

Instalacja geotermalna w Pyrzycach jako przykład pozyskiwania czystej i odnawialnej energii w ciepłownictwie oraz wód termalnych do balneologii i rekreacji

Henryk Biernat¹, Stanisław Kulik², Bogdan Noga³



H. Biernat

S. Kulik

B. Noga

Geothermal heating plant in Pyrzyce (NW Poland) as an example of sourcing of thermal energy and waters for balneology and recreation.
Prz. Geol., 58: 712–716.

A b s t r a c t. Thermal waters (61°C) occurring in the Lower Jurassic reservoirs in the Pyrzyce region (approx. 1600 m b.s.l.) are used mainly in heating plant and their chemical composition allow to apply them in balneology and recreation. In the summer time in the Pyrzyce plant only the geothermal waters are used. In the autumn-winter season, when higher temperatures of water for municipal network are needed, the system is supported by absorption heat pumps. Usage of geothermal waters in the Pyrzyce municipal heat system eliminated small carbon boilers and reduced considerable emission of harmful substance to atmosphere.

Keywords: geothermal energy, Gorzów Block, NW Poland

Gmina Pyrzyce leży na Równinie Pyrzycko-Stargardzkiej i należy, wg podziału fizyczno-geograficznego Polski, do mezoregionu Pobrzeża Szczecińskiego (Kondracki, 1998), które jest jednym z makroregionów Pobrzeża Południowobałtyckiego. Równina Pyrzycko-Stargardzka rozpościera się wokół Jeziora Miedwie i zbudowana jest z gliny morenowej zlodowacenia wisły i iłów jeziornych. Morfologia terenu charakteryzuje się słabym zróżnicowaniem form powierzchniowych. Najbliższe okolice tworzą równinę opadającą na północny wschód ku dolinie Płoni, łączącej jeziora Płoń i Miedwie.

Ciepłownia geotermalna w Pyrzycach (ryc. 1 i 2) została uruchomiona w czerwcu 1997 r. Proces technologiczny w *Geotermii Pyrzyce* polega na wydobywaniu gorącej solanki, przetłoczeniu jej przez wymienniki ciepła i ponownym zatłoczeniu do górotworu (Meyer & Sobański, 1993). Otwory geotermalne zostały zaprojektowane w taki sposób, aby przez 30 lat eksploatacji złoża nie wystąpił wyraźny spadek temperatury wydobywanej wody termalnej. W wymienniku woda termalna o temperaturze początkowej 61°C oddaje swoją energię sieciowej wodzie grzejnej i ponownie wędruje na głębokość 1640 m – schłodzona do temperatury ok. 35°C. Woda termalna jest wydobywana za pomocą dwóch otworów eksploatacyjnych Pyrzyce GT-1 oraz GT-3, a utylizowana jest przy wykorzystaniu otworów załaczających Pyrzyce GT-2 i GT-4.

Możliwości wykorzystania ciepła wód termalnych zależą przede wszystkim od temperatury wydobytej wody. Wyróżnić można dwa główne cele eksploatacji energii geotermalnej. Z jednej strony jest to wykorzystanie wody termalnej o odpowiednio wysokiej temperaturze i ciśnieniu do wykonania pracy w turbinie napędzającej generator energii elektrycznej, z drugiej – bezpośrednio wykorzystania

nie złożów nisko- i średniotemperaturowych głównie w ciepłownictwie (wody o temperaturze powyżej 50°C), ale także do celów rekreacyjnych, leczniczych i balneologicznych (wody o temperaturze poniżej 50°C).

W balneologii i rekreacji wykorzystane mogą być wody o określonym stopniu zmineralizowania i składzie chemicznym oraz o odpowiedniej temperaturze (Latour, 2007). Klasyfikacje termalnych wód mineralnych zaprezentowano w tabelach 1 i 2.



