

praca pochodzi z serwisu pracedyplomowe.eu -

[prace dyplomowe](http://pracedyplomowe.eu)

Analiza możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Polsce

SPIS TREŚCI

WSTĘP.....	2
1. POJĘCIE I RODZAJE ENERGII GEOTERMALNEJ.....	2
2. ZASOBY ENERGII GEOTERMALNEJ NA ŚWIECIE	3
3. ZASOBY ENERGII GEOTERMALNEJ W POLSCE.....	7
4. WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W POLSCE- ANALIZA PRZYPADKÓW	9
5. UWARUNKOWANIA WYKORZYSTANIA ENERGII GEOTERMALNEJ W POLSCE	13
ZAKOŃCZENIE.....	16
BIBLIOGRAFIA.....	17
SPIS RYSUNKÓW.....	17

WSTĘP

Na skutek masowego spalania paliw kopalnych: węgla i ropy naftowej, wzrasta na świecie problem kwaśnych deszczy i efektu cieplarnianego. Te negatywne skutki ekologiczne stanowią zagrożenie zarówno dla naszego globu jak i dla samego człowieka. Kluczem do rozwiązania tych problemów jest rozwój technologii czystych źródeł energii.

W ostatnich kilkunastu latach wzrosło w Polsce zainteresowanie energią geotermalną. Zaowocowało ono intensyfikacją prac związanych z poznaniem geologiczno-złożowych warunków występowania wód geotermalnych, oceną potencjału cieplnego, określeniem warunków ich ekonomicznej eksploatacji oraz przygotowaniem pierwszych projektów zagospodarowania wód w kilku regionach kraju.

Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym świata, przyczynia się do poprawy efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów surowców energetycznych, poprawy stanu środowiska poprzez redukcję zanieczyszczeń do atmosfery i wód oraz redukcję ilości wytwarzanych odpadów. W związku z tym wspieranie rozwoju tych źródeł staje się coraz poważniejszym wyzwaniem dla niemalże wszystkich państw świata.

Celem niniejszej pracy jest analiza możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Polsce.

1. POJĘCIE I RODZAJE ENERGII GEOTERMALNEJ

Według definicji geologicznej energia geotermalna jest nadmiarem energii cieplnej wobec energii odpowiadającej średniej temperaturze powierzchni Ziemi. Przyjmuje się, że średnia temperatura powierzchni Ziemi wynosi 15 °C. Realnie wartości zmieniają się w zależności od szerokości geograficznej, pory roku i dnia oraz są efektem ustalenia się równowagi cieplnej między najważniejszymi trzema strumieniami ciepła¹:

- doprowadzonego przez promieniowanie ze Słońca
- doprowadzonego przez przewodzenie lub konwekcję z jądra Ziemi,
- wypromowanego do przestrzeni kosmicznej.

¹ Soliński I., Soliński B., Energetyka w Polsce, „Polityka Energetyczna”, z.1/2004

W jądrze Ziemi zachodzi rozpad pierwiastków promieniotwórczych, którego efektem jest wysoka temperatura, dochodząca do 6000 °C. Temperatura maleje w miarę zbliżania się do powierzchni Ziemi, w zależności od rodzaju skał i warunków eolicznych od 15 do 80 K na jeden kilometr. Przeciętnie, przyjmuje się, że gradient temperatury skorupy ziemskiej wynosi 25 K/km

Całkowity strumień energii zgromadzonej w skorupie ziemskiej szacuje się na około 35 TW. Pojemność cieplna obu ziemskiego o masie całkowej około $5,6 \cdot 10^{27}$ kg i przy średnim cieple właściwym 0,8 kJ/kg-K wynosi około 4,5-10 kJ/K. Gdyby do celów grzewczych wykorzystać tylko tyle energii, aby średnia temperatura wnętrza Ziemi obniżyła się tylko o 0,0001 K to, przy proj pozowanym w najbliższym czasie rocznym światowym zużyciu energii cieplnej na poziomie około $2T0^{18}$ kJ, energii tej starczyłoby na 223 tysiące lat².

2. ZASOBY ENERGII GEOTERMALNEJ NA ŚWIECIE

Na świecie wykorzystuje się różne źródła energii geotermalnej. W skorupie ziemskiej można wyróżnić kilka rodzajów energii pochodzącej z wnętrza Ziemi. Są to³:

- grunty i skały do głębokości 2500m, z których ciepło pobierane jest przy pomocy specjalnych sond, zwanych sondami ciepła;
- wody gruntowe;
- wody gorące i ciepłe, wydobywane przy pomocy wywierconych otworów eksploatacyjnych;
- para wodna, wydobywana przy pomocy otworów wiertniczych (eksploatacyjnych);
- wysady solne, z których energia odprowadzana jest przy pomocy solanki lub przy pomocy cieczy obojętnych wobec soli, głównie węglowodorów, np. izobutanu;
- gorące suche skały, z których energia odbierana jest przez wodę cyrkulującą pod wysokim ciśnieniem przez system szczelin naturalnych lub wytworzonych sztucznie w kompleksach skalnych na dużych głębokościach;
- sztuczne geologiczne zbiorniki ciepła powstające w suchych gorących skałach które tworzą się w wyniku utworzenia systemu szczelin podczas eksplozji ładunków wybuchowych o dużej mocy;
- gorąca magma.

² Lewandowski W.M., Proekologiczne odnawialne źródło energii, WNT, Warszawa 2006, s. 29

³. Tamże

Złoża par geotermalnych występują w obszarach współczesnej lub niedawnej działalności wulkanicznej, związanej głównie z aktywnymi brzegami płyt kontynentalnych (strefy ich subdukcji lub rozsuwania). Źródłem ciepła są komory i ogniska magmowe, ulokowane płytko w skorupie ziemskiej (nawet 1-3 km poniżej powierzchni terenu). Temperatury w złożach par na głębokości 1 km osiągają wartości co najmniej 150-200°C. Złoża wód geotermalnych cechują się natomiast znacznie . większym rozprzestrzenieniem. Temperatury płynów geotermalnych na głębokości 1 km są w nich niższe od 150°C. Są one najłatwiejsze w eksploatacji, odbiorze oraz przesyłaniu energii cieplnej. Ocenia się, że około 70 krajów dysponuje zasobami wód geotermalnych, które mogą być wykorzystywane w sposób ekonomicznie opłacalny.

