry piaskowiec

Stropową część triasu na omawianym obszarze tworzą utwory piaskowcowo-mułowcowe barwy czerwonej (otwór Jadowniki 5) lub słabo zwięzłe piaskowce barwy ceglasto-wiśniowej lub pstrej (otwór Brzesko 1). Utwory te zaliczono do pstrego piaskowca (Jawor, 1970). Nie projektuje się przewiercenia utworów triasu. Otwór Brzesko GT-1 zostanie zakończony po nawierceniu około 20 m tych osadów.

JURA

JURA ŚRODKOWA

Bajos górny - kelowej

Na omawianym obszarze sedimentacja jurajska rozpoczyna się w jurze środkowej. Utwory wieku od górnego bajosu po kelowej leżą transgresywnie na starej, po dolnojurajskiej powierzchni erozyjnej ścinającej osady triasu. (Dayczak-Calikowska i Kopik, 1973; Dayczak-Calikowska i Moryc, 1988; Jawor, 1970).

Utwory jury środkowej wykształcone są na rozpatrywanym obszarze dość jednolicie. Od dołu zaczynają się zlepieńcem podstawowym, na którym leżą szarobrunatne, mikowe mułowce. Wyżej występują piaskowce mułowcowe z licznym detrytusem roślinnym, a na nich leżą piaskowce średnio- i gruboziarniste, miejscami „cukrowate”, barwy szarej i szarżółtej względnie rdzawożółtej, o lepszemu wapienno-mułowcowym, rzadziej wapienno-żelazistym.

W górnych partiach spotyka się często w piaskowcach krynoidy oraz liczne szczątki nieoznaczalnych małżów tworzących zlepy, a rzadziej fragmenty belemnitów (Jawor, 1970).

Mięższość omawianych utworów przekracza 50 m. W otworze Jadowniki 5 stwierdzono 68 m osadów doggeru, w otworze Brzesko 1 mięższość jury środkowej wyniosła 57,5 m.

Utwory doggeru, wyrównując starszą powierzchnię erozyjną, stanowią jednocześnie podstawę dla węglanowej sedimentacji górnej jury, która rozwijała się prawdopodobnie w ciągłości sedimentacyjnej mimo radykalnej zmiany facji (Jawor, 1970).

JURA GÓRNA

Oksford

W ciągłości z wapieniami bulastymi górnego keloweju zalegają przekraczając utwory górnójurajskie (Dayczak-Calikowska i Kopik, 1973; Dayczak-Calikowska i Moryc, 1988). Osady te, wykształcone głównie jako węglany oksfordu, na obszarze przedpola, a także w podłożu polskich Karpat fliszowych zostały przebadane w związku z intensywnym poszukiwaniem złóż węglowodorów. W pułapkach związanych z utworami tego kompleksu (niektóre złoża posiadają kolektor łącznie z zalegającymi powyżej piaskowcami cenomanu) odkryto przemysłowe akumulacje węglowodorów.

Na podstawie interpretacji licznych danych wiertniczych wyodrębniono w profilu jury górnej kilka nieformalnych jednostek litostratygraficznych, nazywając je seriami (Gutowski i in., 2007).

Projektowana mięższość utworów jury górnej w otworze Brzesko GT-1 wynosi 435 m.

Seria gąbkowo-globuligerinowa

Serię stanowi stosunkowo jednolity litologicznie kompleks mikrytowych osadów wapienno-marglistych i wapiennych barwy szarej. W profilu dominują wapienie margliste, stopniowo ku górze przechodzące w wapienie. Utwory te charakteryzują się występowaniem gąbek krzemionkowych oraz obecnością licznych struktur bioturbacyjnych, prowadzących niekiedy do częściowej lub nawet całkowitej homogenizacji osadu (Gutowski i in., 2007).

Seria detrytycznych wapieni gąbkowych

Jest to seria zróżnicowana pod względem litologicznym, na ogół jednak reprezentują ją jasnobezowe lub szare masywne wapienie detrytyczne, ze spękaniem wypełnionym ciemnoszarym materiałem ilastym, lokalnie z przeławiczeniami szarych wapieni marglistych.

Serię cechuje zazwyczaj nieliczne występowanie organizmów bentonicznych in situ – głównie ramienionogów oraz otwornic bentonicznych. Niekiedy skały przyjmują charakter gruzłowy, gdzie gruzły wapienne tkwią w mikrytowym, wapienno-marglistym tle. Utwory tej serii z reguły przechodzą obocznie w facje biohermowe. Stosunkowo często występuje więc materiał detrytyczny, zapewne dostarczany z wyniesionych stref biohermowych. Najczęściej reprezentują go ciemnoszare intraklasty wapieni i wapieni marglistych ze strukturami gąbkowymi i mikrobialnymi oraz redeponowane muszle małżów i fragmentów szkarłupni. Materiał ten nierzadko tworzy osady wielkoskalowych podmorskich ruchów masowych (Gutowski i in., 2007).

Od rejonu Brzeska w kierunku zachodnim seria ta stopniowo zastępuje serię marglisto-wapienną i zaczyna dominować w profilu utworów jury górnej.

Seria marglisto-wapienna

Seria ta jest monotonicznie wykształcona w postaci margli i wapieni mikrytowych. Proporcje margli do wapieni mogą być zróżnicowane. Margle mają na ogół ciemnoszare, niekiedy prawie czarne zabarwienie. Stosunkowo często spotyka się w nich struktury bioturbacyjne. Niektóre warstwy wykazują nieznaczne skrzemionkowanie. Wapienie i wapienie margliste mają często charakter gruzłowy. Gruzły są na ogół nieregularne, porozrywane, dzięki niewyraźnym granicom płynnie przechodzą w osady tła. Świadczyć to może o braku cementacji i selektywnym rozpuszczaniu osadu, czyli o wczesnodiagenetycznym tworzeniu struktur gruzłowych. Margle i wapienie margliste zawierają niekiedy rozproszoną faunę liliowców i gruboskorupowych małżów (Gutowski i in., 2007).

Seria koralowcowo-onkolitowa

Serię tę reprezentuje kompleks osadów wapienno-dolomitycznych, niekiedy z przeławiczeniami zwięzłych wapieni marglistych. Do najbardziej charakterystycznych należą tutaj utwory onkolitowe, bioklastyczne, muszlowcowe i biolitytowe (rafowe). Wapienie mają dosyć zróżnicowane, ale w większości jasne barwy, od jasnokremowych, poprzez jasnoszare, do zielonkawo-szarych i ciemnoszarych. Zwykle zawierają one liczną, przeważnie silnie pokruszoną i zabradowaną faunę, wśród której dominują mięczaki. Często występują także wapienie gruzłowe i gruzłowo-zrostkowe, podkreślone nieregularnymi przerostami lub przemazami ilastymi i ilasto-marglistymi (Gutowski i in., 2007; Morycowa i Moryc, 1976, Złonkiewicz, 2006).

KREDA

KREDA GÓRNA

Cenoman - senon

Osady kredy osadziły się na w znacznym stopniu speneplenizowanych utworach górnourajskich. Zdenudowana powierzchnia jurajska, przy ogólnym północno-wschodnim nachyleniu, wpłynęła bezpośrednio na zasięg transgresji cenomańskiej, a także na przekraczające położenie osadów wyższych pięter kredy (Jawor, 1970).

W profilu utworów kredy, idąc od dołu wyróżnić można trzy typy osadów:

- piaski i piaskowce szarzielone, glaukonitowe ze zlepieńcem podstawowym w spągu (cenoman),
- wapienie piaszczyste glaukonitowe (turon) w górnej części spękane i rozmyte,
- margle glaukonitowe, wapienie margliste i margle z czertami (senon).

Utwory cenomanu i turonu wyrównują relief pojurajski i pokryte są przez transgresję senońską. Utwory piaszczyste cenomanu i wapienie piaszczyste turonu leżą transgresywnie na różnych ogniwach malmu i tworzą bardzo urozmaicone kontakty jurajsko-kredowe (Jawor, 1970).

Aktualna znajomość litologii oraz rozprzestrzenienia utworów cenomanu pozwala wnioskować, że wyznaczona intersekcyjnie granica obrazuje zasięg paleogeograficzny. Zaobserwowana prawidłowość rozwoju osadów od gruboziarnistych zlepieńców w strefie najbardziej brzegowej do drobnoziarnistych piasków i piaskowców w głębszych partiach zbiornika, przy równomiernym narastaniu miąższości, wskazuje, że rozpoznany zasięg jest sedimentacyjny. Wyznacza on zatem brzeg morza cenomańskiego (Jawor, 1970).

Brzegowe utwory cenomanu są rozwinięte jako gruboklastyczne zlepieńce, w skład których wchodzi otoczaki kwarcu oraz ciemnych i brunatnych rogowców, zlepionych lepiszczem węglanowo-ilastym. Spotyka się również toczące margli jury górnej. Miąższość utworów zlepieńcowatych dochodzi do 2 m. Im dalej od linii brzegowej, tym materiał staje się drobniejszy i bardziej równomierny, a równocześnie wzrasta miąższość cenomanu. Od brzegowej strefy zlepieńców gruboklastycznych, której szerokość waha się od 1 do 5 km, poprzez zlepieńce średnio- i drobnoziarniste, piaskowce grubo- i średnioziarniste prześledzić można przejście do piaskowców i piasków drobnoziarnistych glaukonitowych o miąższościach przekraczających 100 m w głębszych partiach basenu (rys. 4). W piaskowcach występują milimetrowe ciemnoszare warstewki i smugi ilaste. W środkowej części piaskowców obserwuje się na całym obszarze zwiększenie średnicy ziarn materiału klastycznego, co podkreślone jest

występowaniem kilkucentymetrowej warstwy gruboziarnistych (zlepieńcowatych) piaskowców. Ku górze piaskowce stają się bardziej zwięzłe, wzrasta ilość spoiwa węglanowego, i stopniowo przechodzą one w wapienie piaszczyste z glaukonitem, a te z kolei w wapienie krystaliczne jasnoszare, spękane i rozmyte w górnej części. Szczeliny i rozmycia są wypełnione szarozielonym materiałem ilasto-marglistym (Jawor, 1970).

W rejonie projektowanego otworu Brzesko GT-1 przewiduje się około 50 m piaszczystych utworów cenomanu.

Występujące nad piaskowcami wapienie reprezentują turon. Miąższość tych utworów w otworze Brzesko 1 wynosi około 15 m, natomiast w otworze Brzesko 2 stwierdzono 11 m wapieni.

Utwory senonu są reprezentowane przez jednolity, monotony kompleks margli i wapieni marglistych bez charakterystycznych poziomów korelacyjnych. W obrębie senonu, opierając się na kryteriach litologicznych wyróżnić można, poczynając od spągu profilu:

- serię margli ilastych zielonoszarych, w dolnej części piaszczystych z glaukonitem i gruzłami wapieni turońskich (przypuszczalnie koniak – santon),
- serię szarych margli i wapieni marglistych z opokami i białych smugowanych wapieni z czertami (przypuszczalnie kampan),
- serię szarozielonych piaszczystych margli i wapieni marglistych, zwietrzałych w górnej części (zaliczone do mastrychtu).

