

**OCENA ZASOBÓW ENERGII GEOTERMALNEJ
I MOŻLIWOŚCI JEJ WYKORZYSTANIA
W WOJEWÓDZTWIE WARMIŃSKO - MAZURSKIM**

Autor

Zbigniew Zaprzelski

Współpraca

Stanisław Olech

Dyrektor W-MBPP w Olsztynie

Hanna Jędrasik

Olsztyn, 2006 rok

Spis treści.

| | |
|---|----|
| 1. Informacje wstępne. | 3 |
| 2. Geologiczne uwarunkowania występowania zjawiska geotermii. | 3 |
| 3. Ogólna ocena potencjalnych zasobów energii geotermalnej w województwie..... | 5 |
| 4. Wstępna ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej – aspekty: ekonomiczny, ekologiczny i społeczny..... | 7 |
| 5. Geotermia niskotemperaturowa (niskiej entalpii). | 10 |
| 5. Podsumowanie i wnioski..... | 12 |
| 6. Spis literatury i wykorzystanych materiałów..... | 16 |

Załącznik.

Mapa spodziewanych parametrów najgłębszych wód geotermalnych w rejonie wybranych miast województwa warmińsko-mazurskiego.

1. Informacje wstępne.

Konieczność wykonania niniejszego opracowania wynika z programu prac Warmińsko-Mazurskiego Biura Planowania Przestrzennego w Olsztynie w roku 2006.

Także *Program ochrony środowiska województwa warmińsko-mazurskiego 2003-2006 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2007-2010* zawiera zadanie uzupełnienia rozpoznania zasobu energii geotermalnej.

Pod pojęciem energii geotermalnej rozumiana jest naturalna energia wnętrza Ziemi zakumulowana w gruntach, skałach i płynach wypełniających pory i szczeliny skalne w skorupie ziemskiej [3].

Pod pojęciem uzyskiwania energii geotermicznej (geotermalnej – przyp. Autora) rozumie się wszystkie technologie związane z podłączeniem się do strumienia ciepła płynącego na powierzchnię z gorącego wnętrza Ziemi i wykorzystania go w celach energetycznych [1].

W myśl Prawa energetycznego, energia geotermalna jest zaliczana do odnawialnych źródeł energii. Jednym z celów *Programu ekoenergetycznego województwa warmińsko-mazurskiego na lata 2005-2010* [2] przyjętego przez Sejmik Województwa Warmińsko-Mazurskiego, jest udział energii odnawialnej w ogólnym bilansie energii pierwotnej na poziomie co najmniej 9 % w 2010 roku. Nie przewiduje się jednak w tym energii geotermalnej (z wyjątkiem energii niskotemperaturowej wykorzystywanej za pomocą pomp ciepła).

2. Geologiczne uwarunkowania występowania zjawiska geotermii.

Jądro Ziemi ma temperaturę około 5000⁰ C. W wyniku odpływu ciepła, na zasadzie przewodnictwa i konwekcji, ogrzewają się górne warstwy Ziemi.

Temperatura wnętrza Ziemi rośnie wraz z głębokością. Wzrost ten w pobliżu powierzchni ziemi waha się od około 15⁰C do około 80⁰C na głębokości 1 kilometra, w zależności od warunków geologicznych – przewodnictwa cieplnego skał, sposobu ich ułożenia i zawodnienia, sąsiedztwa wulkanów i gorących źródeł. W warunkach Polski wzrost ten (gradient geotermiczny) wynosi przeważnie od 20⁰C/1km do 30⁰C/1km [6]. Na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego zbliżony jest do wartości niższych.

Podstawowym sposobem pozyskiwania energii geotermalnej jest odbiór ciepła z wód geotermalnych, zawartych w porach, szczelinach, pęknięciach i uskokach skał skorupy ziemskiej.

W Polsce za wody geotermalne (lub termalne) uznaje się wodę podziemną o temperaturze powyżej 20⁰C. (W literaturze światowej i w innych krajach przyjmuje się też 30⁰C) [6]. Wody te dzieli się na [11]:

- niskotemperaturowe (20⁰C - 35⁰C),

- średniotemperaturowe (35°C - 80°C),
- wysokotemperaturowe (80°C - 100°C),
- bardzo wysokotemperaturowe (100°C - 150°C).

Wraz ze wzrostem głębokości wody zawierają coraz więcej rozpuszczonych składników mineralnych, które określają mineralizację ogólną wody. Wodami mineralnymi określane są wody o mineralizacji ogólnej powyżej 1g/dm^3 . Wody o mineralizacji powyżej 35g/dm^3 (średnie zasolenie wód oceanicznych) nazywane są solankami (zawierają zwykle prawie wyłącznie chlorki sodu i wapnia).