Energia wykorzystywana jest bezpośrednio do produkcji prądu elektrycznego pary i wody o temperaturze 120-200°C). Prowadzone są również badania nad wykorzystywaniem ciepła geotermalnego pochodzącego z gorących suchych skał.

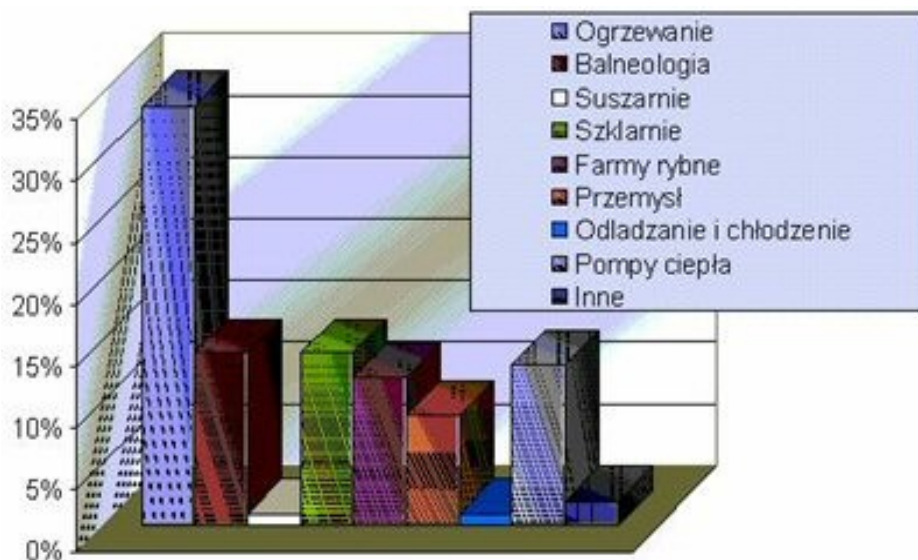
Moc zainstalowana w elektrowniach geotermalnych na świecie, w 1990 r. osiągnęła 8000 MW i zwiększała się w ostatnich dziesięciu latach o około 12% rocznie. Pierwsze grzewcze instalacje geotermalne powstały w USA (Klamath Falls) i na Węgrzech już w 1890 roku. Na szerszą skalę zaczęto energię geotermalną wykorzystywać od lat 70., od czasów „kryzysu paliwowego”. Obecnie wykorzystuje się ją głównie do ogrzewania mieszkań. Największym obszarem ogrzewanym od 1930 roku energią geotermalną jest Reykiawik liczący 145 000 mieszkańców. Na dużą skalę energię geotermalną do celów grzewczych wykorzystuje się również we Francji, USA, Niemczech, Węgrzech i Włoszech⁴.

W Chinach wody geotermalne występują niemal we wszystkich prowincjach. W skali roku odnotowuje się tam 10% wzrost zastosowań bezpośrednich w kąpieliskach oraz w hodowli ryb. Również Japonia obfituje w duże zasoby wód geotermalnych, z których blisko 80% wykorzystywanych jest w kąpieliskach, rekreacji, turystyce i do produkcji energii elektrycznej. Pozwoliło to znacznie podnieść poziom życia ludności, jednakże jest to ciągle jedynie nieznaczna część możliwych do wykorzystania zasobów energii geotermalnej. W ostatnich latach Turcja bardzo dynamicznie weszła do czołówki krajów zajmujących się bezpośrednim wykorzystaniem energii geotermalnej. Do światowej czołówki dołączyły w ostatnich latach Szwecja i Szwajcaria poprzez szerokie zastosowanie pomp ciepła odzyskujących ciepło gruntu, wód gruntowych i przypowierzchniowych partii górotworu.

⁴ Por. Jabłoński W., Wnuk J., Odnawialne źródła energii w polityce energetycznej Unii Europejskiej i Polski, WSZiM, Sosnowiec 2004

Strukturę wykorzystania zasobów energii geotermalnej na świecie przedstawia poniższy rysunek. Ogólna moc instalacji geotermalnych w 58 krajach świata wykorzystujących bezpośrednio energię gorących wód osiąga wielkość ponad 15000 MW.

Rysunek 1 Struktura wykorzystania zasobów geotermalnych na świecie



Źródło- <http://pga.org.pl/>

W krajach rozwiniętych, zużywających duże ilości energii elektrycznej, moc uzyskana z elektrowni geotermalnych jest w ogólnym bilansie wartością z reguły marginalną. Elektrownie te spełniają rolę lokalnego źródła uzupełniającego. W odmiennej sytuacji znajdują się kraje rozwijające z południowej i środkowej Ameryki, z Azji i Afryki. Kraje te z ludnością sięgającą 70% populacji światowej zużywają około 25% energii elektrycznej wyprodukowanej na świecie, z czego na cele komunalno-bytowe zaledwie około 14%⁵. Z drugiej strony w większości tych krajów istnieją zasoby wysokotemperaturowych wód i par geotermalnych umożliwiających uzyskanie taniej energii. W niektórych z tych krajów już dzisiaj energia geotermalna odgrywa ważną rolę w bilansie pierwotnych nośników energii, a udział energii elektrycznej uzyskanej z energii geotermalnej stanowi znaczącą pozycję.