Projektowana miąższość utworów senonu w otworze Brzesko GT-1 wynosi około 115 m.

MIOCEN

Baden – sarmat

Ponad utworami kredy górnej zalegają niezgodnie osady miocenu zapadliska przedkarpackiego. W ich profilach obserwuje się wyraźną zmianę miąższości od większych na południu do mniejszych na północy. Utwory miocenu dzielą się na trzy kompleksy litostratygraficzne. Są to od dołu:

- warstwy podewaporatowe – to przeważnie utwory ilaste z przerobionym materiałem podłoża, głównie margli kredowych. Ich miąższość w rejonie Brzeska nie została określona,
- poziom ewaporatów – złożony jest głównie z anhydrytów i gipsów z przerostami łupków, stanowiących końcowy etap transgresji dolnotortońskiej. Miąższość facji

siarczanowej wynosi 10 – 30 m (najczęściej kilkunastu metrów), jednak w otworach Brzesko 1 i Brzesko 2 nie została ona stwierdzona.

- utwory nadewaporatowe – reprezentuje je seria ilasto-mułowcowo-piaszczysta, w obrębie której wydziela się u dołu *warstwy chodenickie* – wykształcone jako iłowce i iłołupki szare, wapniste z wkładkami piaskowców drobnoziarnistych jasnoszarych i mułowców czarnych. W ich dolnej części zaznacza się jeszcze oddźwięk sedymentacji typu ewaporatowego w postaci margli lub iłowców dolomitycznych. Wyżej leżą *warstwy grabowieckie* – rozwinięte w facji ilasto-piaszczystej. W stosunku do warstw chodenickich wzrasta udział materiału piaszczystego.
- piaskowce i piaski drobnoziarniste z przeławieniami mułowców i iłowców – są to utwory należące prawdopodobnie do sarmatu, które kończą sedymentację utworów miocénskich (Jawor, 1970).

Utwory nadewaporatowe litologicznie są bardzo zbliżone do osadów podewaporatowych. Wydzielenie ich wyłącznie na podstawie cech litologicznych w przypadku braku leżących pod nimi ewaporatów lub w strefie sfałdowanej jest prawie niemożliwe. Można to wykonać tylko na podstawie zawartych w nich szczątków mikroorganizmów (Kirchner & Połtowicz, 1974).

Całkowita miąższość utworów miocénskich w miejscu projektowanego wiercenia wynosi przypuszczalnie około 1440 m.

CZWARTORZĘD

Plejstocen

Na omawianym obszarze utwory czwartorzędowe wykształcone są w postaci lessów i glin lessowatych tworzących rozległą pokrywę o zróżnicowanej miąższości. W rejonie projektowanego wiercenia miąższość tych utworów wynosi przypuszczalnie około 10 m.

4.2. Tektonika

W podkenozoicznym planie tektonicznym rejon projektowanych robót znajduje się na południowym skraju niecki miechowskiej, zwanej również segmentem miechowskim (Żelaźniewicz i in., 2011). Jest to najbardziej na południowy wschód wysunięty element synklinorium szczecińsko-miechowskiego, rozciągającego się równolegle do wału środkowopolskiego, od Szczecina na północy do brzegu Karpat na południu (rys. 8).

Sama niecka miechowska, o kierunku osi NW-SE, leży natomiast między zrębem świętokrzyskim i blokiem górnośląskim. Niecka jest na północy węższa, ku południowi lekko się rozszerza i kontynuuje aż do brzegu Karpat (Stupnicka, Stempień-Sałek, 2016).

Niecka jest wypełniona osadami od triasu do kredy górnej, przy czym miąższość utworów triasu oraz jury dolnej i środkowej jest niewielka. Dopiero w jurze górnej obszar niecki przykryły skały węglanowe miąższości do 1000 m na północnym-wschodzie niecki. Kredy dolnej brak. Poczynając od kredy górnej, obszar niecki zaczął się wyraźnie obniżać w stosunku do podnoszącego się stopniowo zrębu świętokrzyskiego, co doprowadziło do powstania kredowej serii sedimentacyjnej. Podłoże niecki tworzą skały paleozoiczne bloku małopolskiego (Stupnicka, Stempień-Sałek, 2016).

Niecka została uformowana w wyniku orogenezy laramijskiej. Wyrazem tektonicznej przebudowy omawianego obszaru jest monoklinalne ułożenie pokrywy mezozoicznej przy równoczesnym podniesieniu wychodni w obrębie Wyżyny Krakowskiej i w obrębie jej północno-wschodniego skłonu, tworzącego południowo-zachodnie skrzydło niecki miechowskiej (Jawor, 1970).

Po ruchach laramijskich i erozji w paleogenie, południowa część niecki została wskutek ruchów tektonicznych w miocenie obniżona i przykryta osadami, wchodząc w obręb podłoża zapadliska przedkarpackiego (Stupnicka, Stempień-Sałek, 2016).

Zapadlisko przedkarpackie zostało wypełnione wczesno-środkowomiocenijskimi molasami, powstałymi przed czołem nasuwających się Karpat fliszowych.

W planie kenozoicznym, otwór Brzesko GT-1 jest projektowany na obszarze tzw. jednostki zgłobickiej, tj. wąskiej, kilkukilometrowej strefy występującej przed czołem Karpat. Jest ona zbudowana ze sfałdowanych utworów badenu i sarmatu, analogicznie do równowiekowych osadów autochtonicznych zapadliska, na które jest – razem z Karpatami – płasko nasunięta (Oszczypko, 2001; Oszczypko i in., 2008).

W okresie ruchów pokredowych zdyslokowaniu ulegają również utwory mezozoiczne w podłożu zapadliska. Styl i wielkość tych ruchów dają się prześledzić wzdłuż powierzchni łączącej utwory jury i kredy oraz w przemieszczeniach kompleksu cenomańsko-turońskiego (Jawor, 1970). Przebieg dyslokacji pokazano na mapie strukturalnej powierzchni spągowej cenomanu (rys. 5).



Rys. 8. Lokalizacja projektowanego otworu Brzesko GT-1 na tle Mapy głównych jednostek tektonicznych Polski na powierzchni podkenozoicznej.

Źródło mapy: Burda J., 2014 – Budowa geologiczna. Encyklopedia województwa śląskiego, tom 1 (2014) – Mapa głównych jednostek tektonicznych Polski na powierzchni podkenozoicznej, w: http://ibrbs.pl/mediawiki/index.php/Budowa_geologiczna/; dostęp: lipiec 2021.

5. CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA

5.1. Regionalizacja hydrogeologiczna

Według regionalizacji zwykłych wód podziemnych (Paczyński red., 1995) obszar przyszłych prac jest położony w makroregionie południowym, regionie przedkarpackim (XIII), rejonie gdowsko-wojnickim (XIII_E). W ujęciu podziału regionalnego A.S. Kleczkowskiego (1990) dołączonego do *Mapy głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) wymagających szczególnej ochrony* projektowany otwór Brzesko GT-1 znajduje się w przedkarpackim paśmie zbiorników czwartorzędowych. Obszar należy do prowincji nizinnej.

Paczyński i Sadurski (2007) dokonali podziału regionalnego Polski nawiązując do podziału zawartego w *Atlasie hydrogeologicznym Polski* (Paczyński red., 1995), uzupełnionego o elementy klasyfikacji GZWP (Kleczkowski red., 1990). Według tej regionalizacji, obszar

projektowanych robót leży w prowincji niżowej, regionie przedgórskim (VI), subregionie przedkarpackim (VI₁).

5.2. Wody podziemne – użytkowe piętra wodonośne

Według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (arkusz Brzesko) projektowany otwór będzie wykonywany na skraju czwartorzędowego, użytkowego piętra wodonośnego związanego z osadami rzeki Uszwicy. Warstwę wodonośną stanowią tu piaski ze żwirami. Zwierciadło wody jest na ogół swobodne, a zasilanie następuje bezpośrednio przez infiltrację opadów atmosferycznych. Wodonośność jest zróżnicowana, mineralizacja zawiera się w granicach 300 – 600 mg/dm³. Wody te są często zanieczyszczone bakteriologicznie. Ujmowane są studniami kopanymi i wierconymi. Z powodu małej zasobności, znaczenie tego poziomu jest niewielkie, a wykorzystanie marginalne (Bajorek i in., 2004) (zał. 5).

Wody podziemne są ujmowane również z piaszczystych wkładek w obrębie ilastych utworów miocenu. Poziom charakteryzuje się bardzo zmienną wydajnością w granicach od 11,0 do 48,6 m³/h. Wody te występują pod ciśnieniem, często są zmineralizowane. Największą wydajność posiada ujęcie dla szpitala w Brzesku (Bajorek i in., 2004) – zał. 4.a.

5.3. Główne Zbiorniki Wód Podziemnych (GZWP)

Według *Mapy obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony* projektowane roboty będą wykonywane poza granicami GZWP. Najbliższym zbiornikiem jest GZWP nr 435 Dolina rzeki Dunajec (Zakliczyn), który znajduje się około 15 km na południowy-wschód od projektowanego otworu (www.pgi.gov.pl/psh; dostęp: lipiec 2021).

5.4. Jednolite części wód podziemnych (JCWPd)

Rejon projektowanych robót znajduje się w granicach JCWPd numer 149 (Identyfikator UE: P PLGW2000149) o powierzchni 843,2 km². Na jej obszarze wyróżniono trzy piętra wodonośne: czwartorzędowe, neogeńskie oraz – znajdujące się na południe od projektowanego otworu – fliszowe (paleogeńsko-kredowe).

Wody podziemne w obrębie jednostki zasilane są głównie poprzez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych, a także w niewielkim stopniu poprzez infiltrację wód powierzchniowych oraz dopływ z podłoża. Najdogodniejsze warunki infiltracji istnieją w obrębie dolin rzecznych, w kierunku których odbywa się również przepływ wód podziemnych. Doliny stanowią bazę drenażu. Funkcję drenażu pełnią także ujęcia wód

podziemnych, jednak ich oddziaływanie zaburza kierunek spływu wód tylko lokalnie. Granice hydrodynamiczne biegną po działach wód podziemnych, które generalnie pokrywają się z działami wód powierzchniowych.

Ocena stanu JCWPd nr 149 z roku 2012 przedstawia się następująco:

- stan ilościowy – dobry;
- stan chemiczny – słaby (z powodu presji zanieczyszczeń lokalnych, intensywnego rolnictwa, braku kanalizacji na obszarach wiejskich, działalności zakładów przemysłowych);
- ogólna ocena stanu JCWPd – słaba;
- ocena ryzyka niespełnienia celów środowiskowych – niezagrożona.

Powyższe dane zaczerpnięto z karty informacyjnej JCWPd nr 149 (<http://bazadata.pgi.gov.pl/data/hydro/jcwpd>; dostęp: lipiec 2021).