Energię geotermalną można ponadto pozyskiwać z suchych gorących skał za pośrednictwem sztucznie wprowadzonego krążącego medium. Takim medium może być woda lub inny płyn. Według badań geologów, suche gorące skały mogą stanowić grupę zasobów geotermalnych o największym potencjale. Dla przykładu w Stanach Zjednoczonych szacuje się, że zasoby energii suchych gorących skał o temperaturze powyżej 150°C są trzykrotnie wyższe od zasobów węgla, ale ich eksploatacja stwarza szereg trudności technicznych [3]. Obecnie na świecie występują tylko eksperymentalne instalacje tego typu.

Rejonizację obszaru Polski pod względem zasobów energii geotermalnej przedstawia poniższa mapa [2].

[illegible]

Na powyższej mapie wschodni kraniec województwa warmińsko-mazurskiego przedstawiany jest jako pozbawiony energii geotermalnej. Należy to rozumieć w ten sposób, że na tym terenie nie występują wody geotermalne – naturalne medium z którego można pozyskiwać energię geotermalną.

Powyższe uwarunkowanie wynika z budowy geologicznej obszarów województwa, której znajomość bierze się z głównie z poszukiwań złóż ropy i gazu, wykonywanych w drugiej połowie ubiegłego wieku. Województwo znajduje się w obrębie jednostki tektonicznej zwanej platformą prekambryjską. Na prekambryjskim

podłożu krystalicznym zalegają młodsze skały osadowe. Według stanu obecnej wiedzy uważa się, że wody podziemne (w tym geotermalne) mogące mieć znaczenie gospodarcze zalegają tylko w skałach osadowej pokrywy. Wobec tego występowanie wód geotermalnych na terenie województwa uwarunkowane jest głównie grubością zalegania skał osadowych.

W południowo-wschodniej części województwa, gdzie podłoże krystaliczne zalega płytko (tzw. antekliza mazursko-suwańska) – zwykle płycej niż 1 km, brak jest wód geotermalnych. W rejonie Elku najcieplejsze wody mają temperaturę około 17⁰ C.

W kierunku na zachód i na północ podłoże krystaliczne obniża się i zwiększa się grubość pokrywy skał osadowych. Na większości obszarów województwa podłoże krystaliczne zalega na głębokości około 1 – 2 km i na tych terenach występują wody geotermalne, przeważnie niskotemperaturowe. Temperatury tych wód w osadach najgłębszych wynoszą na ogół 20-40⁰ C.

Najkorzystniejsze warunki dla zalegania wód geotermalnych występują na zachodnim skraju województwa, gdzie podłoże krystaliczne dość stromo obniża się i grubość skał osadowych dochodzi lub przekracza 3 km. Są to obszary tzw. niecki brzeźnej, a w części północno-zachodniej głębszych partii tzw. syneklizy perybaltyckiej. Występują na tych terenach wody geotermalne średnotemperaturowe o temperaturze rzędu 40-70⁰ C.

Spodziewane temperatury najgłębszych wód geotermalnych w rejonie części miast województwa przedstawia załączona mapka spodziewanych parametrów wód geotermalnych, która została wykonana głównie w oparciu o materiały archiwalne zawarte w spisie literatury pod pozycjami [8] i [10].

Te najgłębsze (najcieplejsze) wody geotermalne charakteryzują się znacznym zasoleniem. Są to solanki o mineralizacji od ponad 100 g/dm³ do ponad 200 g/dm³. Jest to mineralizacja tylko nieco ustępująca zasoleniu Morza Martwego, które przy jego powierzchni wynosi 22 %.

W północnej i zachodniej części województwa te najgłębsze wody geotermalne zalegają w osadach paleozoicznych (głównie w osadach kambru). Są one słabo rozpoznane pod względem wydajności, które mogą być niezbyt wysokie [9]. Większych wydajności studni można się spodziewać ujmując wody wyżej zalegające – w osadach ery mezozoicznej. J. Sokołowski [8] szacuje wydajności pojedynczych „dubletów wierceń” na 100-150 m³/godz. Wody te są jednak zimniejsze.

Zasoby energii geotermalnej województwa warmińsko-mazurskiego obliczone z energii jednostkowych przypisanych okręgom geotermalnym na przedstawionej wyżej mapie energii geotermalnej w Polsce wynoszą około 2,4 mld t p.u.