Ryc. 1. Ciepłownia geotermalna w Pyrzycach. Fot. B. Noga
Fig. 1. Pyrzyce geothermal heat-generating plant. Photo by B. Noga

Tab. 1. Klasyfikacja termalnych wód mineralnych wg Paczyńskiego i Płochniewskiego (1996)

Table 1. Classification of thermal waters by mineralization (after Paczyński & Płochniewski, 1966)

Basen Bath	Temperatura Temperature [°C]	Mineralizacja Mineralization [g/dm ³]
rekreacyjny recreation purposes	24–30°C	≤ 35
rekreacyjno-leczniczy recreation & balneological purposes	28–32°C	≤ 35–40
leczniczy balneological purposes	28–37°C	< 50

¹Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., ul. Berezyńska 39, 03-908 Warszawa; biernat@polgeol.pl

²Geotermia Pyrzyce Sp. z o.o., ul. Ciepłownicza 27, 74-200 Pyrzyce; skulik@inet.pl

³Politechnika Radomska, Instytut Mechaniki Stosowanej i Energetyki, ul. Krasickiego 54, 26-600 Radom; b.noga@pr.radom.pl

Tab. 2. Klasyfikacja termalnych wód mineralnych wg Góreckiego (2006)

Table 2. Classification of thermal waters by mineralization (after Górecki, 2006)

Basen Bath	Temperatura Temperature [°C]	Mineralizacja Mineralization [g/dm ³]
rekreacyjny recreation purposes	24–30°C	≤ 35
rekreacyjno- lecniczy recreation & balneological purposes	28–32°C	≤ 40
lecniczy balneological purposes	28–42°C	< 60

W lecznictwie uzdrowiskowym stosuje się natomiast poniższy podział:

- ❑ woda hipotermalna o temperaturze > 20°C i ≤ 35°C,
- ❑ woda homeotermalna o temperaturze > 35°C i ≤ 40°C,
- ❑ woda hipertermalna o temperaturze > 40°C.

Warunki hydrogeologiczne

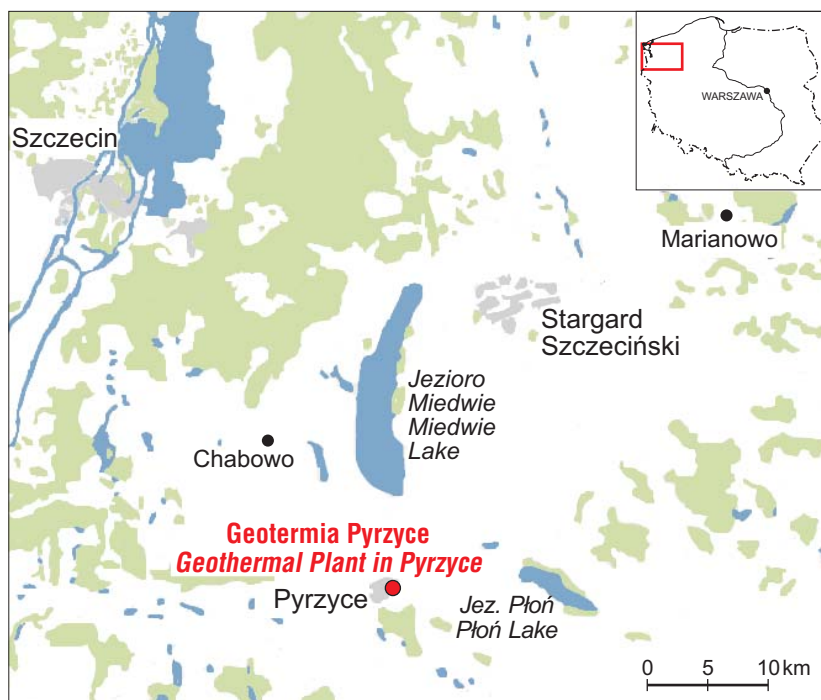
Gmina Pyrzyce usytuowana jest na obszarze synklinorium szczecińskiego. Dzieli się na dwie mniejsze jednostki – nieckę szczecińską i blok Gorzowa (Jaskowiak-Schoeneichowa, 1979). Granica między nimi tworzy głęboką strefę dyslokacji Pyrzyce-Krzyż, oddzielającą otwory GT-1, GT-3 i GT-4 zlokalizowane na bloku Gorzowa od otworu chłonnego GT-2 usytuowanego w niecce szczecińskiej (Biernat i in., 2010).

Budowa geologiczna tego obszaru charakteryzuje się korzystnymi warunkami litologiczno-facjalnymi i hydrogeologicznymi dla występowania wód geotermalnych. Najkorzystniejszymi parametrami złożowymi w tym rejonie charakteryzują się utwory jury dolnej (Sokołowski, 1993; Kępińska, 2003; Górecki, 2006; Parecki & Biernat, 2007; Biernat i in., 2009; Sowizdżał, 2010).