Z zasobów energii geotermalnej korzysta obecnie prawie 80 krajów, z czego ponad 30 w samej Europie. Pierwsza siłownia wykorzystująca energię geotermalną do produkcji energii elektrycznej powstała we Włoszech. Aktualnie światowym potentatem w produkcji energii elektrycznej w oparciu o geotermalne zasoby energetyczne są Stany Zjednoczone. W wielu

⁵ <http://pga.org.pl/>

krajach także wykorzystuje się energię geotermalną do produkcji energii elektrycznej. Do tych krajów należy zaliczyć Filipiny, Wiochy, Meksyk, Japonię, Nową Zelandię i Islandię. W Polsce energię geotermalną na skalę przemysłową wykorzystuje pięć ciepłowni. Największa i zarazem najstarsza z nich działa w Bańskiej (Białym Dunajcu) na Podhalu. Pozostałe zlokalizowane są w Pyrzycach, Mszczonowie, Słomnikach i Uniejowie. Ta ostatnia już od sześciu lat ogrzewa dwie trzecie miejscowości liczącej ponad 3200 mieszkańców i wkrótce ma być wykorzystywana także do produkcji energii elektrycznej.

Według opracowania firmy doradczej Frost & Sullivan⁶, wydajność energii geotermalnej wynosi aż 70 proc. wobec 20-35 proc. w przypadku energii wiatrowej czy słonecznej - z tego powodu to niewyczerpalne źródło stawia się najwyżej. I chociaż obecne wykorzystanie energii geotermalnej na świecie nie przekracza 1 proc., to projekty dotyczące tego źródła energii realizowane są w 20 krajach na całym świecie.

Zdaniem Frost & Sullivan, ograniczone wciąż stosowanie energii geotermalnej spowodowane jest wysokimi kosztami początkowymi. Jednak w związku z rosnącymi cenami ropy i świadomości negatywnego oddziaływania emisji gazów, energia geotermalna zaczyna się budzić coraz większe zainteresowanie. Również malejące koszty jej pozyskiwania, przekonały analityków, że energia geotermalna będzie odgrywać coraz większą rolę w globalnym wyścigu po alternatywne źródła energii.

Energia geotermalna powstaje w procesie spalania we wnętrzu ziemi, który to proces generuje ciepło i energię elektryczną. "Energia geotermalna, w porównaniu z innymi źródłami energii odnawialnej oraz paliwami będącymi przyczyną emisji węgla, charakteryzuje się wieloma zaletami. Sektor energetyczny ma więc co analizować przez kilka następnych lat" - uważa Gouri Nambudripad, analityk z firmy Frost & Sullivan.

Koszt wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł geotermalnych w roku 2005 wynosił 50-150 euro/MWh. Oczekuje się, że koszt ten spadnie do 40-100 euro/MWh w roku 2010, a dziesięć lat później - do 40-80 euro/MWh. W miarę jak koszty energii geotermalnej będą się obniżać, wzrastać będzie zainteresowanie jej stosowaniem.

W Unii Europejskiej ciepłownie geotermalne pracują już w Islandii - gdzie 85 proc. domów ogrzewanych jest energią geotermalną, a 30 proc. z nich korzysta z energii elektrycznej wytwarzanej z energii geotermalnej - ale również w Grecji, Włoszech, Turcji, Niemczech i Austrii.

⁶ Dane Frost & Sullivan za rok 2008

Potencjalne obszary, na których można produkować ten rodzaj energii, występują na północno-zachodnim i środkowo-zachodnim wybrzeżu Włoch, w zachodniej Turcji oraz w niektórych rejonach Portugalii, Hiszpanii, Francji i Niemiec. "Dojrzeła" włoski rynek energii geotermalnej, którego zainstalowana moc wytwórcza do roku 2020 może wzrosnąć nawet do 1 500 MWe. Niemcy z kolei, według najnowszych danych, mają prawie 150 zakładów oraz rurociąg o wartości 4 mld euro. Rozwój tego sektora jest tam stymulowany poprzez kolejne ustawy, co sprawia, że realizacja projektów dotyczących energii geotermalnej staje się finansowo opłacalna.