Według [2] zasoby wód geotermalnych województwa warmińsko-mazurskiego w osadach ery mezozoicznej wynoszą 900 km³, a w osadach kambru – 160 km³. Łącznie

wynoszą więc 1060 km^3 ¹. (Są one podobne do wyliczonych przez Juliana Sokołowskiego [8] dla województwa olsztyńskiego.) Zawarte w nich zasoby energii geotermalnej obliczono na 38 000 000 TJ w osadach mezozoiku i 11 000 000 TJ w osadach kambru (łącznie 49 000 000 TJ). Ponieważ $1 \text{ t p.u.} = 29,33 \text{ GJ}$ ($0,02933 \text{ TJ}$), są to zasoby w wielkości 1,44 mln t p.u.

Julian Sokołowski [8] obliczył zasoby energii geotermalnej zawartej w wodach geotermalnych województwa olsztyńskiego na 1294,2 mln tpu – zawartych w utworach mezozoicznych i na 385,7 mln tpu – zawartej w utworach kambru.

Z powyższego wynika, że istnieją znaczne rozbieżności w szacunkach zasobów energii geotermalnej. Niemniej według *Programu ekoenergetycznego województwa...* (2) jest to potencjał zdecydowanie najwyższy (wyższy o dwa o dwa rzędy wielkości) w stosunku do innych odnawialnych źródeł energii oraz o kilka rzędów wielkości przekraczający zapotrzebowanie na energię w województwie – prognozowane 113,3 TJ w roku 2010.

4. Wstępna ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej – aspekty: ekonomiczny, ekologiczny i społeczny.

Możliwości wykorzystania ciepła z wód geotermalnych zależą od temperatury wydobywanej wody. Wody i pary wysokotemperaturowe mogą być wykorzystywane do napędzania turbin generujących energię elektryczną. Wody średnitemperaturowe i niskotemperaturowe mogą być wykorzystywane w ciepłownictwie, do celów rekreacyjnych i leczniczych.

Wody średnitemperaturowe o temperaturze powyżej 50°C mogą być wykorzystywane bezpośrednio w ciepłownictwie [3]. Z załączonej mapki wynika, że to kryterium mogą spełniać wody geotermalne tylko na zachodnim skraju województwa (rejon powiatów: braniewskiego, elbląskiego, iławskiego i nowomiejskiego).

Na pozostałych obszarach województwa wykorzystanie wód geotermalnych do celów ciepłowniczych prawdopodobnie wymagać będzie zastosowania pomp ciepła.

W ciepłownictwie wody geotermalne mogą być wykorzystywane głównie na terenie miast – ze względu na opłacalność dostaw energii geotermalnej. Nie dotyczy to energii niskotemperaturowej z płytkich otworów i gruntu, wykorzystywanej za pomocą pomp ciepła.

Znane w Polsce ciepłownie wykorzystujące do ogrzewania energię wód geotermalnych znajdują się na Podhalu, w Pyrzycach, w Mszczonowie i Uniejowie. Warunki naturalne tam występujące są bardziej korzystne niż na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego.

Szczególnie anomalnie korzystne warunki dotyczą Podhala [3], gdzie wody na głębokości 2,0 – 3,2 km osiągają temperaturę $86 - 90^{\circ} \text{C}$ w złożu. Charakteryzują się

¹ W Programie ekoenergetycznym województwa na lata 2005-2010 [2] zasoby wód geotermalnych i energii geotermalnej zawarte w osadach ery mezozoicznej dodadno dwukrotnie: raz jako zasoby w poszczególnych okresach ery mezozoicznej, a drugi raz jako zasoby całego mezozoiku.

one niską mineralizacją (kilka g/dm³), wysoką wydajnością (do 700 m³/godz. wody geotermalnej z otworu) oraz ciśnieniem artezyjskim. Roczna produkcja energii w ciepłowni z członu geotermalnego wynosi 160 TJ.

W Pyrzycach [3, 13] wydobywana jest z głębokości 1,6 km solanka o mineralizacji około 120 g/dm³ i temperaturze 61 °C (średnia temperatura w złożu wynosi 64 °C). Wydajność otworów wynosi od 90 do 170 m³/godz. W ciepłowni w Pyrzycach udział ciepła geotermalnego wynosi około 60 % całkowitej produkcji (40 % energii cieplnej wytwarzane jest z gazu). W stosunku do zakładów ciepłowniczych wykorzystujących paliwa konwencjonalne, Geotermia w Pyrzycach charakteryzuje się dużym udziałem kosztów amortyzacji, natomiast niskim udziałem kosztów paliw. Po uruchomieniu ciepłowni geotermalnej i gazowej nastąpiła bardzo duża redukcja emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

W Mszczonowie [3] eksploatowana jest woda geotermalna z głębokości 1,6-1,7 km, o temperaturze 42 °C i bardzo niskiej mineralizacji (nawet poniżej 0,6 g/dm³) przy wydajności 55 m³/godz. W zbudowanej ciepłowni 75 % energii pokrywane jest przez kotły gazowe. Po schłodzeniu przy pomocy pompy ciepła, ze względu na małą mineralizację woda nie musi być zatłaczana z powrotem do złoża, lecz po zmieszaniu z wodą czwartorzędową stanowi źródło wody pitnej dla mieszkańców.