W otworach geotermalnych w Pyrzycach – w utworach warstw mechowskich – wyznaczono dwa podstawowe poziomy o najlepszych właściwościach zbiornikowych i oznaczono jako poziom dolny i poziom górny (Biernat i in., 2010).

Dolny poziom zbiornikowy budują piaskowce kwarcowe średnioziarniste, podrzędnie gruboziarniste, o spoiwie ilastym, barwy jasnoszarej, szarej, czasami szaro-beżowej. Obserwuje się w nich dużą zawartość detrytusu roślinnego, podrzędnie występują drobne wkładki lub laminy ciemnoszarego mułowca. Piaskowce tego poziomu charakteryzują się dobrymi parametrami hydrogeologicznymi.

Górny poziom zbiornikowy stanowią piaskowce kwarcowe drobnoziarniste – mułowcowe, podrzędnie średnioziarniste, o spoiwie ilastym, barwy jasnoszarej. Często w piaskowcach występują wkładki ciemnoszarych iłowców lub mułowców. Porowatość w piaskowcach tego poziomu dochodzi do 30%, a przepuszczalność do 13000 mD (otwór GT-1).



Ryc. 2. Lokalizacja Ciepłowni Geotermalnej w Pyrzycach
Fig. 2. Location of Geothermal Plant in Pyrzyce

W otworach GT-1 i GT-3 zafiltrowano oba poziomy zbiornikowe oraz warstwy piaskowców leżące między nimi, w otworze GT-4 – górny poziom zbiornikowy oraz miąższy pakiet piaskowców zalegający między wyznaczonymi podstawowymi poziomami zbiornikowymi, a w otworze GT-2 – tylko górny poziom zbiornikowy oraz wyżej leżące piaskowce warstw radowskich.

Różnice w zafiltrowaniu otworów spowodowane były dużą zmiennością głębokości zalegania i wykształcenia litologiczno-facjalnego poziomów wodonośnych.

Porównując parametry hydrogeologiczne warstw mechowskich (czyli górnego i dolnego poziomu zbiornikowego) w rejonie Pyrzyc z innymi miejscami ich występowania, można stwierdzić, że są one bardzo dobre. Poziom dolny ma najlepsze parametry w rejonie Pyrzyc i Marianowa, a nieznacznie gorsze – na strukturze Chabowa. W obrębie poziomu górnego najlepsze parametry hydrogeologiczne mają skały zbiornikowe w okolicy Pyrzyc i na strukturze Marianowa (nie osiągają jednak wartości z rejonu Pyrzyc). Na strukturze Chabowa, podobnie jak w poziomie dolnym, są niewiele gorsze (Biernat i in., 2010).

System geotermalny w Pyrzycach

Na początku lat 90. ubiegłego wieku w Pyrzycach rozważano możliwość budowy nowoczesnej ciepłowni miejscowej, która miała zastąpić 68 małych kotłowni lokalnych, spalających rocznie ok. 38 tys. ton węgla. Chciano zainwestować w system bardziej przyjazny środowisku – tym bardziej, że Pyrzyce leżą w strefie ochronnej Jeziora Miedwie, stanowiącego zbiornik wody pitnej dla Szczecina (Oniszk-Popławska i in., 2003; Nowak i in., 2008).

Budowę ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach rozpoczęto w 1992 r. Projekt został zainicjowany przez gminę Pyrzyce, a jego realizacja była kontynuowana przez spółkę *Geotermia Pyrzyce*. Ciepłownię uruchomiono w 1997 r.

jako pierwszy tego typu zakład przemysłowy w Polsce (Meyer, 1994, 1996).

Proces technologiczny w ciepłowni w Pyrzycach polega na wydobyciu za pomocą dwóch otworów eksploatacyjnych, Pyrzyce GT-1 i GT-3, wody termalnej o temperaturze 61°C, za pomocą pomp eksploatacyjno-chłonnnych i przepompowaniu jej do hali ciepłowni (ryc. 3). Maksymalna wydajność jednego otworu eksploatacyjnego wynosi 170 m³/h, zaś wydajność pomp eksploatacyjno-chłonnnych jest zmienna, dlatego ilość wydobywanej wody termalnej jest dostosowywana do aktualnych potrzeb ciepłowni.