5.5. Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych

Projektowany otwór Brzesko GT-1 znajduje się w obrębie obszaru bilansowego K03 (Wisła od Skawy do Dunajca) o pow. 6187,99 km², dla którego zasoby dyspozycyjne wód podziemnych wynoszą 481240 m³/d (<http://epsh.pgi.gov.pl/epsh/>; dostęp: sierpień 2021). Dla części tego obszaru (pow. 2829 km²) opracowano Dokumentację hydrogeologiczną ustalającą zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego zlewni Raby, Skawinki, Uszwicy i Kisieliny wraz z bezpośrednią zlewnią Wisły w ilości 211167 m³/d.

6. MOŻLIWOŚCI OSIĄGNIĘCIA CELU ROBÓT GEOLOGICZNYCH

6.1. Uzasadnienie lokalizacji oraz rodzaju projektowanego otworu

Proponowana lokalizacja otworu Brzesko GT-1 została podyktowana celem wykorzystania ujętych wód termalnych (ciepłownictwo) oraz lokalizacją działki będącej w posiadaniu Inwestora.

Dla zapewnienia optymalnych parametrów eksploatacyjnych otworu oceniono, że powinien on zostać wykonany w strefie charakteryzującej się jak największymi miąższościami piaskowców cenomanu (w celu zapewnienia możliwie wysokiej wydajności otworu) przy jednoczesnym jak najgłębszym ich zaleganiu (konieczność uzyskania jak najwyższych temperatur wód termalnych). Kierując się wyborem optymalnej lokalizacji otworu wzięto także pod uwagę rozmieszczenie działek, które są w posiadaniu Inwestora, jak i możliwość przyszłego włączenia otworu do istniejącej sieci ciepłowniczej. Przy wyborze lokalizacji

kierowano się również zapewnieniem dogodnych warunków do montażu i pracy urządzenia wiertniczego oraz jego zaplecza.

W celu pełnego rozpoznania poziomów zbiornikowych wód termalnych w utworach kredy górnej (cenoman), jury górnej i środkowej zostanie wykonany otwór pionowy o głębokości końcowej 2140 m ($\pm 10\%$).

Lokalizację otworu przedstawiono na zał. 1 i 2.

6.2. Przewidywany profil geologiczny otworu Brzesko GT-1

Przewidywany profil litologiczno-stratygraficzny projektowanego otworu przedstawia tabela 2.

Tab. 2. Spodziewany profil litologiczno-stratygraficzny otworu Brzesko GT-1.

Głębokość od-do [m p.p.t.] ----- (Miąższość) [m]	Stratygrafia		Opis litologiczny formacji i warstw
0 – 10 (10)	Czwartorzęd	plejstocen	Lessy i gliny lessowate.
10 – 1450 (1440)	Miocen	Baden - sarmat	Iły, iłowce, łupki, szare, ciemnoszare, zielonoszare, wapieniste z wkładkami i warstwami piaskowców jasnoszarych, drobnoziarnistych z domieszką materii organicznej. Podrzędnie margle i iłowce dolomityczne, a w poziomie ewaporatowym – anhydryty i/lub gipsy.
1450 – 1565 (115)	Kreda górna	senon	Margle piaszczyste i wapienie margliste, szarozielone. Margle i wapienie margliste z opokami, szare oraz białe smugowane wapienie z czertami. Margle ilaste, zielonoszare, w dolnej części piaszczyste z glaukonitem i gruzłami wapieni turońskich.
1565 – 1575 (10 m)		turon	Wapienie piaszczyste glaukonitowe.
1575 – 1625 (50)		cenoman	Piaski i piaskowce drobno- i średnioziarniste, szarozielone, glaukonitowe ze zlepieńcem podstawowym w spągu.
1625 – 2060 (435)	Jura górna	oksford	Seria koralowcowo-onkolitowa: utwory wapienno-dolomityczne – wapienie onkolitowe, bioklastyczne, muszlowcowe i rafowe, o barwach zwykle jasnych, niekiedy przeławicane związłymi wapieniami

			<p>marglistymi.</p> <p><i>Seria marglisto-wapienna</i>: margle i wapienie mikrytowe. Margle w barwach ciemnoszarych, miejscami lekko skrzemionkowane. Wapienie i wapienie margliste mają często charakter gruzłowy.</p> <p><i>Seria detrytycznych wapieni gąbkowych</i>: wapienie detrytyczne, jasnobieżowe lub szare, masywne ze spękaniami wypełnionymi ciemnoszarym materiałem ilastym. Lokalnie przewarstwienia szarych wapieni marglistych. Niekiedy zawierają materiał detrytyczny w postaci ciemnoszarych intraklastów wapieni i wapieni marglistych oraz redeponowanych muszli małżów i fragmentów szkarłupni.</p> <p><i>Seria gąbkowo-globuligerinowa</i>: wapienie margliste i wapienie mikrytowe, szare, zawierające gąbki krzemionkowe oraz struktury bioturbacyjne.</p>
2060 – 2120 (60)	Jura środkowa	bajos górny – kelowej	<p>Piaskowce średnio- i gruboziarniste, szare i szaro-żółte o spoiwie wapienno-mułowcowym, podrzędnie wapienno-żelazistym.</p> <p>Piaskowce mułowcowe, szare z licznym detrytusem roślinnym.</p> <p>Mułowce, szarobrunatne, mikowe.</p> <p>W spągu zlepienieć podstawowy.</p>
2120 – 2140 (20) Głębokość końcowa	Trias dolny	pstry piaskowiec	<p>Piaskowce i piaskowce mułowcowe, podrzędnie mułowce, czerwone, ceglasto-wiśniowe oraz pstre.</p>

Otwór Brzesko GT-1 będzie wykonywany w rejonie charakteryzującym się złożoną budową geologiczną, dlatego mogą wystąpić różnice między projektowanym, a rzeczywistym profilem geologicznym. Zastrzega się zatem możliwość wprowadzenia zmian w konstrukcji projektowanego otworu, w zależności od napotkanych warunków geologicznych. W szczególności dotyczy to głębokości posadowienia kolumn rur okładzinowych, jak również długości i głębokości posadowienia kolumny filtrowej. Decyzje w kwestii zmian konstrukcji podejmie nadzór geologiczny w uzgodnieniu z kierownikiem ruchu zakładu (KRZ) oraz Inwestorem.

W oparciu o zebrane materiały geologiczne i hydrogeologiczne, w profilu otworu Brzesko GT-1 należy spodziewać się następujących horyzontów wodonośnych o istotnym znaczeniu:

- 10 – 100 m: naporowy poziom wodonośny wód słodkich w poziomach piaszczystych miocenu ;
- 1575 – 1625 m: naporowy poziom zbiornikowy solanek termalnych o przewidywanej mineralizacji około 70 g/dm^3 w piaskach i piaskowcach cenomanu. Poziom ma charakter naporowy, zwierciadło wód będzie się stabilizować prawdopodobnie blisko powierzchni terenu (możliwy samowypływ). Spodziewane temperatury wód termalnych cenomanu wynoszą $50 - 55^\circ\text{C}$;
- 1625 – 2060 m: naporowy poziom wodonośny solanek termalnych o charakterze szczelinowo-porowym w wapieniach jury górnej. Temperatura tych wód może dochodzić do $55 - 60^\circ\text{C}$ przy mineralizacji rzędu $70 - 80 \text{ g/dm}^3$. Poziom jest przypuszczalnie połączony hydraulicznie z kompleksem wodonośnym cenomanu.
- 2060 – 2120 m: naporowy poziom zbiornikowy solanek termalnych o przewidywanej temperaturze około 60°C i mineralizacji około 80 g/dm^3 , występujący w piaskowcach jury środkowej. Utwory doggeru mają prawdopodobnie łączność hydrauliczną z kompleksem węglanowym jury górnej.

6.3. Przewidywana konstrukcja otworu Brzesko GT-1

Konstrukcję techniczną projektowanego otworu Brzesko GT-1 przedstawiono w tabeli 3 oraz na załączniku 7.

Tab. 3. Projektowana konstrukcja otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego Brzesko GT-1.

Kolumna rur okładzinowych	Interwał zarzucania od – do [m]	Sposób uszczelnienia
Konduktor 18 5/8" (473,1 mm)	0 - 12	kolumna wbijana
Prowadnikowa - 13 3/8" (339,7 mm)	0 – 500	rury cementowane do wierzchu
Techniczna - 9 5/8" (244,5 mm)	400 - 1570	rury cementowane na całej długości. Kolumna zostanie zawieszona na wieszaku z pakierem w rurach 13 3/8"
Kolumna filtrowa Ø 6 5/8" z filtrami typu Johnson o podwójnej ścianie z preobsypką na konstrukcji z rur wewnętrznych Ø 6 5/8" (168,3 mm).	1530 – 2130	<p>a/ kolumna filtrowa zostanie zawieszona na wieszaku w rurach 9 5/8" i uszczelniona pakierem.</p> <p>b/ interwały części czynnych kolumny będą wyznaczone decyzją nadzoru geologicznego w oparciu o stwierdzone warunki złożowe.</p> <p>c/ z uwagi na przewidywane piaszczenie utworów cenomanu zaleca się zastosowanie części czynnych filtrów ze szczeliną ciągłą o szer. 0,5 mm oraz średnicą kulek szklanych 0,6-1,3 mm – do ustalenia.</p> <p>d/ wykonawca wiercenia powinien zapewnić części czynnej filtry o łącznej długości co najmniej 250 m (według miary wiertniczej).</p>

Projektuje się wykonanie otworu Brzesko GT-1 tradycyjną metodą obrotową z wykorzystaniem świrdrów gryzowych i skrawających oraz płuczki bentonitowej, potasowo-polimerowej i beziłowej.

Roboty geologiczne będą prowadzone na styku dwóch koncesji PGNiG S.A. na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego:

- Kłaj-Krzeczów-Żabno-Łętowice-Zaborów-Tarnów-Wierzchosławice (nr 35/2000/p),
- Wiśnicz-Tuchów (nr 35/99/Ł)

Z uwagi na to, że jest to obszar potencjalnie perspektywiczny do występowania złóż węglowodorów, jak i na fakt, że projektowanym otworem możliwe jest nawiercenie poziomów wodonośnych w warunkach artezyjskich, **zaleca się prowadzenie robót geologicznych z zastosowaniem uzbrojenia przeciwerupcyjnego otworu.**

Zadaniem konduktora 18 5/8" będzie zabezpieczenie wylotu otworu w powierzchniowej strefie występowania słabozwięzłych osadów czwartorzędu. Wstępnie założono, że konduktor zostanie wbity na głębokość 12 m.

Kolumna przewodnikowa 13 3/8" zostanie posadowiona w utworach miocenu na gł. 500 m i zacementowana do wierzchu. Wiercenie pod kolumnę będzie odbywać się świdrami gryzowymi lub PDC o średnicy 17 1/2" przy użyciu płuczki potasowo-polimerowej o gęstości 1,05 – 1,30 g/dm³. Zadaniem kolumny będzie odizolowanie poziomów wodonośnych miocenu w strefie występowania wód płytkiego krążenia. Jednocześnie kolumna będzie pełnić funkcję komory pompowej, w której umieszczona zostanie pompa wgłębna do testów hydrodynamicznych i ewentualnej eksploatacji poziomu wód termalnych. Wymaga się, aby kolumna rur 13 3/8" była podwieszona w więźbie.

