

Wykorzystanie energii geotermalnej

Wstęp

Źródła energii odnawialnej są jedynymi z tych, które mogą okazać się alternatywą dla paliw kopalnych, stanowiących źródła energii konwencjonalnej. Znajomość technologii źródeł odnawialnych jest pomocna dla wyjaśnienia kwestii jakie źródła odnawialne i w jakim stopniu mogą one uczestniczyć w zaspokajaniu przyszłych potrzeb energetycznych naszej cywilizacji [Ciechanowicz, Szczukowski, 2006].

Odnawialne źródła energii można podzielić na globalnie dostępne i lokalnie dostępne w poszczególnych krajach lub regionach. Podstawowe, globalnie dostępne źródła energii odnawialnej spełniają warunek wymaganej ciągłej dostawy mocy w każdym położeniu geograficznym, natomiast podstawowe, lokalnie dostępne spełniają ten warunek w określonych położeniach na kuli ziemskiej. Jak z tego wynika, odnawialnymi źródłami energii ogólnie dostępnymi są jedynie: energia słoneczna w postaci promieniowania słonecznego oraz energia wnętrza skorupy ziemskiej, czyli energia geotermalna [Ciechanowicz, Szczukowski, 2006].

Energia geotermalna

Jak już wspomniano, jedynym globalnym, odnawialnym źródłem energii cieplnej jest ciepło skorupy ziemskiej docierające tam z głębi ziemi na zasadzie przewodzenia. Jest ono teoretycznie dostępne w każdym punkcie powierzchni Ziemi, albo w postaci tzw. suchych źródeł geotermicznych, albo w postaci wód geotermalnych. Wykorzystanie suchych źródeł geotermicznych związane jest z umieszczeniem na odpowiedniej głębokości odpowiednich powierzchni wymiany ciepła.

Zgodnie z definicją geologiczną, energia geotermalna jest nadwyżką energii cieplnej w stosunku do energii odpowiadającej średniej temperaturze powierzchni Ziemi. Przyjmuje się, że średnia temperatura powierzchni Ziemi wynosi 15 °C. Rzeczywiste wartości zmieniają się w zależności od szerokości geograficznej, pory roku i dnia oraz są wynikiem ustalenia się równowagi cieplnej między najważniejszymi trzema strumieniami ciepła:

¹ prof. dr hab. inż. Janusz Piechocki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Elektrotechniki i Energetyki



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

W jądrze Ziemi zachodzi rozpad pierwiastków promieniotwórczych, którego efektem jest wysoka temperatura, dochodząca do 6000 °C. Temperatura ta maleje w miarę zbliżania się do powierzchni Ziemi, w zależności od rodzaju skał i warunków geologicznych 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 globu ziemskiego o masie całkowitej około $5,6 \cdot 10^{27}$ kg i przy średnim cieple właściwym 0,8 kJ/kg·K wynosi około $4,5 \cdot 10^{27}$ kJ/K. Gdyby do celów grzewczych wykorzystać tylko tyle energii, aby średnia temperatura wnętrza Ziemi obniżyła się tylko o 0,0001 K to, przy prognozowanym w najbliższym czasie rocznym światowym zużyciu energii cieplnej na poziomie około $2 \cdot 10^{18}$ kJ, energii tej starczyłoby na 223 tysiące lat [Lewandowski, 2002].

Wykorzystanie 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 ile pozwalają zasady racjonalnej gospodarki zasobami. Często stosowane jest włączanie z powrotem do złoża wody, której energia została już wykorzystana. Wody termalne zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 18 grudnia 2001 r., stanowią kopalinę podstawową w rozumieniu Prawa Geologicznego i Górniczego.

W Polsce najkorzystniejsze warunki eksploatacji wód termalnych do celów grzewczych istnieją w obrębie niecki podhalańskiej. Decyduje o tym sytuacja geologiczna, wysoka temperatura na wypływie, (sięgająca 90 °C), niska mineralizacja (do 3 g/dm³),



wysoka wydajność (nawet do 550 m³/h z pojedynczego ujęcia), dobra odnawialność złoza i łatwa dostępność terenu. Obszarem zasilania 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 termalnymi [Chowaniec, 2003].