W Uniejowie eksploatowane są wody geotermalne z głębokości 2 km o temperaturze 68 °C i słabej mineralizacji (7 g/l), wypływające z wydajnością 70 m³/godz. Łącznie z kotłami na olej opałowy (które dają około 60% mocy) ciepłownia zaopatruje ok. 70 % budynków w Uniejowie.

Paczyński i Płochniewski [7] dzielą wody mineralne i termalne ze względu na ich przydatność leczniczą na wody unikalne, cenne i pospolite. Na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego należy się spodziewać występowania głównie wód pospolitych. Do tej grupy należą wody występujące na dużych obszarach, o dość ograniczonym użytkowaniu leczniczym (wyłącznie kąpiele). Dominują wśród nich wody chlorkowe o temperaturze poniżej 25-30 °C (niezbędne dogrzewanie) i/lub mineralizacji powyżej 60 mg/dm³ (konieczne rozcieńczanie).

Według Sokołowskiego [8] na obszarze całego byłego województwa olsztyńskiego istnieją dobre warunki do wykorzystania wód niskotemperaturowych, mających własności lecznicze. W zakresie rekreacji istnieją znaczne szanse budowy basenów kąpielowych z ciepłą wodą geotermalną w północnej części województwa. Wody do tego celu można by uzyskać z istniejących otworów wiertniczych i równocześnie z rekreacją (budową basenów i różnego typu pomieszczeń) można by rozwijać balneologię.

Podstawową zaletą energii geotermalnej są korzyści ekologiczne związane z czystością powietrza. Wykorzystanie ciepła Ziemi nie powoduje praktycznie emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Dotyczy to także emisji gazów cieplarnianych. Ma to duże znaczenie, gdyż w Europie około 40 % całkowitego zużycia energii przypada na ogrzewanie i klimatyzację pomieszczeń, co obok transportu jest jednym z głównych źródeł emisji tych gazów. Wykorzystywanie energii geotermalnej powoduje też

oszczędzanie nieodnawialnych zasobów energetycznych.

Energia geotermalna charakteryzuje się też niezależnością od dostaw paliw kopalnych oraz stałym dopływem strumienia ciepła z wnętrza Ziemi.

Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego [1] zwraca uwagę, że energia geotermiczna odróżnia się od źródeł energii o niestabilnej podaży (jak energia wiatru lub słońca), które stają się coraz bardziej zależne od technologii zapewniających regulowanie, buforowanie i magazynowanie energii, a ze względu na wymogi przestrzenne i oddziaływanie na sąsiedztwo oraz krajobraz, napotykają na opór ze strony społeczeństwa.

Zaletami są też niskie koszty produkcji i eksploatacji, niezależne od cen nośników energii.

Główną wadą energetyki geotermalnej są wysokie początkowe nakłady inwestycyjne. Założenie ciepłowni geotermalnej jest też zwykle obarczone pewnym ryzykiem geologicznym. Powyższe wady można zminimalizować poprzez wykorzystanie istniejących głębokich otworów wiertniczych. Na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego głębokie otwory (około pięćdziesięciu – jak wynika z [8]) odwiercono w jego części północnej i północno-zachodniej, głównie w poszukiwaniu bituminów.

Wody znacznie zasolone w trakcie eksploatacji mogą też sprawiać kłopoty związane z kolmatacją i korozją urządzeń.

W skali lokalnej instalacje geotermalne oddziałują na środowisko poprzez obniżenie temperatury ośrodka, z którego jest czerpane ciepło. Kriogeniczne przekształcenia ośrodka skalnego nie stanowią na ogół bezpośredniego zagrożenia dla środowiska. Spadek temperatury przypowierzchniowych warstw gruntu w wyniku niektórych systemów bazujących na niskotemperaturowej energii tych gruntów może powodować szkody w środowisku glebowym, związane ze skróceniem okresu wegetacyjnego lub nawet niszczeniem szaty roślinnej.

Problemem związanym z eksploatacją złóż geotermalnych jest zagadnienie zrzutu wód wykorzystanych, tj. schłodzonych po odbiorze z nich ciepła. Wody te są zwykle silnie zmineralizowane, przy czym usunięcie ich głównego składnika, chlorku sodu, jest bardzo trudne i kosztowne. Podstawową metodą odprowadzania wykorzystanych wód geotermalnych jest zatłaczanie ich do górotworu, co pozwala zachować zasoby wód termalnych i podtrzymywać ciśnienie złożowe. Zużyte wody mogą być też w pewnych warunkach odprowadzane do wód powierzchniowych. Dotyczy to jednak tylko wód słabo zmineralizowanych, gdyż wody silnie zmineralizowane mogą powodować zanieczyszczenia środowiska. Rozwiązanie to powoduje też zubożenie zasobów zbiornika wód termalnych.