Kolumna techniczna 9 5/8" będzie kolumną traconą, posadowioną w spągowej części węglanowych utworów kredy górnej na projektowanej głębokości 1570 m. Kolumna zostanie zawieszona na wieszaku z pakierem w rurach 13 3/8" na głębokości 400 m i zacementowana na całej długości. Wiercenie pod kolumnę 9 5/8" będzie wykonane świdrami gryzowymi lub typu PDC o średnicy 12 1/4" przy użyciu płuczki potasowo-polimerowej lub beziłowej o gęstości 1,05 – 1,30 g/dm³.

Szczególną uwagę należy zwrócić podczas dowiercania do głębokości posadowienia kolumny technicznej 9 5/8", która według projektu powinna zostać posadowiona nad stropem piaskowców cenomanu, tj. w obrębie wapieni turonu.

Rury okładzinowe kolumny przewodnikowej 13 3/8" oraz technicznej 9 5/8" powinny być wykonane ze stali w jakości nie niższej niż N80 i grubości ścianki nie niższej niż 10 mm.

Sekcja złożowa otworu będzie wiercona świdrami gryzowymi lub typu PDC oraz koronkami rdzeniowymi o średnicy 8 1/2" do głębokości końcowej otworu 2140 m (±10%)

z użyciem płuczki beziłowej o ciężarze 1,05 – 1,25 g/dm³, w zależności od potrzeb z blokatorami.

W sekcji złożowej projektuje się pobór rdzeni wiertniczych o łącznej długości 63 m, badania rurowymi próbnikami złoża oraz pomiar Production Logging.

W przypadku stwierdzenia korzystnych warunków hydrogeologicznych sekcja złożowa otworu zostanie zafiltrowana kolumną eksploatacyjną z filtrami typu Johnson o podwójnej ścianie z pre-obsypką z kulek szklanych. Konstrukcja kolumny będzie oparta na rurach wewnętrznych o śr. 6 5/8" (168,3 mm). Kolumna filtrowa zostanie podwieszona na wieszaku w rurach 9 5/8" na głębokości około 1530 m i uszczelniona pakerem. Pod wieszakiem zostanie zamontowany łącznik dielektryczny.

Konstrukcja kolumny filtrowej, jej ostateczna długość, jak i interwały części czynnych zostaną ustalone w projekcie technicznym po odwierceniu sekcji złożowej i wykonaniu badań geofizycznych. Zakłada się, że częścią roboczą filtra zostaną objęte: utwory cenomanu (w całości), jury górnej (tylko interwały przepuszczalne) oraz jury środkowej (w przypadku korzystnych parametrów zbiornikowych). Przewidywana łączna długość części roboczej kolumny filtrowej wynosi 250 m.

Kolumna filtrowa będzie wykonana ze stali nierdzewnej w jakości nie gorszej niż AISI 316L.

Zastrzega się możliwość zmiany głębokości końcowej otworu w zakresie od 1926 do 2354 m (tj. $\pm 10\%$ od projektowanej głębokości 2140 m) w przypadku innej niż zakładano głębokości zalegania utworów wodonośnych. Decyzję o zmianie głębokości końcowej otworu powinien podjąć geolog nadzorujący wiercenie.

Nie uzyskanie zakładanych parametrów złożowych do głębokości 2140 m ($\pm 10\%$) będzie podstawą do podjęcia decyzji o zakończeniu prac na tym etapie wiercenia. W przypadku podjęcia przez Inwestora decyzji o przystąpieniu do prac związanych z pogłębieniem otworu należy je realizować w oparciu o zatwierdzony dodatek do niniejszego projektu.

Konstrukcja otworu wiertniczego Brzesko GT-1 została dobrana w taki sposób, aby zapewnić bezpieczeństwo prowadzonych robót oraz ochronę środowiska, a w szczególności ochronę wód podziemnych.

Szczelność zacementowania kolumn rur będzie sprawdzana pomiarami geofizycznymi (cementomierzem akustycznym). Projekty techniczne zabiegów cementowania zostaną opracowane na podstawie wyników badań i pomiarów wykonanych podczas wiercenia otworu.

Wszelkie obliczenia projektowe, a w szczególności wymagana objętość zaczynu cementowego, należy skorygować na podstawie wyników profilowania średnicy otworu.

6.4. Płyiny wiertnicze

Rodzaj, skład i parametry zastosowanych płynów wiertniczych powinny być dobrane przez wyspecjalizowany serwis płuczkowy. Należy w szczególności mieć na uwadze:

- możliwość reagowania z płuczką minerałów ilastych występujących w osadach miocenu,
- występowanie stref chłonnych w profilu otworu, stwarzających ryzyko ucieczek płuczki oraz przychwycenia przewodu wiertniczego (piaszczyste osady cenomanu, utwory węglanowe jury górnej),
- ryzyko sypania ścian otworu w interwale występowania piaskowców i piasków cenomanu.
- zapewnienie ochrony poziomów wodonośnych cenomanu, jury górnej oraz środkowej przed ich zanieczyszczeniem płynami wiertniczymi.

6.5. Sposób zamykania horyzontów wodonośnych

Przewiercone poziomy wodonośne (niebędące celem geologicznym) będą izolowane poprzez rurowanie i cementowanie. W otworze Brzesko GT-1 zamykanie poziomów wodonośnych odbywać się będzie poprzez zapuszczanie oraz cementację następujących kolumn rur okładzinowych 13 3/8" oraz 9 5/8".

6.6. Sposób i termin likwidacji otworu

Wykorzystanie otworu Brzesko GT-1 planuje się na okres co najmniej 30 lat. Po tym okresie, jeżeli nastąpi zużycie elementów konstrukcyjnych otworu – w szczególności rur okładzinowych 9 5/8" i 13 3/8" oraz kolumny filtrowej, planuje się wykonać rekonstrukcję odwiertu.

Zakłada się, że otwór Brzesko GT-1 zostanie w całości zlikwidowany w przypadku nienawiercenia poziomów wodonośnych projektowanych do ujęcia (otwór suchy), jednak ostateczna decyzja odnośnie likwidacji zostanie podjęta przez Inwestora.

Likwidacja będzie przeprowadzona na podstawie projektu technicznego, w którym zostanie przedstawiony szczegółowy sposób likwidacji otworu i rekultywacji terenu, w zależności od sytuacji geologicznej w otworze.

6.7. Opróbowanie otworu

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. 2015 poz. 903) kompletne wyniki opróbowania otworu wiertniczego podlegają przekazaniu Państwowej Służbie Geologicznej w zakresie określonym w §2, §12 i §14 ww. rozporządzenia.

6.7.1. Zakres, ilość i wielkość przewidywanych do pobrania próbek geologicznych

W toku prac związanych z realizacją otworu Brzesko GT-1 przewiduje się pobór prób okruchowych, rdzeni wiertniczych, próbek wody termalnej oraz prób zawartego z niej gazu.

Próby okruchowe będą pobierane na całej długości otworu z następującą częstotliwością:

- 0 – 1200 m: co 10 m
- 1200 – 1575 (tj. do stropu cenomanu): co 5 m;
- 1575 – 1625 m (tj. z utworów cenomanu): co 3 m;
- 1625 – 2060 m (tj. do spągu jury górnej): co 5 m.
- 2060 – 2140 m: co 3 m.

Pobrane zostaną dwa komplety prób okruchowych. Zgodnie z założonym profilem geologicznym oraz częstością opróbowania łączna ilość próbek okruchowych w jednym komplecie wyniesie około 324. Każda próbka będzie mieć wagę minimum 100 g.

Rdzenie wiertnicze będą pobierane w interwale występowania utworów cenomanu, jury górnej i jury środkowej. Przewiduje się pobór rdzeni o łącznej długości 63 m: 18 m rdzenia z utworów cenomanu, 27 m rdzenia z interwału jury górnej oraz 18 m rdzenia z utworów jury środkowej. Poszczególne interwały rdzeniowania zostaną określone przez nadzór geologiczny w porozumieniu z geologiem dozoru.

W przypadku niskich uzysków spowodowanych warunkami geologicznymi (np. występowaniem słabo zwięzłych i rozsypliwych piaskowców cenomanu lub spękanych wapieni jury górnej) projektowana długość rdzeni może ulec zmniejszeniu. Decyzję w tej sprawie podejmie nadzór geologiczny w porozumieniu z kierownikiem ruchu zakładu.

Próby wody do analiz fizykochemicznych będą pobierane w trakcie próbnego pompowania – po jednej próbie pod koniec każdego z trzech stopni pompowania.

Próby wody do badań izotopowych oraz mikrobiologicznych będą pobrane pod koniec trzeciego stopnia pompowania pomiarowego – po jednej próbie dla każdego rodzaju badania.

Próby gazu pochodzącego z wody termalnej do analizy składu chemicznego gazu oraz określenia wykładnika gazowego będą pobierane podczas trzeciego stopnia pompowania pomiarowego.

6.7.2. Sposób postępowania z próbkami geologicznymi oraz określenie próbek geologicznych podlegających przekazaniu organowi administracji geologicznej

Próby okruchowe oraz rdzenie wiertnicze pobrane z otworu Brzesko GT-1 będą „próbkami geologicznymi trwałego przechowywania” (Dz.U. z 2017 r. poz. 2075) i zgodnie z zapisami art. 82 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2021 r. poz. 1420, tekst jednolity) podlegają przekazaniu Państwowej Służbie Geologicznej nie później niż 60 dni od dnia ich uzyskania.

Zakres, formę i tryb przekazywania próbek geologicznych uzyskanych w wyniku prowadzenia projektowanych robót geologicznych określa rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. z 2015 r. poz. 903).

Z otworu Brzesko GT-1 zostaną ponadto pobrane próbki wody termalnej oraz pochodzącego z niej gazu. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 października 2017 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz. U. z 2017 r. poz. 2075), próbki te kwalifikują się jako „próbki geologiczne czasowego przechowywania” i nie podlegają przekazaniu organowi administracji geologicznej. Próby pozostaną u wykonawców robót geologicznych i badań do czasu ich zakończenia, a następnie zostaną zlikwidowane w odpowiedni sposób po uzyskaniu ostatecznej decyzji zatwierdzającej dokumentację geologiczną.

Projektuje się pobór dwóch kompletów prób okruchowych suchych, tj. przemytych i wysuszonych w temperaturze nie wyższej niż 105°C. Każda próbka powinna mieć wagę minimum 100 g. Próbki po wysuszeniu będą wsypywane do polietylenowych woreczków strunowych lub sznurowanych worków płóciennych, a następnie umieszczane w odpowiednio opisanych skrzynkach z uwzględnieniem podziału na komplety. Próbki oraz skrzynki będą opisane w sposób zgodny z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. z 2015 r. poz. 903).