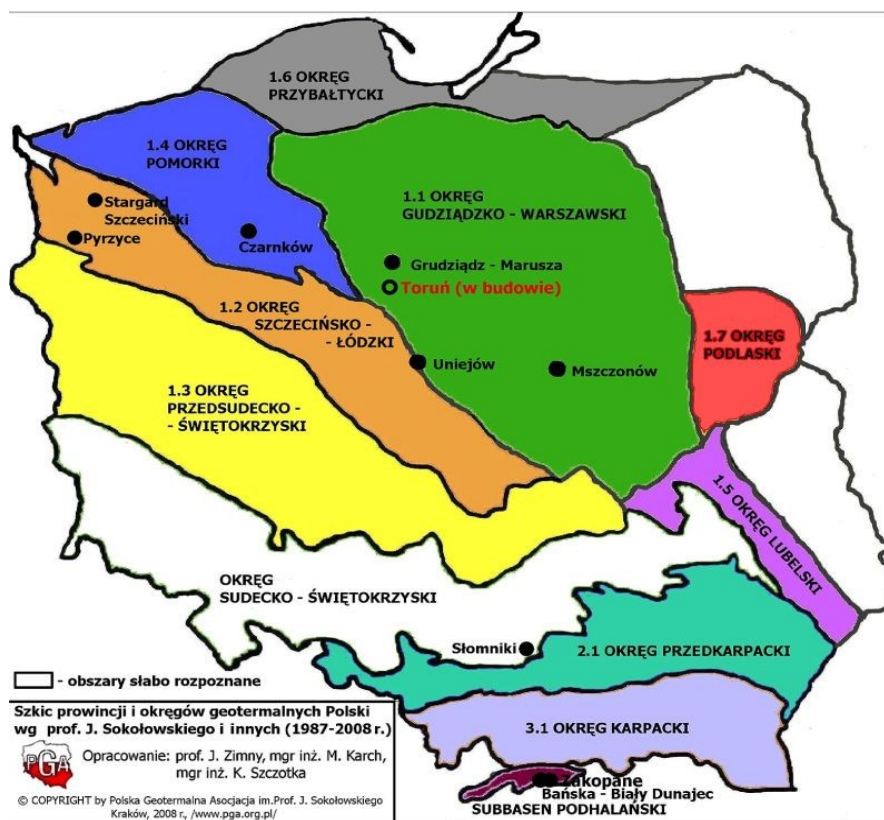
3. ZASOBY ENERGII GEOTERMALNEJ W POLSCE

Energia wód geotermalnych stanowi w Polsce poważne potencjalne źródło energii. Złoża gorących wód występują na 80% powierzchni kraju, a na 40% powierzchni istnieją warunki umożliwiające ich eksploatację. Rejonami najbardziej atrakcyjnymi pod względem wykorzystania ciepła wód geotermalnych są: niecka podhalańska (475 km²), obszar grudziądzko-warszawski (70 tys. km²) i pas szczecińsko-łódzki (67 tys. km²). Możliwe do wykorzystania zasoby energetyczne są oceniane na 12 mln ton paliwa umownego, co daje drugi po węglu nośnik energii. Największe z nich - zasoby węgla kamiennego, są tylko 3 razy większe. Energia cieplna wód geotermalnych mogłaby więc zastąpić znaczną część energii pozyskiwanej ze spalania węgla. Wadą tego źródła energii, jest mineralizacja wydobywanych wód. I Wydobywaniu wód z odwiertów często towarzyszy wydzielanie się takich gazów, jak: CO₂, metan, H₂S, a także promieniotwórczy radon. W naszym kraju ze względu na uwarunkowania geologiczne, wody geotermalne mają temperaturę w granicach 20-100°C, co uniemożliwia wykorzystanie ich do produkcji energii elektrycznej. Nadają się za to do produkcji ciepła

Terytorium Polski jest szczególnie interesujące z punktu widzenia badań geotermalnych. Wynika to z budowy geologicznej. Polska mianowicie leży na wschodnioeuropejskiej platformie prekambryjskiej, platformie paleozoicznej ze skonsolidowanym podłożem wieku kaledońskiego i hercyńskiego stref fałdowań alpejskich, do których należą Tatry, Pieniny i Karpaty fliszowe. Paleozoiczne fałdowania obejmują Sudety i Góry Świętokrzyskie.

Potencjał zasobów energii geotermalnej w Polsce szacowany jest przez różnych badaczy bardzo rozbieżnie. Według Zimnego potencjał ten szacowany jest na 625000 PJ/rok⁷. Jest to wartość czysto teoretyczna i zdaniem wielu innych badaczy znacznie przeszacowana. Wiśniewski oszacowuje ę wartość początkowo na 1512 PJ/rok, a w późniejszych publikacjach⁸ na 200 PJ/rok. Ministerstwo Środowiska w „Strategii redukcji emisji gazów cieplarnianych” ocenia to na około 100 PJ/rok. Polska Akademia Nauk ocenia ten potencjał na 1512 PJ/rok. Przeszło 220 tys. km² obszaru Polski pokryte jest basenami sedymentacyjnymi Prowincji Centralno-europejskiej zawierającymi wody geotermalne w następujących zbiornikach (basenach): kambryjskim, dewońsko-karbońskim, dolnopermskim, cechsztyńskim, triasowym, jurajskim i kredowym

Rysunek 2 Prowincje i okręgi geotermalne w Polsce



Źródło- http://pga.org.pl/pliki/all/geotermia_polska_3.jpg

Wody geotermalne wypełniają wielopiętrowe i różno- wiekowe piaszczyste i węglanowe zbiorniki skalne na Niżu Polskim i w Karpatach, a zakumulowani w nich energia

⁷ Zimny J., Polska samowystarczalna energetycznie? „Rynek Instalacji”, nr 11/2001, s. 61

⁸ Wiśniewski G., Dylematy wdrażania krajowej strategii rozwoju energii odnawialnej, Iber, Warszawa 2001, s. 42- 49

jest energią odnawialną i ekologiczną. W Sudetach pozbawionych płaszcza utworów osadowych naturalne źródła ciepłych wód skupiają się w dolinach śródgórskich i strefach krzyżowania się dyslokacji. Są to wody o udokumentowanej niskiej mineralizacji i temperaturze na powierzchni o wartościach kilkudziesięciu °C. Dotychczas w Polsce wykorzystuje się bardzo znikomą część teoretycznego potencjału geotermalnego. Zakłady geotermalne istnieją w Zakopanem, Pyrzycach, Uniejowie i Mszczonowie. W najbliższym czasie planuje się wykorzystanie wód termalnych w Stargardzie Szczecińskim, Czarnkowie, Kole i Poddębicach. Oprócz zakładów ciepłowniczych istnieją również uzdrowiska wykorzystujące energię z ciepłych źródeł Cieplice, Duszniki Zdrój, Ustroń, Konstancin, Ciechocinek. Obszarem o wyjątkowych warunkach geotermalnych jest część Podhala położona między Tatrami, a Pieniński; Pasem Skałkowym. I właśnie tam, w Bańskiej - Niżnej, Białym⁹.

Polskie złoża energii geotermalnej należą do jednych z największych w Europie, chociaż nasz kraj leży poza obszarami wulkanicznymi. Występują za to olbrzymie zasoby wód geotermalnych. Szacowane są one na około 25-100 mld ton, a objętość od 6000 do 30 tysięcy km³. Występują one pod powierzchnią prawie całego kraju. Oprócz tego znajduje się jeszcze energia zgromadzona w gorących suchych skałach i wysadach solnych (skały powstają poprzez samoistny ruch mas solnych pod wpływem ciśnienia mas skalnych). Zdaniem geologów i przedstawicieli branży energetycznej, zasoby wód termalnych przekraczają 150 razy roczne potrzeby kraju.

4. WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W POLSCE- ANALIZA PRZYPADKÓW

Jak dotąd na terenie Polski funkcjonuje osiem geotermalnych zakładów ciepłowniczych: Bańska Niżna (4,5 MJ/s, docelowo 70 MJ/s), Pyrzyce (15 MJ/s, docelowo 50 MJ/s), Stargard Szczeciński (14 MJ/s), Mszczonów (7,3 MJ/s), Uniejów (2,6 MJ/s), Słomniki (1 MJ/s), Lasek (2,6 MJ/s) oraz Klikuszowa (1 MJ/h). W fazie realizacji jest projekt geotermalny w Toruniu.

Pierwszy zakład geotermalny w kraju wybudował IGSME PAN, w roku 1993, na Podhalu. Jako ujęcie eksploatacyjne wykorzystano otwór Bańska IG-1, o głębokości 5261 m,

⁹ Por. Jabłoński W., Wnuk J., Odnawialne źródła energii w polityce energetycznej Unii Europejskiej i Polski, WSZiM, Sosnowiec 2004

wykonany w Białym Dunajcu przez Oddział Karpacki Państwowego Instytutu Geologicznego. Obecnie, wodę o temperaturze ok. 86 °C, eksploatuje się dwoma otworami produkcyjnymi, a po wykorzystaniu zmagazynowanego w niej ciepła, zatacza się z powrotem do złoża dwoma otworami chłonnymi. W sumie można pobierać 670 m³ wody na godzinę. Energia cieplna z wydobywanych wód termalnych jest odbierana za pośrednictwem wymienników ciepła. W wymiennikach ogrzewana jest woda obiegu wtórnego, która następnie jest transportowana rurociągiem przesyłowym do Zakopanego. Sieć dystrybucyjna zaopatruje nie tylko Zakopane, ale również Biały Dunajec i Bańską Niżną. Do 2005 roku planuje się dostarczenie energii cieplnej do Nowego Targu i pozostałych miejscowości wzdłuż trasy rurociągu przesyłowego.

Obecnie, wody termalne na terytorium Polski, jak już wspomniano, wykorzystywane są w pięciu zakładach geotermalnych: w Białym Dunajcu, w Pyrzycach, Mszczonowie, Słomnikach i w Uniejowie. Zakład geotermalny w Pyrzycach (zbudowany w latach 1992 -96) wykorzystuje wody o temperaturze ok. 64 °C. Działają w nim dwa otwory eksploatacyjne i dwa otwory chłonne. Energia cieplna zasila czternastotysięczne miasto. Zakład geotermalny w Mszczonowie (2000 r.) zastąpił trzy osiedlowe kotłownie zlokalizowane w centrum miasta. Jego działalność oparta jest na energii pozyskanej z wód słodkich (mineralizacja 0,5 /dm³) pochodzących z głębokości 1700 m. Wodą o temperaturze 40 °C, wypływa samoczynnie z otworów eksploatacyjnych, dzięki ciśnieniu panującemu w złożu. Po odebraniu ciepła jest wykorzystywana do celów użytkowych. W Uniejowie zakład geotermalny korzysta z wody o temperaturze ok. 67 °C. Instalacja stanowi przykład wykorzystania wód termalnych w połączeniu z ciepłownią olejową. Składa się z dwóch bloków: pierwszy - geotermalny - zawiera otwór produkcyjny i zataczający, wymienniki ciepła, filary i system tłoczenia między otworami, zaś drugi - dwa kotły opalane lekkim olejem opałowym.

W 2002 roku została uruchomiona nowa instalacja geotermalna - zakład ciepłowniczy w Słomnikach. Instalacja wykorzystuje wody słodkie o temperaturze około 17 °C jako źródło ciepła dla obiektów szkoły i budynków indywidualnych. Woda po schłodzeniu, staje się wodą pitną i trafia do wodociągu miejskiego¹⁰.

Wody termalne w Polsce z powodzeniem wykorzystuje się nie tylko w ciepłownictwie, ale również w balneologii, rekreacji i w agroturystyce. Siedem polskich uzdrowisk - Ciechocinek, Cieplice Śląskie, Duszniki Zdrój, Łądek Zdrój, Iwonicz Zdrój, Ustroń i Konstancin - korzysta z wód termalnych wydobywanych z naturalnych źródeł oraz

¹⁰ Bujakowski W., Energia geotermalna- przegląd polskich doświadczeń, UJ, Kraków 2003, s. 97- 108

odwiertów. W niektórych z nich, wody termalne będą mogły służyć w przyszłości nie tylko do celów leczniczych, lecz również do grzewczych i przemysłowych. W Zakopanem, do 2001 r., wody termalne wykorzystywane były do celów rekreacyjnych i terapeutycznych. Obecnie, na stokach Antałówki, powstał duży Aquapark. W najbliższej przyszłości w Bukowni Tatrzańskiej planuje się wybudowanie kompleksu rekreacyjno- rehabilitacyjnego, wykorzystującego nawiercone tutaj wody termalne.

Parametry hydrogeologiczne fliszu Karpat zewnętrznych są zdecydowanie odmienne od parametrów utworów budujących podłoże niecki podhalańskiej. Wody termalne na tym obszarze są rozpoznane punktowo, a skomplikowana budowa geologiczna ogranicza uzyskanie większych wyników. Występują one w zbiornikach zamkniętych i dlatego ich zasoby są ograniczone. Z dotychczasowych badań wynika, że flisz zewnętrzno-karpacki jest mało perspektywnym kolektorem dla uzyskania wód termalnych w znaczących ilościach¹¹. Stosunkowo korzystne warunki panują w rejonie Poręby Wielkiej, gdzie uzyskano z pojedynczego ujęcia do 12,1 m³/h wody o mineralizacji 21,8 /dm³ i temperaturze 42 °C na wypływie. Godny uwagi jest również rejon Wiśniowej koło Strzyżowa.