Ryzyko zanieczyszczenia środowiska wiąże się również z nieszczelnością otworów geotermalnych i dotyczy szczególnie wód wysokozmineralizowanych, które w przypadku wycieku do wód gruntowych mogą powodować ich zanieczyszczenie.

Żywotność otworów geotermalnych jest ograniczona. Podczas eksploatacji wód termalnych następuje wytrącanie się osadów powodujących zarastanie instalacji (tzw.

kolmatacja) oraz jej korozja.

Udział energii geotermalnej w pokryciu zapotrzebowania na ciepło użytkowe w Unii Europejskiej jest obecnie marginalny, bo wynosi około 0,15 %. Prognoza wykonana w 2000 r. dla 15 krajów ówczesnej UE zakłada, że do roku 2020 produkcja ciepła geotermalnego zwiększy się około 6-krotnie, a jej udział wyniesie 0,78 % ; w stosunku do produkcji ciepła przez wszystkie odnawialne źródła energii – 3,1 %. Udział Polski w wykorzystywaniu energii geotermalnej w Europie stanowi 2,5 % [6].

5. Geotermia niskotemperaturowa (niskiej entalpii).

Geotermia niskiej entalpii [6] nie daje możliwości bezpośredniego wykorzystania ciepła ziemi. Wymaga ona stosowania pomp ciepła (geotermalne/gruntowe pompy ciepła) jako urządzeń wspomagających, które doprowadzają do podniesienia energii na wyższy poziom termodynamiczny. Ciepło ośrodka skalnego stanowi dla pompy tzw. „dolne źródło ciepła”, które ze względów ekonomicznych zawsze musi znajdować się w miejscu zainstalowania pompy. Dolnym źródłem ciepła mogą być także inne nośniki energii, jak np. powietrze atmosferyczne, wody powierzchniowe i inne. O większej atrakcyjności gruntu i wód podziemnych przesądza jednak ich stabilność temperaturowa i związana z tym wyższa efektywność energetyczna.

W odróżnieniu od wód geotermalnych wysokiej entalpii, występowanie ośrodków skalnych (gruntów) mogących być wykorzystanych w geotermii niskiej entalpii jest powszechne. Na płytkich głębokościach (do kilku metrów) grunt ogrzewany jest nie tylko przez strumień ciepły ziemi, ale też przez energię słoneczną. Moc cieplna instalacji zależna jest od przewodności i pojemności cieplnej ośrodka skalnego. W warunkach gruntowych występujących na terenie województwa warmińsko-mazurskiego, gorsze własności pod tym względem mają suche osady piaszczysto-żwirowe, lepsze – grunty gliniasto-ilaste. Utwory zawodnione wykazują lepsze warunki odnawialności zasobów energii cieplnej.

W ostatnich latach geotermia niskiej entalpii przeżywa rozkwit, zwłaszcza w Ameryce Północnej i w niektórych krajach Europy Zachodniej. Zaletą systemów niskotemperaturowych jest ich dostępność już dla tak niewielkich inwestycji jak pojedyncze obiekty budowlane (np. domy jednorodzinne).

Szacuje się, że w 2004 roku moc zainstalowanych gruntowych pomp ciepła stanowiła w Polsce 60,6 % mocy wszystkich instalacji geotermalnych użytkowanych do celów grzewczych. W województwie warmińsko-mazurskim wytwarzana z nich energia w roku 2003 wynosiła 0,04 TJ, co stanowiło 0,02 % wytwarzanej energii odnawialnej. Mimo przewidywanego znaczącego wzrostu do roku 2010 (1,3 TJ) [2] udział w procentowy pozostanie marginalny (0,17%). Liderem światowym w tym względzie są Stany Zjednoczone, a w Europie – Szwecja.

Za główne bariery utrudniające rozwój rynku uważa się:

- bariery psychologiczne wynikające z braku wiedzy;

- wysokie koszty początkowe instalacji pomp ciepła;
- zły odbiór technologii pomp ciepła; do czego przyczynia się brak systemów standaryzacji i certyfikacji instalacji pomp ciepła oraz akredytacji instalatorów;
- zaniżanie cen energii ze źródeł konwencjonalnych.