Rdzenie wiertnicze będą umieszczane w skrzynkach o długości 1,0 m z zasuwanym wiekiem, przestrzegając ułożenia „strop-spąg”. Opis skrzynek oraz zabezpieczenie rdzeni

powinny być zgodne z wymogami określonymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. z 2015 r. poz. 903).

Po zakończonym rdzeniowaniu rdzenie wiertnicze zostaną przecięte na dwie równe części zgodnie z płaszczyzną osi walca.

Rdzenie powinny być udokumentowane fotograficznie zarówno przed przecięciem (w skrzynkach), jak i po przecięciu, zwracając uwagę na rejestrację cech litologicznych i strukturalnych.

6.8. Zakres obserwacji i badań terenowych

6.8.1. Pomiary geofizyki wiertniczej

Pomiary geofizyczne w otworze Brzesko GT-1 będą miały na celu określenie i ocenę:

- średnicy i krzywizny otworu,
- profilu litologiczno-stratygraficznego,
- miąższości efektywnej poziomów zbiornikowych wód termalnych,
- warunków złożowych w obrębie utworów sekcji złożowej,
- warunków termicznych w otworze,
- stanu zacementowania rur okładzinowych.

W otworze Brzesko GT-1 zostaną wykonane następujące pomiary geofizyczne:

- **I zestaw badań – po zakończeniu wiercenia sekcji 17 ½”:**

w bosym odcinku otworu:

- *profilowanie średnicy*
- *profilowanie krzywizny*
- *profilowanie gamma naturalne*

- **II zestaw badań – po zakończeniu wiercenia sekcji 12 ¼”:**

w bosym odcinku otworu:

- *profilowanie średnicy*
- *profilowanie krzywizny*
- *profilowanie gamma naturalne*

w zarurowanym odcinku otworu:

- *cementomierz akustyczny w rurach 13 3/8”*

- **III zestaw badań – po zakończeniu wiercenia sekcji 8 ½” :**

w bosym odcinku otworu:

- *profilowanie średnicy*
- *profilowanie krzywizny*
- *profilowanie gamma naturalne*
- *spektrometryczne profilowanie gamma*
- *spektrometryczne profilowanie litologiczno-gęstościowe*
- *profilowanie neutronowe*
- *profilowanie oporności i potencjału naturalnego*
- *profilowanie upadu warstw (XRMI lub FMI) - obraz 360°*

w zarurowanym odcinku otworu:

- *cementomierz akustyczny w rurach 9 5/8"*

- **IV zestaw badań – w sekcji złożowej przed zafiltrowaniem:**

- *pomiar Production Logging w całym interwale sekcji złożowej (uzależniony od kondycji ścian otworu)*

- **V zestaw badań – w otworze zafiltrowanym:**

- *profilowanie temperatury w warunkach quasi-ustalonych (po minimum 14-dniowej stójce) od powierzchni terenu do spągu kolumny filtrowej.*

6.8.2. Aparatura Kontrolno-Pomiarowa

Proces wiercenia otworu Brzesko GT-1 będzie monitorowany przez pracowników aparatury kontrolno-pomiarowej (laboratorium polowego) od głębokości 10 m, tj. od początku wiercenia sekcji pod kolumnę wstępną rur o śr. 13 3/8”.

Obsługa laboratorium AKP będzie miała za zadanie wykonywanie na bieżąco następujących prac:

- pobór prób okruchowych,
- przygotowanie prób okruchowych do opisu litologicznego,
- analiza węglanowości prób okruchowych i rdzeni,
- pakowanie oraz prowadzenie inwentaryzacji prób okruchowych,
- rejestrację interwałów poboru prób okruchowych oraz rdzeni,
- sporządzanie profilu geologicznego otworu na podstawie opisów litologicznych doboru geologicznego,
- rejestrację postępu wiercenia oraz innych parametrów technologicznych wiercenia,

- rejestrację parametrów płuczki wiertniczej – w szczególności ciężaru i temperatury,
- monitorowanie całkowitej zawartości gazów palnych w płuczce wiertniczej, w tym siarkowodoru,
- monitorowanie zaników płuczki wiertniczej oraz dopływów płynów złożowych do otworu.

6.8.3. *Badania rurowym próbnikiem złoża*

W celu określenia własności zbiornikowych utworów będących celem geologicznym wiercenia wykonane zostaną następujące badania rurowym próbnikiem złoża:

- Opróbowanie utworów cenomanu w całym interwale ich występowania. Badanie zostanie wykonane po przewierceniu spągu tych utworów. Próbnik złoża zostanie zapięty w rurach 9 5/8",
- Opróbowanie próbnikiem złoża co najmniej dwóch odcinków jury górnej, wytypowanych przez służbę geologiczną na podstawie warunków panujących w otworze podczas przewiercenia perspektywicznych horyzontów lub po osiągnięciu całej miąższości utworów i wykonaniu badań geofizycznych,
- Opróbowanie utworów piaskowcowych jury środkowej. Interwał do opróbowania zostanie wybrany przez służbę geologiczną na podstawie wyników profilowań geofizycznych.

Wymaga się, aby zestawy próbnikowe były wyposażone w autoklaw w celu pobrania próbki wody złożowej do analiz fizyko-chemicznych.

Podczas wszystkich badań próbnikiem zaleca się wytworzenie jednakowej różnicy ciśnień (depresji ciśnienia) pomiędzy przewidywanym ciśnieniem złożowym (bliskie hydrostatycznemu) a ciśnieniem w kolumnie próbnikowej.

Celem badań jest m.in. określenie czy utwory cenomanu i jury pozostają w łączności hydraulicznej.

6.8.4. *Pomiar Production Logging*

W sekcji złożowej otworu, po zakończeniu profilowań geofizycznych lub/i badań rurowymi próbnikami złoża, wykonane zostanie badanie *Production Logging* w celu określenia stref dopływu wód złożowych do otworu wraz z oceną wielkości tego dopływu. Parametry testu

zostaną ustalone przez nadzór geologiczny w oparciu o wstępną ocenę parametrów hydrogeologicznych złoża. Wykonanie badania uzależnione będzie od kondycji otworu.

6.8.5. Próbné pompowania

W otworze Brzesko GT-1 zostaną wykonane testy hydrodynamiczne udostępnionego interwału złożowego w celu określenia jego parametrów hydrogeologicznych.

Przewiduje się, że statyczne zwierciadło wód termalnych w otworze wygrzanym będzie się stabilizować powyżej powierzchni terenu.

Przebieg testów będzie następujący:

- Zapuszczenie do otworu pompy głębinowej o następujących parametrach: wysokość podnoszenia wody 200 m, wydajność nie mniej niż 150 m³/h,
- Wykonanie pompowania oczyszczającego - pompowanie będzie wykonywane na jednym stopniu z maksymalną wydajnością, a jego parametry ustali nadzór geologiczny. Celem pompowania oczyszczającego jest oczyszczenie strefy złożowej z pozostałości płuczki wiertniczej i zawiesiny pylastej, czyli udrożnienie dróg dopływu wody do otworu przed pompowaniem pomiarowym i późniejszą eksploatacją odwiertu. Podczas pompowania oczyszczającego należy stosować udary hydrauliczne dla lepszego oczyszczenia strefy złożowej. Pompowanie będzie prowadzone do momentu wymiany co najmniej 1,5-3 objętości wody w otworze lub do czasu uzyskania wody o odpowiedniej czystości, pozbawionej piasku i zawiesiny pylastej. Następnie zostanie przeprowadzona obserwacja powrotu zwierciadła wody do poziomu statycznego. Na podstawie wyników pompowania oczyszczającego zostanie ustalona optymalna wielkość wydajności i depresji dla pompowania pomiarowego. Dopuszcza się przeprowadzenie pompowania oczyszczającego metodą „airliftu”. Decyzję w tym zakresie podejmie nadzór geologiczny.
- Wykonanie pompowania pomiarowego – pompowanie pomiarowe zostanie rozpoczęte po ustabilizowaniu się zwierciadła wody w otworze po zakończonym pompowaniu oczyszczającym. Zostanie ono przeprowadzone przy trzech stopniach wydajności otworu, tj. $1/3 Q_{\max}$, $2/3 Q_{\max}$, Q_{\max} . Wydajność Q_{\max} zostanie określona przez nadzór geologiczny na podstawie wyników pompowania oczyszczającego. Sposób przeprowadzenia i czas trwania pompowania pomiarowego ustali nadzór geologiczny. Po wykonanym teście przeprowadzony zostanie pomiar odbudowy zwierciadła wody w otworze, aż do czasu jego ustabilizowania.

Podczas obu pompowań będą prowadzone pomiary podstawowych parametrów eksploatacyjnych: wydajności otworu, głębokości położenia zwierciadła (przy użyciu sondy ciśnieniowej), ciśnienia na głowicy oraz temperatury wód termalnych na wypływie. Wyniki obserwacji będą automatycznie rejestrowane w bazie danych z częstotliwością ustaloną przez nadzór geologiczny. W trakcie pompowania oczyszczającego i pomiarowego będą wykonywane badania wskaźnikowe, obejmujące oznaczenia szybkozmiennych cech fizykochemicznych wody, tj. odczynu pH i przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (PEW). Przewiduje się wykonywanie badań nie rzadziej niż co 1 godzinę.

Dodatkowo, z uwagi na możliwą zawartość siarkowodoru w wodzie złożowej (przewiduje się stężenie siarkowodoru w wodzie termalnej w zakresie 0 – 50 mg/dm³) prowadzona będzie ciągła rejestracja stężenia siarkowodoru w powietrzu przy wylocie z otworu oraz w miejscu zrzutu wód (zbiornik ziemny).

6.8.6. *Badania i pomiary specjalne*

W przypadku nieuzyskania zakładanych wydajności otworu, po wykonanym pompowaniu pomiarowym nadzór geologiczny może podjąć decyzję o przeprowadzeniu zabiegu intensyfikacji wydobywania. Zabieg zostanie wykonany poprzez kwasowanie wytypowanego interwału strefy złożowej. Celem zabiegu będzie zwiększenie przepuszczalności skał zbiornikowych w strefie przyodwiertowej w rezultacie powiększenia znajdujących się w skale szczelin i porów przez ciecz kwasującą. Dobór cieczy kwasującej na podstawie analiz próbek okruchowych i rdzeni oraz sposób wykonania zabiegu zostanie określony w projekcie technicznym kwasowania przez wyspecjalizowaną jednostkę wykonującą tego typu zabiegi.

6.9. Zakres badań laboratoryjnych

6.9.1. *Badania laboratoryjne próbek okruchowych i rdzeni*

Z rdzeni wiertniczych zostaną pobrane próbki do następujących badań:

- porowatości i przepuszczalności,
- petrograficznych – analiza uziarnienia skał w płytkach cienkich;
- stratygraficznych – w celu określenia wieku skał (opcjonalnie).

W razie potrzeby badania stratygraficzne zostaną wykonane również na wybranych próbach okruchowych.

Dokładna liczba próbek przekazanych do badań zostanie określona przez nadzór geologiczny w oparciu o bieżące wyniki wiercenia.