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 ich ilości. Występują one w zbiornikach zamkniętych i dlatego ich zasoby są ograniczone. Z dotychczasowych badań wynika, że flisz zewnętrznokarpacki jest mało perspektywnym kolektorem dla uzyskania wód termalnych w znaczących ilościach [Chowaniec, 2003a]. Stosunkowo korzystne warunki panują w rejonie Poręby Wielkiej, gdzie uzyskano z pojedynczego ujęcia do 12,1 m³/h wody o mineralizacji 21,8 g/dm³ i temperaturze 42 °C na wypływie. Godny uwagi jest również rejon Wiśniowej koło Strzyżowa. W Wiśniowej, na początku lat 90 – tych XX wieku, nawiercono wody termalne o temp. 84 °C i mineralizacji ok. 7,0 g/dm³ [Karnkowski, Jastrząb, 1994]. Wody termalne w Wiśniowej zostały nawiercone „przy okazji”, podczas poszukiwań ropy naftowej. Z uwagi na cel wiercenia, jak i konstrukcję otworu, nie było możliwości określenia zasobów eksploatacyjnych.

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 krajach także wykorzystuje się energię geotermalną do produkcji energii elektrycznej. Do tych krajów należy zaliczyć Filipiny, Włochy, 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 Pырzycach, 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.



Pierwszy zakład geotermalny w kraju wybudował IGSMiE PAN, w roku 1993, na Podhalu. Jako ujęcie eksploatacyjne wykorzystano otwór Bańska IG-1, o głębokości 5261 m, 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, zatłacza 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 g/dm³) pochodzących z głębokości 1700 m. Woda, 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 zatłaczający, wymienniki ciepła, filtry i system tłoczenia między otworami, zaś drugi – dwa kotły opalane lekkim olejem opalowym.

W 2002 roku została uruchomiona nowa instalacja geotermalna – zakład ciepłowniczy w Słomnikach. Instalacja ta wykorzystuje wody słodkie o temperaturze około 17 °C jako źródło ciepła dla obiektów szkoły i budynków indywidualnych. Woda ta, po schłodzeniu, staje się wodą pitną i trafia do wodociągu miejskiego [Bujakowski, 2003].

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



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 Bukowinie Tatrzańskiej planuje się wybudowanie kompleksu rekreacyjno – rehabilitacyjnego, wykorzystującego nawiercone tutaj wody termalne.

Zasoby energii geotermalnej w Polsce

Możliwość wykorzystania energii wnętrza Ziemi istnieje na ponad 60% powierzchni naszego kraju. Wody geotermalne charakteryzują się temperaturami w granicach 30 – 120 °C, co czyni je przydatnymi raczej do pozyskiwania energii cieplnej niż elektrycznej. Według danych Polskiej Akademii Nauk, potencjał techniczny zasobów geotermalnych wynosi 302000 PJ.