W instalacjach geotermalnych niskiej entalpii rozróżnia się systemy zamknięte i systemy otwarte. W systemach zamkniętych ciepło przenosi substancja krążąca w systemie zamkniętym, wypełniająca rury kolektora zabudowanego pod powierzchnią ziemi. W systemach otwartych medium przenoszącym ciepło z górotworu do pompy ciepła jest woda podziemna pompowana ze studni. W ostatnich latach stosowane są też tzw. pompy rewersyjne wykorzystywane zarówno do ogrzewania jak i do klimatyzowania pomieszczeń, w zależności od pory roku. Instalacje te umożliwiają podziemne magazynowanie energii cieplnej. Zwiększa to stabilność temperaturową dolnego źródła ciepła. W lecie ciepło z chłodzenia pomieszczeń magazynowane jest w gruncie i wykorzystywane zimą do ich ogrzewania. Z kolei w zimie następuje schłodzenie gruntu do wykorzystania w okresie letnim.

Główne zalety korzystania z geotermalnych pomp ciepła to:

- niskie koszty eksploatacji i długa żywotność eksploatacyjna,
- niezależność od dostawców paliw,
- brak lub niewielkie negatywne oddziaływanie na środowisko,
- bezpieczna, niewybuchowa instalacja.

Główną wadą są znaczne koszty inwestycyjne. Bieżące koszty użytkowania są jednak znacznie niższe, co sprawia, że wyższe koszty inwestycyjne zwracają się już po kilku latach (średnio 4-6) [6].

5. Podsumowanie i wnioski.

Opracowanie niniejsze wynika z programu prac W-MBPP. Wpisuje się także w realizację zadania wynikającego z Programu ochrony środowiska województwa warmińsko-mazurskiego na lata 2003-2006 z perspektywą na lata 2007-2010.

Energia geotermalna jest naturalną energią wnętrza Ziemi zakumulowaną w gruntach, skałach i płynach wypełniających pory i szczeliny skalne w skorupie ziemskiej. Zaliczana jest do odnawialnych źródeł energii, których udział w ogólnym bilansie energii pierwotnej w województwie warmińsko-mazurskim w 2010 roku powinien być na poziomie co najmniej 9 % (wg *Programu ekoenergetycznego województwa warmińsko-mazurskiego na lata 2005-2010*). Nie przewiduje się jednak w tym energii geotermalnej (z wyjątkiem energii niskotemperaturowej wykorzystywanej za pomocą pomp ciepła).

Temperatura wnętrza Ziemi rośnie wraz z głębokością. W warunkach Polski wzrost ten (gradient geotermiczny) wynosi przeważnie od 20°C/1km do 30°C/1km. Na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego zbliżony jest na ogół do wartości niższych.

Podstawowym obecnie sposobem pozyskiwania energii geotermalnej jest odbiór ciepła z wód geotermalnych, zawartych w porach, szczelinach, pęknięciach i uskokach skał skorupy ziemskiej.

W Polsce za wody geotermalne (lub termalne) uznaje się wodę podziemną o temperaturze powyżej 20°C. Dzieli się je na: niskotemperaturowe (20°C - 35°C), średniotemperaturowe (35°C - 80°C) i wysokotemperaturowe (80°C - 100°C).

Budowa geologiczna obszaru województwa determinuje występowanie w jego obrębie wód geotermalnych. Przyjmuje się, że na jego terenie wody podziemne (o charakterze użytkowym) zalegają tylko skałach osadowych. Dolną granicą ich występowania jest podłoże krystaliczne, które w południowo-wschodniej części województwa zalega płytko (płycej niż 1 km) i tam nie występują wody geotermalne. Na większości obszarów województwa podłoże krystaliczne zalega na głębokości około 1 – 2 km i na tych terenach występują wody geotermalne, przeważnie niskotemperaturowe. Temperatury tych wód w osadach najgłębszych wynoszą na ogół 20-40°C. Najkorzystniejsze warunki dla zalegania wód geotermalnych występują na zachodnim skraju województwa, gdzie podłoże krystaliczne dość stromo obniża się i grubość skał osadowych dochodzi lub przekracza 3 km. Występują na tych terenach wody geotermalne także średniotemperaturowe o temperaturze rzędu 40-70°C.

Wraz ze wzrostem głębokości wody zawierają coraz więcej rozpuszczonych składników mineralnych, które określają mineralizację ogólną wody. Wodami mineralnymi określane są wody o mineralizacji ogólnej powyżej 1g/dm³. Wody o mineralizacji powyżej 35g/dm³ (średnie zasolenie wód oceanicznych) nazywane są solankami (zawierają zwykle prawie wyłącznie chlorki sodu i wapnia). Najgłębsze (najcieplejsze) wody geotermalne na obszarze województwa charakteryzują się znacznym zasoleniem. Są to solanki o mineralizacji od ponad 100 g/dm³ do ponad 200

g/dm³. Jest to mineralizacja tylko nieco ustępująca zasoleniu Morza Martwego, które przy jego powierzchni wynosi 22 %.