6.9.2. Badania laboratoryjne próbek wody termalnej i gazów rozpuszczonych w wodzie

Pobrane podczas testów hydrodynamicznych próbki wody i gazu zostaną przekazane do następujących analiz:

- fizyko-chemicznej wody, w celu określenia następujących wskaźników:
 - twardość wody (ogólnej, węglanowej i niewęglanowej), zasadowość, suma składników stałych, mineralizacja ogólna, krzemionka jako H_2SiO_2 , kwas metakrzemowy H_2SiO_3 , barwa, mętność, zapach, smak, odczyn, potencjał redox, przewodność elektrolityczna właściwa;
 - (Na^+) , (K^+) , (Li^+) , (Ca^{+2}) , (Mg^{+2}) , (Ba^{+2}) , (Sr^{+2}) , (Fe^{+2}) , (Mn^{+2}) , (Zn^{+2}) , (Cu^{+2}) , (Ni^{+2}) , (Co^{+2}) , (Pb^{+2}) , (Cd^{+2}) , (Al^{+3}) , (Cr^{+3}) , (Mo^{+6}) , (V^{+5}) , (As^{+3}) , (Ti^{+2}) ;
 - (Cl^-) , (Br^-) , (I^-) , (SO_4^{-2}) , (HCO_3^{-2}) , (NO_2^-) , (NO_3^-) , (PO_4^{-3}) , (BO_3^{-3}) , (HBO_2) ,
 - CO_2 , Rn , H_2S .
- mikrobiologicznej,
- składu izotopowego tlenu i wodoru ($\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$) dla określenia wieku wody oraz stężenia trytu (T) dla określenia występowania składowej współczesnej, tzn. wody zasilanej po 1952 roku,
- składu gazów rozpuszczonych w wodzie.

6.10. Przewidywana wielkość dopływu wód do projektowanego otworu

Za wielkość przewidywanego dopływu wód do otworu przyjmuje się zakładaną wydajność otworu, to jest około $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Jest to dopływ spodziewany w warunkach testowania hydrodynamicznego otworu, po udostępnieniu interwału złożowego. Sumaryczna wielkość dopływu zależna będzie od czasu pompowania otworu.

Dopływ wód do otworu będzie zachodził także podczas wykonywania testu Production Logging. Wydajność podczas tego pomiaru zostanie ustalona przez nadzór geologiczny na podstawie wyników opróbowania otworu.

Nie przewiduje się dopływu wód złożowych do otworu w trakcie jego głębinienia. Rodzaj i parametry płuczki wiertniczej zostaną dobrane w taki sposób, aby równoważyć ciśnienia złożowe.

6.11. Przewidywana jakość wody odpompowanej z otworu

Jakość wody odpompowywanej z otworu określa przewidywana wielkość mineralizacji tj. około 70 g/dm³ oraz typ chemiczny wody, tj. Cl-Na. Woda może zawierać siarkowodor w stężeniu od 0 do 50 mg/dm³.

6.12. Sposób odprowadzania wody odpompowanej z otworu

Woda wypompowana z otworu podczas pompowania oczyszczającego będzie odprowadzana do szczelnego zbiornika ziemnego o pojemności minimalnej 4000 m³, a następnie, zgodnie z przepisami prawa, zutylicowana przez odpowiednie firmy. Zbiornik ziemny będzie podścielony nieprzepuszczalną membraną chroniącą środowisko gruntowo-wodne przed migracją wód złożowych włąb podłoża.

Woda termalna pochodząca z pompowania pomiarowego zostanie schłodzona w zbiorniku ziemnym o pojemności min. 4000 m³, a następnie odprowadzona do wód powierzchniowych na podstawie zgłoszenia wodnoprawnego zgodnie z zapisami ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (tekst jednolity w Dz.U. z 2021 r. poz. 624 z późn. zm.) lub odpowiednio, zgodnie z przepisami prawa, zutylicowana przez odpowiednie firmy.

7. WYSZCZEGÓLNIENIE NIEZBĘDNYCH PRAC GEODEZYJNYCH

Po zakończeniu robót geologicznych zostanie sporządzona inwentaryzacja geodezyjna otworu (plan sytuacyjno-wysokościowy). Wyniki prac geodezyjnych, przedstawione w formie operatu, zostaną zgłoszone do właściwego ośrodka dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej, a także do właściwych organów samorządu terytorialnego. Prace te powinien wykonać uprawniony geodeta zgodnie z obowiązującymi przepisami.

8. HARMONOGRAM ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH

Harmonogram robót geologicznych będzie prowadzony na podstawie zatwierdzonego projektu robót geologicznych. Harmonogram obejmuje następujące czynności:

1. Prace wiertnicze – około 6 miesięcy, w tym:
 - prace przygotowawcze (w tym zgłoszenie rozpoczęcia robót geologicznych, zatwierdzenie planu ruchu): 1,5 miesiąca
 - montaż urządzenia i wiercenie otworu: 3 miesiące
 - badania hydrogeologiczne: 1-2 tygodnie
 - demontaż i rekultywacja terenu: 1 miesiąc
2. Opracowanie dokumentacji wynikowej: 6 miesięcy

Tab. 3. Harmonogram zamierzonych robót geologicznych.

Okres [miesiące]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Rodzaj prac											
Prace wiertnicze											
Dokumentacja geologiczna											

9. WPŁYW ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH NA OBSZARY CHRONIONE, W TYM OBSZARY NATURA 2000

9.1. Określenie oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na środowisko

Zgodnie z art. 3 ust. 1 pkt 44 Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2019 poz. 1839) projektowana inwestycja związana z wierceniem otworu termalnego Brzesko GT-1 nie należy do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko.

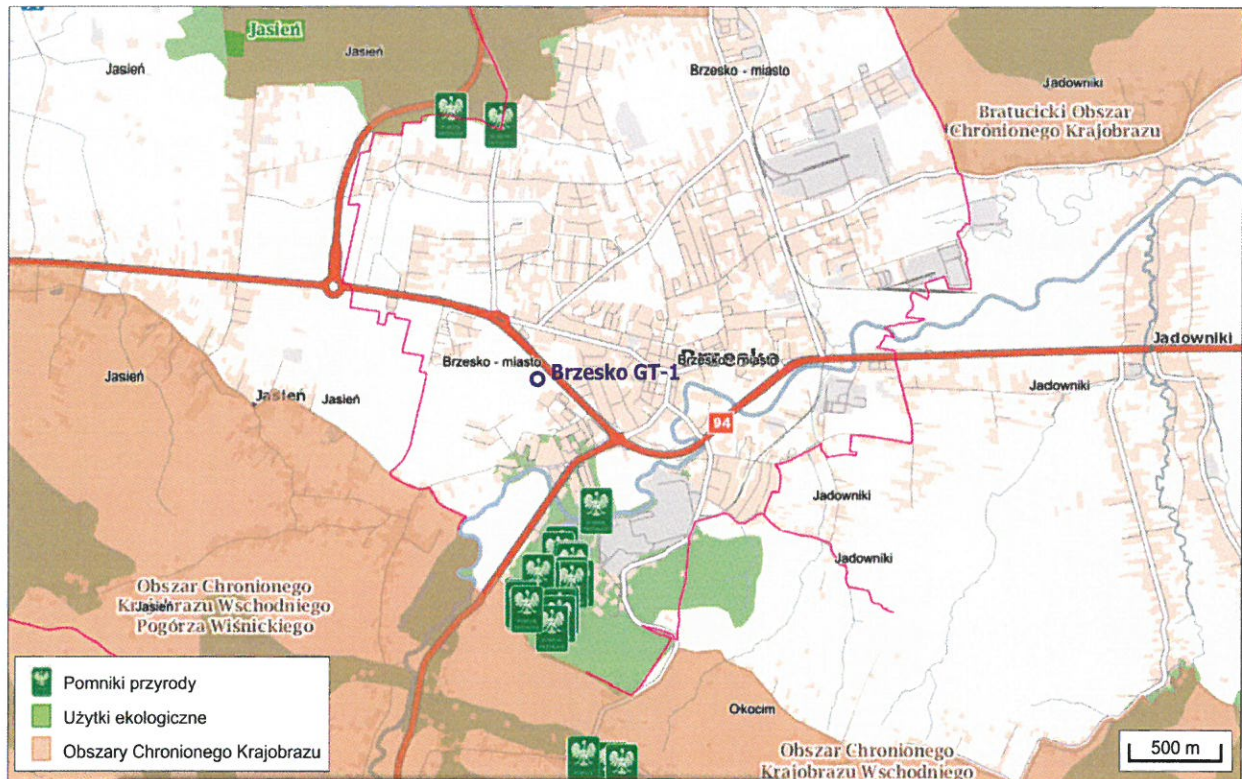
9.2. Występowanie obszarów chronionych w miejscu projektowanych robót

Projektowany otwór Brzesko GT-1 nie leży w granicach żadnych form ochrony przyrody w rozumieniu ustawy o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. (tekst jednolity w Dz.U. z 2021 r., poz. 1098). Natomiast w promieniu 5 km od miejsca projektowanych robót znajdują się następujące obszary chronione:

- Obszar Chronionego Krajobrazu Wschodniego Pogórza Wiśnickiego (w odległości ok. 0,8 km) i Bratucicki Obszar Chronionego Krajobrazu (1,4 km);
- użytek ekologiczny Jasień (ok. 2,4 km);
- otulina Nadbużańskiego Parku Krajobrazowego (ok. 2,4 km);
- szereg pomników przyrody, z których najbliższy to dąb szypułkowy znajdujący się przy ul. Browarnej w odległości ok. 0,8 km od otworu (<https://www.gdos.gov.pl/>; dostęp: sierpień 2021).

Roboty związane z wykonywaniem otworu Brzesko GT-1 nie będą oddziaływać w sposób negatywny na obszary chronione.

Miejsce projektowanych robót na tle obszarów chronionych przedstawiono na rys. 9 oraz na zał. 4.a.



Rys. 9. Projektowana lokalizacja otworu Brzesko GT-1 na tle obszarów chronionych (źródło danych: <http://geoserwis.gdos.gov.pl/>; dostęp: sierpień 2021).

9.3. Opis zagrożeń dla środowiska naturalnego związanych z rodzajem projektowanych robót

W bezpośrednim otoczeniu otworu Brzesko GT-1 w trakcie jego wiercenia przewiduje się wystąpienie niewielkich, krótkotrwałych i nieciągłych wpływów przedmiotowej inwestycji na środowisko naturalne. Zakłada się możliwość wystąpienia następujących rodzajów zagrożeń dla środowiska naturalnego:

- zanieczyszczenie gleby,
- zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego,
- zagrożenie hałasem i wibracjami,
- zanieczyszczenie wód podziemnych i powierzchniowych,
- powstawanie odpadów.

Roboty wiertnicze będą oddziaływać na środowisko naturalne z niewielką intensywnością. W trakcie prac związanych z realizowaniem inwestycji wykonawca będzie podejmował działania mające na celu zapewnienie ochrony środowiska zgodnie z wymogami obowiązujących przepisów prawnych zawartych w ustawach i rozporządzeniach z zakresu ochrony środowiska oraz z wykorzystaniem współczesnej wiedzy technicznej.