Energia geotermalna staje się również coraz bardziej popularna w Polsce, zwłaszcza w Zakopanem i na Podhalu. Ogrzewanie energią geotermalną jest tam już o 40 proc. tańsze niż ogrzewanie gazem i 90 proc. zakopiańskich hoteli oraz około 250 tys. tamtejszych prywatnych gospodarstw domowych korzysta obecnie z tego rodzaju energii. Dzięki temu w Zakopanem nastąpiła znaczna redukcja emisji dwutlenku węgla. Z kolei przykładem nowopowstających inwestycji jest Toruń, gdzie udokumentowano zasoby wód termalnych o temperaturze przekraczającej 60 st. C i dużej wydajności.

Można i należy podjąć projekty, aby zbudować zakłady geotermalne z zasobów basenów:

- kambryjskiego (Olsztyn, Nidzica, Iława, Ostróda, Morąg, Lidzbark Warmiński, Bartoszyce, Kętrzyn, Cieplice, Polanica, Duszniki, Łądek);
- dewońsko-karbońskiego (Kraków, województwo małopolskie, Bielsko-Biała, województwo śląskie);
- dolnopermskiego (na obszarze monokliny przedsudeckiej, oś Poznań - Częstochowa);
- cechsztyńskiego (na obszarze monokliny przedsudeckiej, oś Jelenia Góra - Wrocław - Śląsk - Kielce);

¹¹ Chowaniec J., Wody mineralne uzdrowisk województwa podkarpackiego, PAN IGSMiE, Kraków 2003, s. 23

- triasowego (na obszarze monokliny przedsudeckiej, obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, subbasenu grudziądzko-warszawskiego, subbasenu szczecińsko-łódzkiego; województwa kujawsko-pomorskiego - jednego z najbardziej korzystnych pod względem geotermalnym obszarów Polski);
- jurajskiego; zbudowano zakłady w Pyrzycach, Mszczonowie, w możliwym przygotowaniu zakłady geotermalne w Skierniewicach, Żyrardowie, Szczecinie, Łodzi, Kole, Gnieźnie, Toruniu (w budowie), Bydgoszczy, Warszawie, w Małopolsce;
- kredowego (na obszarze Mazowsza, niecki mogileńsko-łódzkiej: Mogilno, Inowrocław, Kruszwica, Strzelno, Janikowo, Janowiec; Małopolski: oś Bielsko - Kraków - Tarnów - Dębica).

Tabela 1 Prowincje i okręgi geotermalne Polski oraz potencjalne zasoby wód i energii w nich zawarte

Lp.		Powierzchnia złóż [km ²]	Formacja geologiczna	Zasoby wód geotermalnych [km ³]	Zasoby wód geotermalnych [mln t.p.u.]	Objętość wód geotermalnych [m ³ /km ²]	Energia cieplna [t.p.u./km ²]
1	<i>PROWINCJA ŚRODKOWOEUROPEJSKA</i>	222 000		6 215	32 436	99 401 000	501 000
1.1	Okręg grudziądzko - warszawski	70 000	Kreda/Jura Trias	2 766 334	9 853 2 107	44 134 400	168 000
1.2	Okręg szczeciński - łódzki	67 000	Kreda/Jura Trias	2 580 274	16 627 2 185	42 266 600	246 000
1.3	Okręg sudecko - świętokrzyski	39 000	Perm/Trias	155	955	3 900 000	26 000
1.4	Okręg pomorski	12 000	Perm/Karbon Dewon/Lias/Trias	21	162	1 600 000	13 000
1.5	Okręg lubelski	12 000	Karbon/Dewon	30	193	2 500 000	16 000
1.6	Okręg przybaltycki	15 000	Kambr/Perm/Mezozoik	38	241	2 500 000	16 000
1.7	Okręg podlaski	7 000	Kambr/Perm/Mezozoik	17	113	2 500 000	16 000
2	<i>PROWINCJA PRZEDKARPACKA</i>	16 000		362	1555	22 600 000	97 000
2.1	Okręg przedkarpacki	16 000	Trias/Jura/Kreda/ Trzeciorzęd	362	1555	22 600 000	97 000
3	<i>PROWINCJA KARPACKA</i>	13 000		100	714	7 700 000	55 000
3.1	Okręg karpacki	13 000	Trias/Jura/Kreda/ Trzeciorzęd	100	714	7 700 000	55 000
		251 000		6 677	34 705	99 401 000	653 000

Źródło- <http://www.pga.org.pl/>

W Polsce najkorzystniejsze warunki eksploatacji wód termalnych do celów grzewczych istnieją w obrębie niecki podhalańskiej. Decyduje o tym sytuacja, wysoka temperatura na wypływie, (sięgająca 90 °C), niska mineralizacja (do 3 /dm³), wysoka wydajność (nawet do 550 m³/h z pojedynczego ujęcia), dobra odnawialność złoża i łatwa dostępność terenu. Obszarem zasiania dla niecki podhalańskiej są Tatry. Wody opadowe, które tam wsiąkają, spływając na północ, trafiają na warstwę nieprzepuszczalnych skał

fliszowych, które stanowią rodzaj klina rozdzielającego je na dwa strumienie - górny i dolny. Górny spływa na teren niecki, do utworów czwartorzędowych i spękanej górnej partii utworów fliszowych (są to wody zwykłe), natomiast dolny przepływa systemem szczelin i pustek krasowych do trzeciorzędowych skał węglanowych i mezozoicznych utworów jednostek tatrzańskich, stając się wodami termalnymi¹².

Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce zależy od prawidłowego opracowania projektów gwarantujących konkurencyjność ekonomiczną i ekologiczną geotermii w stosunku do innych nośników energii. Projekty te powinny być ukierunkowane na kompleksowe, maksymalne wykorzystanie energii geotermalnej niskotemperaturowej (ciepło) i wysokotemperaturowej (prąd i ciepło), w restrukturyzacji polskiej gospodarki, usług i rolnictwa, szczególnie dla zabezpieczenia samowystarczalności energetycznej poszczególnych gmin, co jest koniecznością i szansą rozwoju Polski w XXI wieku.