Najgłębsze (najcieplejsze) kambryjskie wody geotermalne występujące północnej i zachodniej części województwa mogą charakteryzować się niezbyt dużą wydajnością ujęć. Większych wydajności studni można się spodziewać ujmując wody wyżej zalegające – w osadach ery mezozoicznej. Wody te są jednak zimniejsze.

Istnieją znaczne rozbieżności w szacunkach zasobów energii geotermalnej. Niemniej według *Programu ekoenergetycznego województwa...* (2) jest to potencjał zdecydowanie najwyższy w stosunku do innych odnawialnych źródeł energii oraz o kilka rzędów wielkości przekraczający zapotrzebowanie na energię w województwie – prognozowane w roku 2010.

Energię geotermalną można też pozyskiwać z suchych gorących skał za pośrednictwem sztucznie wprowadzonego krążącego medium. Obecnie na świecie występują tylko eksperymentalne instalacje tego typu.

Tylko na zachodnim skraju województwa występują wody geotermalne o temperaturze powyżej 50⁰C, które są możliwe do bezpośredniego wykorzystania w ciepłownictwie. Na pozostałym obszarze województwa możliwe jest to tylko przy użyciu pomp ciepła.

Ze względu na duże koszty inwestycyjne budowy zakładu geotermalnego ich wykorzystanie ogranicza się do miast. Znane w Polsce ciepłownie wykorzystujące do ogrzewania energię wód geotermalnych znajdują się na Podhalu, w Pyrzycach, w Mszczonowie i Uniejowie. Warunki naturalne tam występujące są bardziej korzystne niż na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego.

Wody mineralne i termalne ze względu na ich przydatność leczniczą dzielą się na wody unikalne, cenne i pospolite. Na obszarze województwa warmińsko-mazurskiego należy się spodziewać występowania głównie wód pospolitych. Do tej grupy należą wody występujące na dużych obszarach, o dość ograniczonym użytkowaniu leczniczym (wyłącznie kąpiele). Dominują wśród nich wody chlorkowe o temperaturze poniżej 25-30 ⁰C (niezbędne dogrzewanie) i/lub mineralizacji powyżej 60 mg/dm³ (konieczne rozcieńczanie).

Według Sokołowskiego [8] na obszarze całego byłego województwa olsztyńskiego istnieją dobre warunki do wykorzystania wód niskotemperaturowych, mających własności lecznicze. W zakresie rekreacji istnieją znaczne szanse budowy basenów kąpielowych z ciepłą wodą geotermalną w północnej części województwa. Wody do tego celu można by uzyskać z istniejących tam otworów wiertniczych i równocześnie z rekreacją (budową basenów i różnego typu pomieszczeń) można by rozwijać balneologię.

Podstawową zaletą energii geotermalnej są korzyści ekologiczne związane z czystością powietrza. Energia geotermalna charakteryzuje się też niezależnością od dostaw paliw kopalnych oraz stałym dopływem strumienia ciepła z wnętrza Ziemi. Zaletami są też niskie koszty produkcji i eksploatacji, niezależne od cen nośników energii.

Główną wadą energetyki geotermalnej są wysokie początkowe nakłady inwestycyjne, a także ryzyko geologiczne. Powyższe wady można zminimalizować poprzez wykorzystanie istniejących głębokich otworów wiertniczych, które na obszarze województwa zostały odwiercone głównie w jego części północnej. Wody znacznie zasolone w trakcie eksploatacji sprawiają zwykle kłopoty związane z korozją urządzeń i ich kolmatacją (zatykaniem wytrącającymi się osadami).

W skali lokalnej instalacje geotermalne oddziałują na środowisko poprzez obniżenie temperatury ośrodka, z którego jest czerpane ciepło. Nie stanowi to zwykle zagrożenia dla środowiska, o ile nie dotyczy to środowiska glebowego (co może występować w niektórych systemach bazujących na niskotemperaturowej energii przypowierzchniowych gruntów).

Problemem związanym z eksploatacją wód geotermalnych, szczególnie tych silnie zmineralizowanych, jest ich utylizacja. Zwykle polega ona na zatłaczaniu wód z powrotem do górotworu. Ryzyko zanieczyszczenia środowiska związane może być z nieszczelnością instalacji.

Pompy ciepła, które podnoszą energię na wyższy poziom termodynamiczny, umożliwiają wykorzystanie ciepła gruntu i wód podziemnych o niskiej temperaturze (geotermia niskiej entalpii), które jako tzw. dolne źródło ciepła jest atrakcyjne ze względu na stabilność temperaturową.