9.3.1. Zagrożenie dla gleb i gruntów

Oddziaływanie projektowanych robót na środowisko gruntowe pojawi się na etapie prac przygotowawczych do prowadzenia wiercenia, związanych m. in. ze zdjęciem i sprzymowaniem warstwy wierzchniej gleby (tzw. humusu), niwelacją terenu wiertni czy utwardzeniem placów i dróg dojazdowych.

Prace związane z niwelacją terenu wiertni spowodują czasową zmianę charakteru powierzchni oraz sposobu jej użytkowania. Pierwotny charakter terenu zajętego przez wiertnię zostanie przywrócony w wyniku rekultywacji po zakończeniu prac związanych z wierceniem i opróbowaniem otworu.

Istnieje również ryzyko zanieczyszczenia gleby i ziemi paliwami, olejami czy substancjami chemicznymi służącymi do przygotowania płuczki. W związku z tym, w ramach prac przygotowawczych jeszcze przed rozpoczęciem wiercenia, należy teren wiertni w miejscach stosowania tych substancji (pompy płuczkowe, magazyny płuczkowe, magazyny paliw i smarów, pojemniki z odpadami) zabezpieczyć za pomocą geomembrany, na której ułożone zostaną betonowe płyty. Konieczne może być również wykonanie rowu opaskowego wokół wiertni, który będzie zbierał wody opadowe. Zastosowanie powyższych rozwiązań

stanowi dodatkowe zabezpieczenie gruntu oraz wód gruntowych przed migracją zanieczyszczeń w wyniku ewentualnej awarii (Wójcik, 2013).

Po zakończeniu prac na otworze lub po jego likwidacji zostanie przeprowadzona rekultywacja gruntów zgodnie z ustawą z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (tekst jednolity w Dz.U. z 2021, poz. 1326). Po wykonaniu rekultywacji teren zostanie przekazany Inwestorowi.

9.3.2. Zagrożenia dla wód powierzchniowych i podziemnych

Proces wiercenia otworu wymaga stosowania płuczek wiertniczych, które pełnią szereg funkcji – m.in. oczyszczanie otworu z urobku, kontrolowanie ciśnień w otworze, utrzymywanie stateczności ścian. Do sporządzania i regulowania właściwości płuczek wiertniczych w czasie realizacji otworu wiertniczego stosowane są różnorodne organiczne i nieorganiczne środki chemiczne oraz materiały płuczkowe. Substancje te, oprócz regulowania parametrów płuczki wiertniczej, stanowią równocześnie główne źródło zanieczyszczeń wód podziemnych i powierzchniowych (Steliga, Uliasz, 2012).

W zasadzie wszystkie przypadki potencjalnego zanieczyszczenia wód w procesie wykonywania otworu wiertniczego należy rozpatrywać w kategoriach zdarzeń awaryjnych, spowodowanych nieprawidłowościami w prowadzonych pracach lub zawodnością urządzeń. Prawidłowa konstrukcja otworu oraz badania szczelności cementowania skutecznie chronią warstwy wodonośne przed potencjalnym zanieczyszczeniem. Prawidłowa gospodarka odpadami oraz odpowiedni sposób postępowania ze stosowanymi substancjami chemicznymi w połączeniu z zabezpieczeniem powierzchni terenu (uszczelnienie i drenaż) minimalizują ryzyko przedostania się zanieczyszczeń do wód powierzchniowych i podziemnych (Woźnicka, 2012).

W celu zapewnienia bezpieczeństwa środowisku wodnemu w miejscu prowadzonych prac podmiot wykonujący wiercenie będzie zobowiązany do:

- wyłożenia placu, na którym prowadzone będzie wiercenie specjalną, nieprzepuszczalną geomembraną oraz betonowymi płytami;
- zastosowania odpowiednich rozwiązań, w tym technologii prac i urządzeń, celem ograniczenia powstawania nadmiernej ilości ścieków i odpadów (w tym płuczki wiertniczej i odpadów niebezpiecznych);
- odpowiedniego przechowywania powstających ścieków (w tym ścieków socjalno-bytowych), odpadów wiertniczych i niebezpiecznych oraz innych substancji mogących

negatywnie oddziaływać na środowisko w specjalnie do tego celu przeznaczonych miejscach, pomieszczeniach, lub pojemnikach, eliminujących ryzyko ich przedostania się do środowiska gruntowo-wodnego oraz ich sukcesywnego wywożenia do uprawnionego odbiorcy;

- stosowania bezpiecznych dla środowiska materiałów płuczkowych oraz środków neutralizujących ewentualne wycieki oleju;
- zgodnego ze sztuką wiertniczą oraz odpowiednimi rozporządzeniami izolowania przewiercanych poziomów wodonośnych, tj. rurowania kolumną rur okładzinowych i cementowania przestrzeni pozarurowej;
- prowadzenia próbnych pompowań z uwzględnieniem zapisów ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (tekst jednolity w Dz.U. z 2021, poz. 624 z późn. zm.) dotyczących sposobu postępowania z wykorzystanymi wodami podziemnymi.

Woda opadowa z terenu wiertni będzie zbierana rowem opaskowym i w miarę możliwości wykorzystywana na cele technologiczne (sporządzanie płuczki wiertniczej).

Projektowane wiercenie nie będzie oddziaływać na wody podziemne i powierzchniowe poprzez pobór wody. Woda dla celów technologicznych będzie dostarczana rurociągiem lub cysterną od lokalnych wodociągów.

9.3.3. Emisja zanieczyszczeń do powietrza

Głównymi źródłami emisji zanieczyszczeń do powietrza podczas wiercenia otworu są:

- urządzenie wiertnicze i pompy płuczkowe o napędzie spalinowym;
- praca agregatów prądotwórczych zasilanych olejem napędowym;
- prace spawalnice;
- ruch pojazdów związany z dostawami materiałów, surowców i urządzeń.

Główne substancje emitowane do powietrza na tym etapie to: pyły, dwutlenek siarki, tlenki azotu i tlenek węgla (Starzycka, 2014).

Podczas wszystkich etapów związanych z projektowanym poszukiwaniem i rozpoznawaniem wód termalnych podjęte będą następujące działania minimalizujące bądź eliminujące emisję substancji do powietrza:

- zastosowanie urządzeń powodujących emisję o odpowiednich parametrach;
- ograniczenie czasu emisji do niezbędnego minimum;
- używanie wysokiej jakości paliw i olejów;

- wprowadzenie ograniczenia prędkości dla pojazdów poruszających się po drogach gruntowych, żuźlowych lub wysypanych tłuczniem, w celu ograniczenia pylenia;
- prowadzenie okresowej kontroli sprawności urządzeń wiertniczych oraz ich przeglądy i konserwacje;
- stosowanie sprawnego sprzętu, zgodne z jego przeznaczeniem.

9.3.4. Emisja hałasu do środowiska

Do głównych źródeł hałasu na terenie wiertni należą:

- sprzęt i maszyny budowlane podczas montażu wiertni lub rekultywacji terenu: dźwigi, koparki, spychacze;
- obiekty stacjonarne i urządzenia technologiczne wiertni: wyciąg wiertniczy, agregaty prądotwórcze, silniki napędowe urządzenia wiertniczego i pomp płuczkowych, pompy płuczkowe, sita vibracyjne, kompresory;
- transport samochodowy – pojazdy ciężarowe do przewozu surowców, materiałów i odpadów.

Wielkość emisji hałasu urządzeń wiertniczych do środowiska naturalnego zależy w dużym stopniu od usytuowania podzespołów urządzenia. Poziom oddziaływania hałasu na otoczenie na granicy urządzenia wiertniczego może być zmniejszany poprzez odpowiednią lokalizację najgłośniejszych podzespołów w stosunku do obiektów chronionych lub budynków mieszkalnych oraz wykorzystanie efektu ekranowania innych podzespołów i urządzeń wiertni (Macuda J., 2010).

W celu ograniczenia negatywnego oddziaływania hałasu na środowisko należy rozważyć możliwość oszalowania szybu wieży wiertniczej specjalnymi ekranami tłumiącymi hałas oraz takie usytuowanie kontenerów zaplecza technicznego i socjalnego, aby pełniły jednocześnie funkcję ekranów akustycznych. Proponuje się ponadto ograniczenie ruchu pojazdów wjeżdżających na teren wiertni do pory dziennej, tj. godzin pomiędzy 6:00 a 22:00.

9.3.5. Zarządzanie odpadami

Gospodarka odpadami będzie prowadzona zgodnie z zapisami Ustawy o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (tekst jednolity w Dz. U. z 2021 r., poz. 779 z późn. zm.).

W trakcie robót wiertniczych wytwarzane będą odpady niebezpieczne oraz inne niż niebezpieczne.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. z 2020 r., poz. 10) do odpadów niebezpiecznych zaliczać się będą głównie:

- różnego rodzaju zużyte oleje hydrauliczne, silnikowe, przekładniowe oraz smary stosowane do urządzeń wiertniczych;
- zużyte filtry olejowe;
- opakowania zawierające pozostałości substancji niebezpiecznych lub nimi zanieczyszczone;
- sorbenty, materiały filtracyjne, tkaniny do wycierania (np. szmaty, ścierki) i ubrania ochronne zanieczyszczone substancjami niebezpiecznymi.

Odpady niebezpieczne będą powstawać na skutek zużywania się olejów oraz filtrów i związanej z tym konieczności ich wymiany. Ograniczenie powstawania odpadów niebezpiecznych będzie prowadzone poprzez stosowanie olejów i smarów wysokiej jakości, dokonywanie przeglądów podzespołów oraz wymian olejów i filtrów zgodnie z dokumentacją techniczno-ruchową jak i poprzez ograniczenie do minimum pracy urządzeń na biegu jałowym.

Wśród odpadów innych niż niebezpieczne wymienić należy:

- płuczki wiertnicze i inne odpady wiertnicze (w tym urobek wiertniczy w postaci zwiercin);
- wody podziemne pochodzące z pompowań oczyszczających;
- opakowania niezanieczyszczone substancjami niebezpiecznymi;
- ścieki socjalno-bytowe.

Głównym źródłem powstawania odpadów jest proces wiercenia i wykonywania prób w odwiercie. Zasadniczą częścią odpadów wytwarzanych podczas wiercenia otworów są zwierciny (ich udział szacuje się na 50 – 75%). Odpady powstają w wyniku oddzielenia fazy stałej od płuczki na sitach wibracyjnych oraz innych urządzeniach, np. odpiaszczaczach, wirówkach. Odpady wiertnicze, tj. płuczki wiertnicze powstają również wtedy, gdy następuje zmiana parametrów wiercenia i płuczka jest wymieniana na inny rodzaj lub po zakończeniu prac. Odpady te stanowią także wody technologiczne zmieszane z płuczką oraz płyny z wykonywanych zabiegów technologicznych podczas wiercenia, a także resztki zaczynów cementowych pochodzące z procesów cementowania rur i wykonywania tzw. korków

cementowych w otworze (źródło: http://geoportal.pgi.gov.pl/odpady/rodzaje_odpadow/podgrupa_01_05/kod010504; dostęp: lipiec 2021).