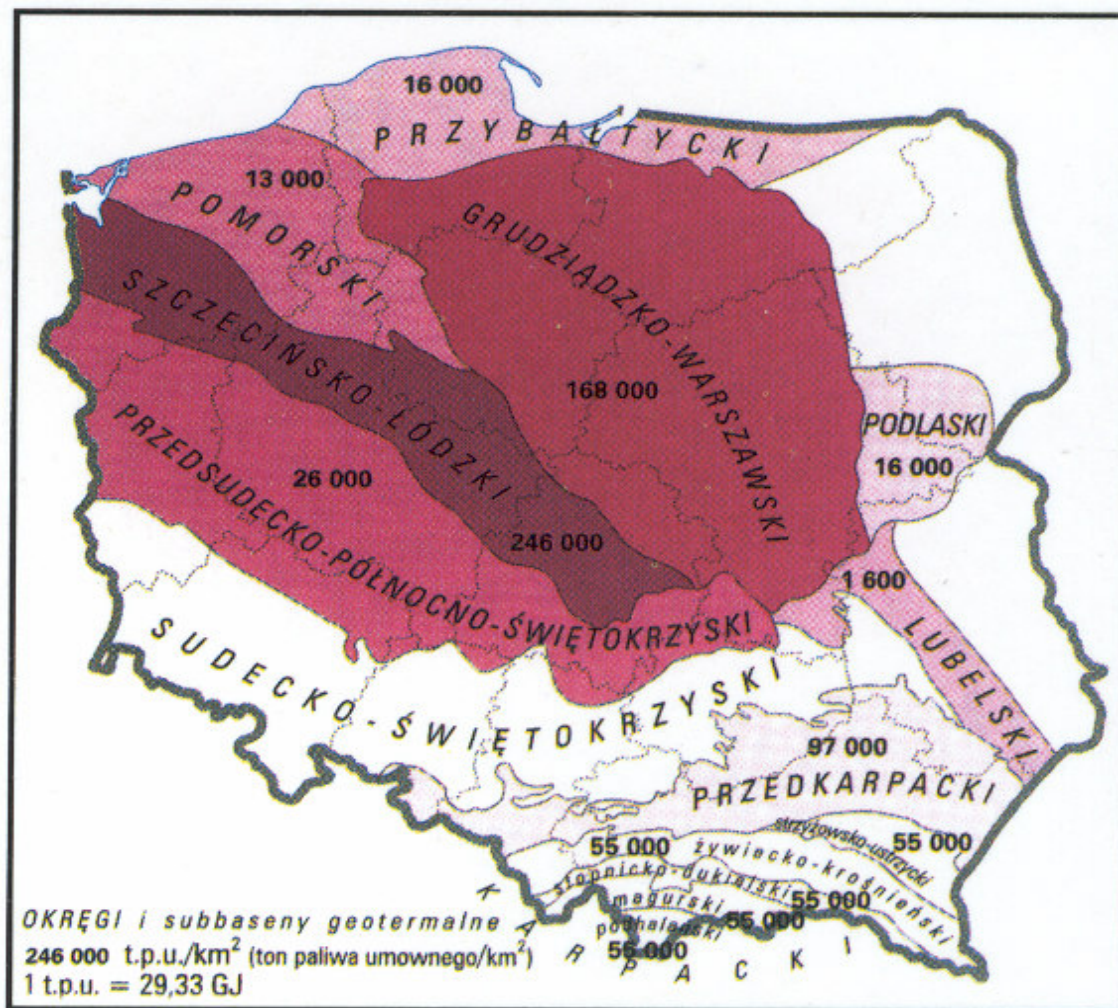
Potencjał zasobów energii geotermalnej w Polsce szacowany jest przez różnych badaczy bardzo rozbieżnie. Według Zimnego [2001] potencjał ten szacowany jest na 625000 PJ/rok. Jest to wartość czysto teoretyczna i zdaniem wielu innych badaczy znacznie przeszacowana. Wiśniewski oszacowuje tę wartość początkowo na 1512 PJ/rok [1997], a w późniejszych publikacjach [2002] na 200 PJ/rok. Sala i Szargut [2002] oceniają te zasoby na 257 PJ/rok, a Ministerstwo Środowiska w „Strategii redukcji emisji gazów cieplarnianych” na około 100 PJ/rok. Polska Akademia Nauk ocenia ten potencjał na 1512 PJ/rok. Zasoby energii geotermalnej poszczególnych okręgów i subbasenów istniejących na terenie Polski według Ney i Sokołowskiego (1992) przedstawione są na rysunku 1 i wyrażone w tpu/km².

Najbardziej zasobny jest okręg szczecińsko-lódzki, gdzie potencjał energii geotermalnej szacowany jest na 246000 tpu/km². Dużą zasobnością charakteryzuje się też subbasen warszawsko-grudziądzki (168000 tpu/km²) i przedkarpacki (97000 tpu/km²). Zasobne są także okręgi karpackie. Właśnie te regiony podlegają eksploatacji złóż geotermalnych na skalę przemysłową i cieszą się największym zainteresowaniem wśród potencjalnych inwestorów.