W budynku ciepłowni woda termalna po przepompowaniu przez zespół filtrów workowych trafia na dwa niskotemperaturowe wymienniki ciepła i oddaje swoją energię uzdatnionej wodzie sieciowej, krążącej w zamkniętym systemie centralnego ogrzewania. Ze względu na wysoką mineralizację, wynoszącą 120 g/dm³, wydobyta woda po oddaniu energii cieplnej musi zostać ponownie zatłoczona do górotworu. Do tego celu w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach służą dwa otwory zatłaczające – Pyrzyce GT-2 i GT-4. Podstawową zasadą działania dubletu geotermalnego jest zapewnienie ciągłości przepływu między otworem eksploatacyjnym a otworem zatłaczającym, wynikające z konieczności wtłaczania w tym samym czasie wydobytej wody ze złoża (Kujawa i in., 2003).

Jeden z niskotemperaturowych wymienników geotermalnych o mocy 7,2 MW służy do bezpośredniej wymiany ciepła między wodą termalną a wodą sieciową systemu centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Drugi wymiennik ciepła o mocy 5,6 MW współpracuje z dwoma absorpcyjnymi pompami ciepła – każda z nich może osiągnąć 10 MW mocy cieplnej (ryc. 4). Pompa ciepła jest właściwie jedynym urządzeniem umożliwiającym wykorzystanie niskotemperaturowych źródeł energii. Jej podstawowa rola polega na pobieraniu ciepła ze źródła o niższej temperaturze (ciepło pochodzące ze środowiska naturalnego) i przekazywaniu go do źródła o temperaturze wyższej (ciepło grzewcze). Aby proces ten był możliwy, konieczne jest dostarczenie energii z zewnątrz. Na użyteczną energię cieplną (ciepło grzewcze) tych urządzeń składa się ilość ciepła pobrana ze środowiska naturalnego i ilość ciepła odpowiadająca energii doprowadzonej do ich napędu. Absorpcyjne pompy ciepła nie mają części ruchomych (z wyjątkiem pomp cieczy), co zwiększa ich niezawodność. W pyrzyckim systemie ciepłowniczym zastosowane są bromolitowe pompy ciepła, wyprodukowane przez firmę SANYO – światowego lidera w produkcji absorpcyjnych urządzeń grzewczych dużej mocy. Do napędu tych urządzeń mogą być wykorzystywane produkty spalania gazu lub oleju oraz para.

Pompy ciepła w ciepłowni w Pyrzycach pracują jesienią, zimą i wiosną – czyli wtedy, gdy temperatura powracającej wody sieciowej jest wyższa od temperatury wydobywanej wody termalnej. Absorpcyjne pompy ciepła napędzane są gorącą wodą o temperaturze 160°C, wytwarzaną w dwóch wysokotemperaturowych kotłach gazowych o mocy 8 MW. Każdy z kotłów wysokotemperaturowych wyposażony jest w jednomegawatowy ekonomizer, odzyskujący ciepło pochodzące ze spalin. Dwa niskotemperaturowe kotły gazowe stanowią szczytowe źródło ciepła o łącznej mocy 20 MW. Jest ono uruchamiane wyłącznie zimą podczas dużych mrozów. Uproszczony sche-

mat instalacji geotermalnej w Pyrzycach przedstawiono na rycinie 5.

Miejska sieć ciepłownicza o długości ok. 15 km wykonana jest w całości z rur preizolowanych, co zapewnia dużą efektywność przesyłania energii cieplnej do odbiorców. Temperatury zasilania wody sieciowej wahają się od 60°C latem do 95°C zimą, natomiast temperatury wody powracającej z sieci miejskiej latem wynoszą ok. 45°C, a zimą – 40°C.

Całkowita moc zainstalowana w ciepłowni w Pyrzycach wynosi 50 MW, z czego moc cieplna instalacji geotermalnej wynosi 12,8 MW. Ciepło odebrane wodzie termalnej średnio stanowi ok. 54% rzeczywistego zapotrzebowania miasta na energię cieplną (ryc. 6) (Kulik, 2007). Dodatkowo, dzięki użytkowaniu ciepłowni geotermalnej zmniejszono emisje: dwutlenku siarki o 100%, dwutlenku węgla (28-krotnie) i tlenków azotu (ponad 34-krotnie). Efekt ekologiczny w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach przedstawiony jest w tabeli 3.