Do głównych elementów lub substancji zawartych w odpadach wiertniczych zaliczać się będą:

- środki chemiczne używane do sporządzania i regulacji parametrów technicznych płuczek wiertniczych;
- metale ciężkie (Pb, Cr, Cd, Cu, Zn, Mn, Fe) pochodzące z minerałów lub dodatków chemicznych stosowanych do sporządzania płuczki, z materiałów stosowanych do cementowania otworów, z elementów orurowania otworów lub zwierconych materiałów skalnych,
- biocydy – środki zapobiegające procesom fermentacji płuczki.

W świetle ustaw i rozporządzeń, w gospodarce odpadami wiertniczymi minimalizacja ilości i obniżenie stopnia szkodliwości odpadów powstających podczas wiercenia są działaniami priorytetowymi, które są realizowane przede wszystkim poprzez:

- efektywne operacje oczyszczania płuczki wiertniczej – zamknięty obieg i odzysk płuczki dzięki zastosowaniu siatki na sitach wibracyjnych o odpowiedniej wielkości oczek, pozwalającej na skuteczne oddzielenie fazy stałej i płynnej oraz dodatkowe urządzenia w systemie oczyszczania płuczki, tj. wirówka, odmulacz, piaskownik,
- oszczędną gospodarkę płuczką i wodą oraz odrębne składowanie odpadów o różnym stopniu szkodliwości (Steliga, Uliasz, 2012),
- stosowanie płuczki o małej toksyczności (tzn. bentonitowej lub polimerowej zamiast chlorkowej).

Powstałe w czasie wiercenia zwierciny wraz z odpadami płuczkowymi będą gromadzone w szczelnych stalowych zbiornikach i na bieżąco wywożone przez firmę posiadającą pozwolenie na transport i magazynowanie lub przetwarzanie tych odpadów.

Pozostałe odpady, w tym odpady niebezpieczne, będą przechowywane w przeznaczonych do tego celu kontenerach oraz pojemnikach oznaczonych kodem określającym rodzaj odpadu. Ścieki socjalne będą sukcesywnie wywożone do lokalnej oczyszczalni ścieków.

Postępowanie z wodami termalnymi wydobywanymi w trakcie projektowanych pompowań opisuje rozdział 6.12.

Wszystkie odpady będą magazynowane w sposób uniemożliwiający ich przedostanie się do środowiska naturalnego. Gospodarowanie odpadami zostanie zlecone podmiotom

posiadającym zezwolenie właściwych organów na prowadzenie działalności w zakresie gospodarowania określonego rodzaju odpadami.

10. RODZAJ DOKUMENTACJI GEOLOGICZNEJ MAJĄCEJ POWSTAĆ W WYNIKU ROBÓT GEOLOGICZNYCH

W przypadku stwierdzenia w otworze poziomów wód termalnych wyniki przeprowadzonych w nim prac wraz z ich interpretacją oraz określeniem stopnia osiągnięcia zamierzonego celu zostaną przedstawione w dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. 2016, poz. 2033).

W przypadku nienawiercenia poziomów wodonośnych zostanie sporządzona dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów wód podziemnych, zgodnie z Ustawą z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2021 r., poz. 1420, tekst jednolity) oraz Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 grudnia 2020 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych (Dz.U. z 2020 r., poz. 2449).

11. SPIS LITERATURY I MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH

1. BAJOREK J., BREITMEIER B., LIS J., PASIECZNA A., PORĘBA E., ROMANEK A., SZUWARZYŃSKA K., TOMASSI-MORAWIEC H., 2004 – objaśnienia do Mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1: 50 000, arkusz Brzesko. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
2. BARAN U., WIERZBICKI W., WACHOWSKI J., 1971 – Dokumentacja wynikowa otworów poszukiwawczych Brzeźnica 2, Wiśnicz 2.
3. BARBACKI A. P., KAZANOWSKA A., 2001 – Cenomańskie wody geotermalne zapadliska przedkarpackiego i obszarów przyległych. Przegląd Geologiczny, vol. 49, nr 6: 544 - 550.
4. BARBACKI A. P., BUJAKOWSKI W., PAJĄK L., 2006 – Atlas zbiorników wód geotermalnych Małopolski. IGSMiE PAN, Kraków.
5. BUJAKOWSKI W., BARBACKI P. A., 2007 – Możliwości wykorzystania energii geotermalnej między Bochnią a Brzeskiem (woj. małopolskie). Prz. Geol. vol. 55, nr 3: 258 – 262.
6. CHOWANIEC J., WITEK K., 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Brzesko (999) z objaśnieniami. PIG, Warszawa.
7. DAYCZAK-CALIKOWSKA K., KOPIK J., 1973 – Budowa geologiczna Polski, t. 1, cz. 2, Stratygrafia: 237 – 272.
8. DAYCZAK-CALIKOWSKA K., MORYC W., 1988 – Rozwój basenu sedimentacyjnego i paleotektonika jury środkowej na obszarze Polski. Kwart. Geol. 32: 117 - 135.
9. GÓRCKI W. red. i in., 2011 – Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat zachodnich. Formacje fliszowe oraz utwory mioceny i mezozoiczno-paleozoiczne podłoża polskich Karpat zachodnich. AGH, Kraków.
10. GUTOWSKI J., URBANIEC A., ZŁONKIEWICZ Z., BOBREK L., ŚWIETLIK B., GLINIAK P., 2007 – Stratygrafia górnej jury i dolnej kredy środkowej części przedpola polskich Karpat. Biul. Państw. Inst. Geol. 426: 1 – 26.
11. JAWOR E., 1970 – Wgłębna budowa geologiczna na wschód od Krakowa. Acta Geol. Pol., 204: 709 – 762.

12. JAWOR W., 1970 – Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Brzeźnica 1. Ministerstwo Górnictwa i Energetyki. Zjednoczenie Górnictwa Naftowego. Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Krakowie.
13. KOZŁOWSKA O., 2014 – Mapa geośrodowiskowa Polski (II) w skali 1:50 000, plansza B, arkusz Brzesko (999) z objaśnieniami. PIG-PIB, Warszawa.
14. LASKOWICZ I., KUĆ P., BAŁ B., 2014 – Mapa geośrodowiskowa Polski (II) w skali 1:50 000, plansza A, arkusz Brzesko (999) z objaśnieniami. PIG-PIB, Warszawa.
15. MACUDA J., 2010 – Środowiskowe aspekty produkcji gazu ziemnego z niekonwencjonalnych złóż, Przegląd Geologiczny, vol. 58, nr 3, 2010.
16. MACUDA J., MARCHEL P., 2011 – Oddziaływanie prac wiertniczych na środowisko przy poszukiwaniu gazu łupkowego w Polsce. Wiertnictwo Nafta Gaz, t. 28, z. 1-2, 2011.
17. MORYCOWA E., MORYC W., 1976 – Rozwój utworów jurajskich na przedgórzu Karpat w rejonie Dąbrowy Tarnowskiej – Szczucina. Roczn. Pol. Tow. Geol., 46: 231 – 267.
18. OSZCZYPKO N., 2001 – Rozwój zapadliska przedkarpackiego w miocenie. Prz. Geol., vol. 49, nr 8: 717 – 723.
19. OSZCZYPKO N., TOMAŚ A., 1978 – Charakterystyka własności zbiornikowych osadów jurajskich na przedgórzu Karpat środkowych. Kwart. Geol., t. 22, nr 3: 585 – 600.
20. OSZCZYPKO N., ŚLĄCZKA A., ŻYTKO K., 2008 – Regionalizacja tektoniczna Polski – Karpaty zewnętrzne i zapadlisko przedkarpackie. Prz. Geol., vol. 56, nr 10: 927 – 935.
21. PACZYŃSKI B. (red.) 1995, —Atlas hydrogeologiczny Polski 1 : 500 000. Część II. Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych.
22. PACZYŃSKI B., SADURSKI A. red, 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski, tom I, Wody słodkie. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
23. PIENIAŻEK I., 1982 – Dokumentacja geologiczna otworu poszukiwawczego Wiśnicz 3. Przedsiębiorstwo Poszukiwań Nafty i Gaz w Krakowie.
24. PIENIAŻEK I., POLAKOWSKI T., 1982 – Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Wiśnicz 4 i Wiśnicz 5.
25. SKOCZYLAS-CISZEWSKA K., 1954 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Brzesko (999). Inst. Geol., Warszawa.

26. SOWIŹDŻAŁ A., GÓRECKI W., 2013 – Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w rejonie zapadliska przedkarpackiego. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2013.
27. STARZYCKA A., 2014 – Powietrze atmosferyczne w procesie poszukiwania gazu łupkowego. Gaz i ropa z formacji łupkowych, artykuł 18/09/2014 opublikowany w serwisie informacyjnym Państwowej Służby Geologicznej - <https://infolupki.pgi.gov.pl>.
28. STELIGA T., ULIASZ M., 2012 – Wybrane zagadnienia środowiskowe podczas poszukiwania, udostępniania i eksploatacji gazu ziemnego z formacji łupkowych, NAFTA-GAZ, maj 2012.
29. STUPNICKA E., STEMPIEŃ-SALEK M., 2016 – Geologia regionalna Polski, wydanie 4, zmienione, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
30. WIKTOROWICZ B., 2016 – Wody geotermalne rejonu Kazimierzy Wielkiej i możliwości ich zagospodarowania. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2016.
31. WOŹNICKA M., 2012 – Gospodarka wodna w fazie poszukiwania i eksploatacji złóż gazu, Czysta Energia nr 11/2012 – materiały internetowe (<http://e-czytelnia.abrys.pl/czysta-energia>).
32. WÓJCIK M., 2013 – Środowiskowe aspekty procesów poszukiwania i wydobywania gazu ze złóż niekonwencjonalnych typu shale gas, Studia Ecologiae et Bioethicae UKSW, 11 (2013) 3.
33. ZŁONKIEWICZ Z., 2006 – Rozwój sedymentacji jurajskiej w niecce Nidy. (praca doktorska). Centr. Arch. Geol. Warszawa.
34. ŻELAŹNIEWICZ A., 2011 – Regionalizacja tektoniczna Polski, Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.

Źródła internetowe:

1. <https://www.geoportal.gov.pl/>
2. <https://dm.pgi.gov.pl/>
3. <http://bazadata.pgi.gov.pl/>
4. <http://geoserwis.gdos.gov.pl/>
5. <http://epsh.pgi.gov.pl/>
6. <https://www.gdos.gov.pl/>
7. http://ibrbs.pl/mediawiki/index.php/Budowa_geologiczna/

8. http://geoportal.pgi.gov.pl/odpady/rodzaje_odpadow/podgrupa_01_05/kod010504/
9. <https://infolupki.pgi.gov.pl/>
10. <http://e-czytelnia.abrys.pl/czysta-energia/>
11. <https://pl.wikipedia.org/>