5. UWARUNKOWANIA WYKORZYSTANIA ENERGII GEOTERMALNEJ W POLSCE

Dotychczasowe wyniki badań wskazują na możliwość wykorzystania energii geotermalnej w niektórych obszarach na terenie Polski, natomiast możliwości wykorzystania energii geotermicznej, jak to wynika z przytoczonych wcześniej określeń, są praktycznie na terenie całego kraju. Wody głębokich poziomów wodonośnych, są zawsze wodami gorącymi. Nie wszędzie jednak warto je eksploatować. Aby wydobywanie było opłacalne musi być spełnione kilka warunków. Wody termalne muszą mieć możliwie wysoką temperaturę, niską mineralizację (duża powoduje korozję i zanieczyszczanie instalacji) i powinny zalegać na niewielkiej głębokości. Bardzo ważna jest odnawialność zasobów. Eksploatacja zbiorników wód geotermalnych podlega takim samym ograniczeniom jak eksploatacja zwykłych wód podziemnych. Z warstwy wodonośnej można wydobywać tylko tyle, na co pozwalają zasady racjonalnej gospodarki zasobami. Często stosowane jest wtaczanie z powrotem do złoża wody, której energia została już wykorzystana. Wody termalne zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 18 grudnia 2001 r., stanowią kopalnię podstawową w rozumieniu Prawa Geologicznego i Górniczego.

¹² Chowaniec J., Wody podziemne niecki podhalańskiej. Współczesny problem hydrogeologii, t. XI, UG, Gdańsk 2003, s. 45

Zasoby energetyczne geotermii możliwe do wykorzystania są wielokrotnie większe od zasobów kopalnych ropy i gazu. Średni potencjał energetyczny otworu geotermalnego zbliżony jest do średniego potencjału otworu ropnego lub gazowego. W XX wieku na potrzeby eksploatacji złóż ropy i gazu wykonano na świecie 650 tys. otworów produkcyjnych. Planuje się, że w obecnym stuleciu wykona się 1 milion otworów geotermalnych.

Ciecze geotermalne zawierają zróżnicowaną ilość gazów, najwięcej azotu dwutlenku węgla oraz trochę siarkowodoru i mniejsze ilości amoniaku, rtęci, radonu boru, które nie występują zazwyczaj w ilościach niebezpiecznych, ale wymagają monitoringu. Należy podkreślić, że emisja gazów z pól niskotemperaturowych stanowi jedynie cząstkę emisji, jaka występuje na polach wysokotemperaturowych, gdzie produkuje się energię elektryczną. Wyziewy gazu, szczególnie dwutlenku węgla, przyczyniają się do efektu cieplarnianego, i chociaż ilości zmieniają się w zależności od zasobów, są one znacznie mniejsze niż te, które powstają w kotłowniach partych na paliwach kopalnych, w przemyśle i transporcie. Emisja gazów z zasobów niskotemperaturowych, wykorzystywanych w ciepłownictwie i przemyśle jest większości przypadków znikoma.

Energia geotermalna jest często uznawana za energię o odnawialnych zasobach. W wyniku istnienia stałego strumienia ciepła z wewnętrznych części ziemi, stwierdzenie to może być uznane za słuszne. Ale w skali czasu stosowanej w ludzkim odniesieniu zasoby geotermalne nie zawsze są odnawialne. Mogą one być tylko wtedy uznane za odnawialne, gdy wielkość eksploatacji cieczy nie przekracza wielkości zasilania złoża. Wykorzystywanie naturalnego wypływu ze źródeł geotermalnych nie wpływa na stan równowagi. Ale eksploatacja otworami wiertniczymi i przy zastosowaniu pomp wgłębnych zawsze prowadzi do pewnych fizycznych i chemicznych zmian w zbiorniku lub w jego najbliższym otoczeniu, prowadzi do spadku ciśnienia i może prowadzić do zmniejszenia zasobów na tyle, na ile zużycie energii jest rozważane. Kluczem do powodzenia projektu geotermalnego jest uważna ocena zbiornika geotermalnego i jego monitoring upewniające, że będzie on istniał przez cały projektowany czas pracy poszczególnych instalacji geotermalnych.

Zatłaczanie wody odpadowej eliminuje głównie czynniki skażające środowisko, to znaczy termiczne, chemiczne, jak i osiadanie gruntu. Równocześnie zasila zbiornik geotermalny, a zatem przedłuża istnienie zasobów. W pierwszej chwili zatłaczanie wydaje się raczej kosztowne, bo wymaga dodatkowych wierceń, powierzchniowych rurociągów i ciągłego pompowania. Ale długoterminowe efekty są korzystne. Przy obliczaniu czasu funkcjonowania instalacji geotermalnych okazuje się, że zatłaczanie jest mniej kosztowne niż jego brak. Obecnie w wielu krajach dla nowych projektów geotermalnych powszechnie

opracowuje się raporty o ich wpływie na środowisko, oraz programy monitoringu w celu ustalenia danych bazowych i śledzenia zmian podczas pracy zakładu. Monitoring musi obejmować wszelkie prawdopodobne skutki w środowisku. Możliwy wpływ na środowisko może być przewidziany i w celu jego minimalizacji można podjąć środki zaradcze prze rozpoczęciem eksploatacji.

Jedną z podstaw rozwoju projektów wykorzystania wód geotermalnych jest dobre rozpoznanie warunków geotermicznych. W Polsce wynika ono z przeprowadzonych w latach minionych (głównie 70. i 80.) licznych odwiertów poszukiwawczych ropy naftowej i gazu. Na ich podstawie sporządzono wiarygodne mapy rozkładu gradientu geotermicznego, co więcej, w wielu przypadkach rozpoznano parametry jakościowe wody. Tak też istnieje duża baza danych, na podstawie której specjaliści (geolodzy, inżynierowie) mogą z dużą trafnością określić istnienie i przydatność źródeł geotermalnych do celów energetycznych. Bardzo duży potencjał energetyczny geotermii, konieczność budowy nowych obiektów bazujących na OZE oraz doświadczenie wyniesione z dłuższej eksploatacji kilku obiektów, z pewnością otworzą drogę kolejnym inwestycjom.