Występowanie ośrodków skalnych (gruntów) mogących być wykorzystanych w geotermii niskiej entalpii jest powszechne także w warunkach województwa warmińsko-mazurskiego.

Zaletą systemów niskotemperaturowych jest ich dostępność już dla tak niewielkich inwestycji jak pojedyncze obiekty budowlane (np. domy jednorodzinne). Szacuje się, że w 2004 roku moc zainstalowanych gruntowych pomp ciepła stanowiła w Polsce 60,6 % mocy wszystkich instalacji geotermalnych użytkowanych do celów grzewczych. W województwie warmińsko-mazurskim udział wytwarzanej z nich energii jest marginalny. Mimo przewidywanego do roku 2010 wielokrotnego wzrostu energii wytwarzanej przy pomocy pomp ciepłych jej udział nie przekroczy ułamka procenta w odniesieniu do całości wytwarzanej energii odnawialnej [2].

W instalacjach geotermalnych niskiej entalpii rozróżnia się systemy zamknięte (w których ciepło przenosi substancja krążąca w systemie zamkniętym) i systemy otwarte (w których medium przenoszącym ciepło z górotworu do pompy ciepła jest woda podziemna pompowana ze studni). W ostatnich latach stosowane są też tzw. pompy rewersyjne wykorzystywane zarówno do ogrzewania jak i do klimatyzowania pomieszczeń, w zależności od pory roku.

Główne zalety korzystania z geotermalnych pomp ciepła to: niskie koszty

eksploatacji i długa żywotność eksploatacyjna, niezależność od dostawców paliw, brak lub niewielkie negatywne oddziaływanie na środowisko, bezpieczna, niewybuchowa instalacja.

Za główne bariery utrudniające rozwój rynku uważa się: bariery psychologiczne wynikające z braku wiedzy; wysokie koszty początkowe instalacji pomp ciepła (zwracają się jednak po kilku latach); zły odbiór technologii pomp ciepła; zaniżanie cen energii ze źródeł konwencjonalnych.

6. Spis literatury i wykorzystanych materiałów.

1. **Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie wykorzystania energii geotermicznej – ciepło z wnętrza Ziemi.** Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej z 8.9.2005 (2005/C 221/05).
2. **Program ekoenergetyczny województwa warmińsko-mazurskiego na lata 2005-2010**, sfinansowany przez WFOŚiGW oraz Samorząd Województwa Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2005.
3. **Anna Oniszk-Popławska i inni. Ciepło z wnętrza Ziemi.** Europejskie Centrum Energii Odnawialnej; Instytut Budownictwa, Mecanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie; EC BREC/IMBER Gdańsk-Warszawa 2003.
4. **Praca zbiorowa pod redakcją Grzegorza Wiśniewskiego. Odnawialne źródła energii jako element rozwoju lokalnego. Przewodnik dla samorządów terytorialnych i inwestorów.** Europejskie Centrum Energii Odnawialnej; Instytut Budownictwa, Mecanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa. Warszawa ul. Rakowiecka 32.
5. Witold M. Lewandowski. Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydanie trzecie. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa 2001, 2006.
6. Jacek Kapuściński, Andrzej Rozdoch. Geotermia niskotemperaturowa w Polsce – stan aktualny i perspektywy rozwoju. Warszawa, październik 2006 r.
http://www.mos.gov.pl/2materiały_informacyjne/raporty_opracowania/Niska_entalpia.pdf.
7. Bronisław Paczyński, Zenobiusz Płochniewski. Wody mineralne i lecznicze Polski. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1996 r.
8. Julian Sokołowski. Ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej dla ochrony środowiska przyrodniczego w województwie olsztyńskim. Kraków, listopad 1996 r.
9. Zenobiusz Płochniewski. Wody mineralne i termalne na obszarze województwa elbląskiego. Warszawa, grudzień 1994r.
10. Leszek Bojarski i inni. Ocena możliwości występowania i wykorzystania wód mineralnych na obszarze województwa suwalskiego. Warszawa, listopad 1997r.
11. Wojciech Prusak, Dorota Koszka-Maróń. Ocena zasobów energii geotermalnej i możliwości ich wykorzystania w województwie pomorskim. Gdańsk, październik 2004 r.
12. Zbigniew Zaprzelski. Województwo olsztyńskie. Wody geotermalne – mapa 1:300 000. Biuro Planowania Przestrzennego w Olszynie, grudzień 1997 r.
13. Stanisław Kublik, Romuald Grabiec. Geotermia Piryce. Piryce 12.04.200 r.

WOJEWÓDZTWO WARMIŃSKO - MAZURSKIE

Ocena zasobów energii geotermalnej i możliwości jej wykorzystania w województwie