Zasoby energii geotermicznej możliwe są do pozyskania praktycznie na terenie całego kraju. Technologia pozyskania tej energii jest jednak zupełnie odmienna od technologii pozyskania energii geotermalnej i wymaga wykorzystania zupełnie innych urządzeń. Jest ona jednak opanowana i praktycznie wykorzystywana coraz powszechniej.



Energia geotermalna



Roman Ney i Juliar. Sokółowski, 1992. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polska Akademia Nauk, Kraków.

Rys. 1. Zasoby energii geotermalnej w Polsce

Zasoby energii geotermalnej w województwie podlaskim

Jak wynika z rysunku 1 województwo podlaskie pozbawione jest znaczących zasobów energii geotermalnej. Na południu województwa zaznacza się wpływ okręgu podlaskiego o wydajności 16000 tpu/km² obejmującego zaledwie kilkanaście procent województwa. Natomiast krańce zachodnie obejmujące zaledwie kilka procent województwa znajdują się w zasięgu subbasenu grudziądzko-warszawskiego charakteryzującego się dużą wydajnością, osiągającą 168000 tpu/km². Krańce tego basenu charakteryzują się niestety znacznie niższą wydajnością niż średnia, a wartość uzyskiwanych tam temperatur nie jest zbyt wysoka.

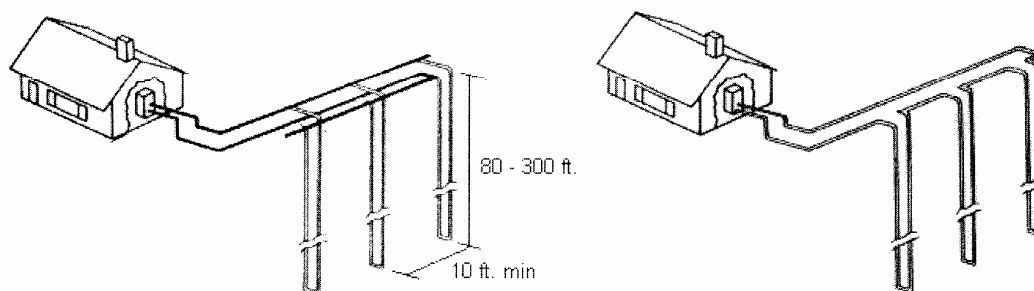


Województwo podlaskie pozwala jednak na wykorzystywanie zasobów energii geotermicznej, szczególnie jako źródła ciepła niskotemperaturowego w układach pomp ciepła i w tym kierunku powinien iść rozwój technologii i instalacji pozyskiwania ciepła wnętrza Ziemi na tym terenie.

Technologia wykorzystania energii geotermicznej jest w gruncie rzeczy bardzo prosta. Wykorzystując pompy ciepła pobieramy ciepło z gruntu w zimę żeby nas ogrzać, a latem możemy odwrócić proces i oddawać ciepło do gruntu aby chłodzić mieszkanie, ten drugi proces może być stosowany tylko w przypadku stosowania energii gruntu. Ponieważ temperatura gruntu kilka metrów w głąb powierzchni pozostaje stała, niezależna od pór roku, ok. 10 °C - jest to dużo mniej niż temperatura powietrza w lato i dużo więcej niż temperatura powietrza w zimę. Aby jednak można było tą energię wykorzystać potrzebne jest zastosowanie pompy ciepła.

Istnieje wiele różnych rozwiązań umożliwiających wykorzystanie energii geotermicznej. Do najczęściej stosowanych systemów wykorzystujących energię ciepłą gruntu lub wód gruntowych należą:

- Systemy zamknięte, w których układ rur, zazwyczaj z tworzywa sztucznego, wypełniony wodą lub specjalnymi niezamarzającymi płynami tworzy zamkniętą pętlę, zakopaną w gruncie, połączoną z pompą ciepła i układem wydzielania ciepła w mieszkaniu; czynnik roboczy krąży w zamkniętym obiegu; w systemie tym możemy wyróżnić układ poziomy - z rurami ułożonymi poziomo, zajmującymi większą powierzchnię - tańszy jednak w realizacji o niższej jednak sprawności, nadający się do małych budynków mieszkalnych oraz układ pionowy stosowany w przypadku braku miejsca na układ poziomy, droższy w ułożeniu, lecz bezpieczniejszy w eksploatacji. Układy te przedstawione są na rysunku 2.