Szacuje się, że istniejących otworów poszukiwawczych ropy i gazu jest na terenie Polski kilkadziesiąt tysięcy. Nie jest wykluczone, że w niektórych miejscach będą podejmowane próby ich udrażniania, jeśli rozpoznane wcześniej warunki rokowałyby pozytywnie na ewentualną eksploatację energetyczną.

W sprzyjających okolicznościach (na pewno potwierdzonych badaniami doświadczonych specjalistów) takie działania mają sens i pozwolą na wykonanie obiektu niższym kosztem lub wręcz w ogóle pozwolą na jego powstanie.

Należy jednak mieć świadomość, że wiele spośród dawnych wierceń było wykonane w zupełnie innym celu, niż czerpanie wód geotermalnych, i ich wykorzystanie musiałyby poprzedzić stosowne analizy wykonalności. Studiując ogólnodostępne artykuły, czy prezentacje, można napotkać na informacje, że niektóre spośród działających ośrodków geotermalnych w Polsce miały bądź mają problemy z rentownością. Taki stan rzeczy wynika przede wszystkim z bardzo wysokich nakładów finansowych poniesionych na wykonanie obiektu. Szczególnie drogi jest podstawowy element, na którym bazuje każdy zakład geotermalny, czyli odwiert bądź kilka odwiertów. Sama eksploatacja jest również kosztowna, bowiem w zdecydowanej większości przypadków, silnie zmineralizowane wody geotermalne, muszą być zatłaczane z powrotem w głąb ziemi, aby nie zakłócić stanu wód powierzchniowych. Tak też poprzez wysokie nakłady początkowe i wysokie koszty utrzymania, opłacalność budowy zakładu geotermalnego w porównaniu do

konwencjonalnego (np. ciepłowni węglowej) jest raczej mała. Podwyższenie cen energii pochodzących z takiego zakładu raczej nie wchodzi w grę, trudno bowiem sobie wyobrazić, aby społeczność odbierająca energię ciepłą godziła się na wyższe ceny tylko ze względu na jej „czyste” i ekologiczne źródło. Rozwiązaniem mogłyby być świadectwa pochodzenia energii (jak w przypadku wytwarzania prądu elektrycznego z OZE), których odsprzedaż podwyższyłaby rentowność zakładów geotermalnych.

ZAKOŃCZENIE

Największym atutem energii zakumulowanej w wodach geotermalnych jest jej dostępność na miejscu, w kraju, na większej części terytorium. Zasoby są rozpoznane, w kilku miejscach w różnych częściach Polski podjęto, z powodzeniem, próby ich przetwarzania. Jest wielce prawdopodobne, że chociażby ze względu na wypełnienie zobowiązań względem UE do 2020 r., geotermia może być dla ciepłownictwa tym, czym stają się obecnie turbiny wiatrowe dla elektroenergetyki – dość trudnym do okiełznania, ale powszechnie stosowanym źródłem.

Reasumując powyższe rozważania można stwierdzić, że złoża wód geotermalnych możliwych do pozyskania pod względem technicznym a jednocześnie ekonomicznie opłacalnym znajdują się pod około 80% powierzchni kraju. Zgodnie z obecnym stanem rozpoznania najkorzystniejsze warunki eksploatacji złóż istnieją w należącym do Karpat wewnętrznych obszarze niecki podhalańskiej. Bardzo sprzyjające warunki stwierdzono także na Niżu Polski - przede wszystkim w mezozoicznych utworach subbasenów geologiczno - strukturalnych: szczecińsko - łódzkiego (gdzie w początkach 1996 roku oddano do użytku ciepłownię geotermalną w Pyrzycach) i grudziądzko - warszawskiego.

W porównaniu do większości innych źródeł energii, energia geotermalna jest względnie czysta, chociaż nie zawsze wolna od wpływu na środowisko. Najbardziej groźnymi skutkami, które mogą być spowodowane przez wykorzystywanie energii geotermalnej są:

- zakłócenia powierzchniowe (otwory wiertnicze, rurociągi, elektrownie, stacje pomp);
- osiadanie gruntu w wyniku wydobywania cieczy ze skał zbiornikowych; efekty termiczne i emisje substancji chemicznych.

BIBLIOGRAFIA

1. Bujakowski W., Energia geotermalna- przegląd polskich doświadczeń, UJ, Kraków 2003, s
2. Chowaniec J., Wody mineralne uzdrowisk województwa podkarpackiego, PAN IGSMiE, Kraków 2003,
3. Chowaniec J., Wody podziemne niecki podhalańskiej. Współczesny problem hydrogeologii, t. XI, UG, Gdańsk 2003,
4. Dane Frost & Sullivan za rok 2008,
5. <http://pga.org.pl/>,
6. Lewandowski W.M., Proekologiczne odnawialne źródło energii, WNT, Warszawa 2006,
7. Jabłoński W., Wnuk J., Odnawialne źródła energii w polityce energetycznej Unii Europejskiej i Polski, WSZiM, Sosnowiec 2004,
8. Soliński I., Soliński B., Energetyka w Polsce, „Polityka Energetyczna”, z.1/2004,
9. Wiśniewski G., Dylematy wdrażania krajowej strategii rozwoju energii odnawialnej, Iber, Warszawa 2001,
10. Zimny J., Polska samowystarczalna energetycznie? „Rynek Instalacji”, nr 11/2001.

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1 Struktura wykorzystania zasobów geotermalnych na świecie	5
Rysunek 2 Prowincje i okręgi geotermalne w Polsce	8