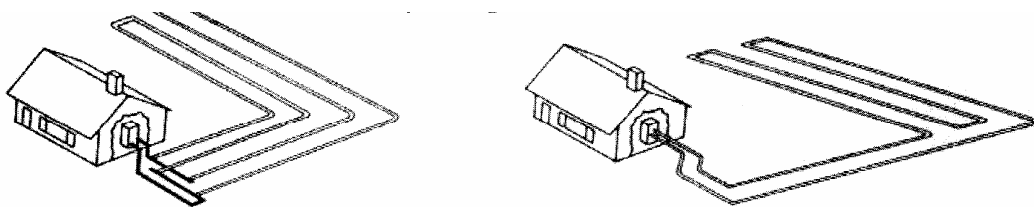
Rys. 2. Układy pionowe wykorzystujące energię geotermiczną



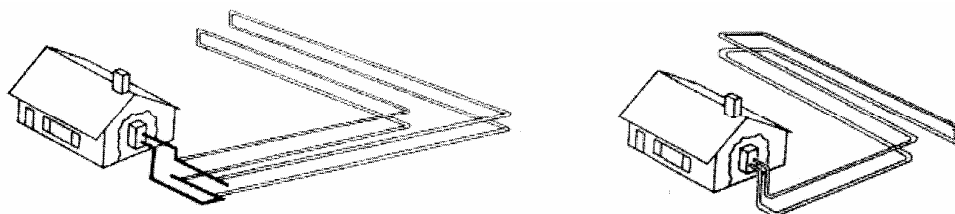
Coraz więcej firm w Polsce podejmuje się kompleksowego opracowania projektów i wykonania instalacji wykorzystujących energię geotermiczną w oparciu o pompę ciepła. Instalacje takie nie są zbyt drogie, dlatego znajdują szerokie zainteresowanie indywidualnych użytkowników.

Na rysunku 3 pokazane są dwa możliwe systemy ułożenia rur w systemie poziomym „jedna obok drugiej” – tzn. rury są ułożone poziomo w pętli. Na rysunku mamy przedstawiony układ szeregowy równoległy. Maksymalna średnica rur wynosi $\frac{3}{4}$ ” do 1” , długość pętli – 150m.

Kolejną możliwością jest układ poziomy z rurami „jedna nad drugą” również w formie równoległej jak i szeregowej przedstawiony na rysunku 4. Daje on lepsze wykorzystanie powierzchni, lecz zmusza do wykonania głębszych rowów – ponieważ również górna rura musi znajdować się poniżej poziomu przemarzania gruntu – a odległość między rurami, zarówno w układzie „jedna obok drugiej” jak i „jedna nad drugą” powinna być większa niż 1,25m.



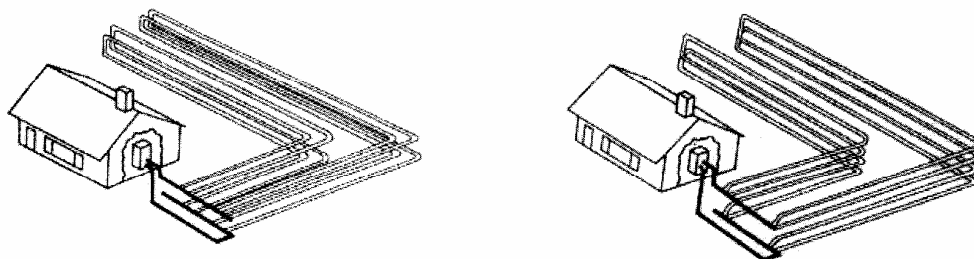
Rys. 3. Układy poziome wykorzystujące energię geotermiczną



Rys. 4. Układy poziome z rurami „jedna nad drugą” do wykorzystania energii geotermicznej



W celu jeszcze lepszego wykorzystania ciepła gruntu stosuje się układy przedstawione na rysunku 5, z czterema rurami w dwóch wariantach.



Rys. 5. Układ czterech rur na rów w dwóch wariantach.

- Układ zamknięty, w którym jednak pobierane jest ciepło wody z dna rzeki lub jeziora. Tak jak na rysunku 3 lecz rury ułożone są na dnie rzeki lub jeziora.

- Układ otwarty, w którym woda gruntowa lub woda ze źródła termalnego pobierana z ziemi przepływa przez pompę ciepła, oddając swoją energię, a następnie jest wylewana na zewnątrz; system ten wymaga jednak zarówno źródła wody gruntowej jak i zbiornika na wodę wykorzystaną; jeżeli zbiornikiem będzie jakiś zbiornik wody powierzchniowej, to pojawiają się wątpliwości natury ekologicznej, związane z lokalnym obniżeniem poziomu wód gruntowych i wzrostem zasolenie wód powierzchniowych - chyba, że wykorzystana woda będzie wtłaczana z powrotem w to samo miejsce z którego była pobrana.

- Systemy z wykorzystaniem wód powierzchniowych. Systemy te wymagają blisko położonego zbiornika wodnego, w którym umieszczony jest wymiennik, przekazujący ciepło do pompy ciepła. W ten sposób wykorzystywana jest stała temperatura wody. W przeciwieństwie do systemów wykorzystujących ciepło z wód gruntowych, systemy te nie potrzebują kosztownych odwiertów.

Pompy ciepła znajdują zastosowanie w systemach:

- ogrzewania podłogowego
- podgrzewania ciepłej wody użytkowej
- klimatyzacji
- podgrzewania wody basenowej,
- innych zastosowań do celów komunalnych.



Literatura:

1. Bujakowski W., 2003 – Energia geotermalna – przegląd polskich doświadczeń. Systemy energetyczne wykorzystujące czyste, odnawialne źródła energii na przykładzie energii geotermalnej: s. 97 – 108. Kraków.
2. Chowaniec J. 2003 – Wody podziemne niecki podhalańskiej. Współczesne problemy hydrogeologii. Tom XI, cz. 1: s. 45 – 53. Gdańsk.
3. Chowaniec J. 2003a – Wody mineralne uzdrowisk województwa podkarpackiego. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia. Zeszyt 4: s. 23 – 32. PAN IGSMiE. Kraków.
4. Ciechanowicz W., Szczukowski S., 2006 – Paliwa i energia XXI wieku szansą rozwoju wsi i miast. Oficyna Wyd. WIT, Warszawa.
5. Górecki W., - red., 1990 – Atlas wód geotermalnych Nizżu Polskiego. Kraków. Dowgiałło J., Karski A., Potocki I., 1969 – Geologia surowców balneologicznych. Wyd. Geol. Warszawa.
6. Karnkowski P., Jastrząb M., 1994 - Wody geotermalne w depresji stryżowskiej Karpat. Przegl. Geol. vol. 42 nr 2, p. 121 - 123. Warszawa.
7. Kępińska B., Łowczowska A., 2002 – Wody geotermalne w lecznictwie, rekreacji i turystyce. Studia, Rozprawy, Monografie 113: s. 1 – 78. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków.
8. Lewandowski W. M., 2002 – Proekologiczne źródła energii odnawialnej. WNT Warszawa.
9. Majorowicz J., 1971 – Przebieg wartości stopnia geotermicznego w Polsce w przedziale głębokości 200 – 2500 m. Kwart. Geol., t. 15, nr 4.
10. Pazdro Z., Kozerski B., 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol. Warszawa. Stenz E., 1954 – Wstęp do geofizyki. Warszawa.
11. Wiśniewski G., 2001 – Dylematy wdrażania krajowej strategii rozwoju energii odnawialnej. Konferencja „Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku. IBMER Warszawa, s. 42-49.
12. Zimny J., 2001 – Polska samowystarczalna energetycznie?, Rynek Instalacji, Nr 11, s. 61-64.