Podsumowanie

Z obserwacji pracy ciepłowni wynika, że aby poprawić opłacalność jej funkcjonowania, wskazane jest kompleksowe zagospodarowanie energii geotermalnej, najlepiej w systemach kaskadowego schładzania wody (Kabat & Sobański, 2001). Konieczną czynnością, która poprawi efek-



Ryc. 3. Hala ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach. Fot. B. Noga
Fig. 3. Hall of the Pyrzyce geothermal heating plant. Photo by B. Noga



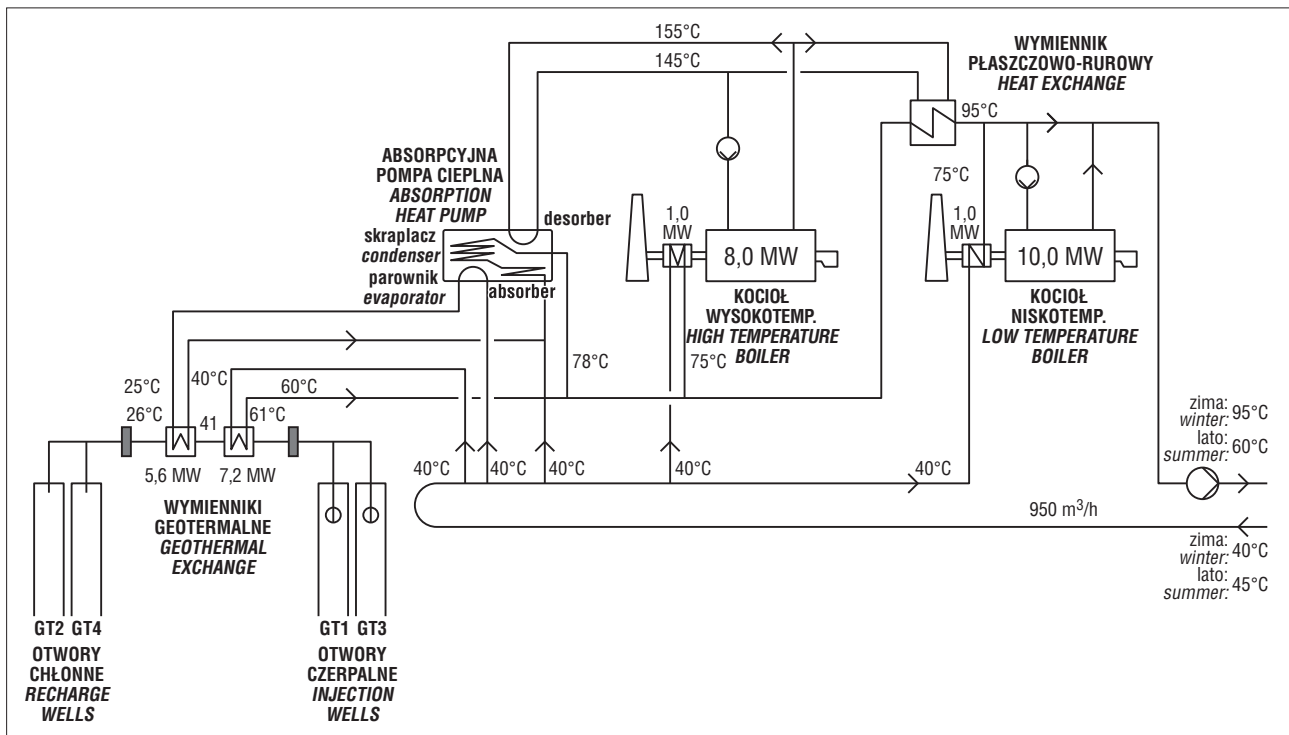
Ryc. 4. Widok na dwie absorpcyjne pompy ciepła. Fot. S. Kulik
Fig. 4. View of two absorption heat pumps. Photo by S. Kulik

tywność wykorzystania ciepła geotermalnego, będzie również modernizacja już istniejących, starych węzłów ciepłowniczych w budynkach odbierających ciepło. W przypadku innych ciepłowni geotermalnych bardzo korzystnie na efektywne wykorzystanie geotermalnej energii cieplnej wpływają kompleksy balneologiczno-rekreacyjne z basenami wewnętrznymi i zewnętrznymi o zróżnicowanej temperaturze wody basenowej. Rozwiązania te pozwalają na zdecydowane obniżenie temperatury wody termalnej złączanej do górotworu – zarówno zimą, jak i latem. Nie jest tajemnicą, że na uzyskaną geotermalną moc cieplną, dla danej temperatury i danego strumienia objętościowego wydobywanej wody termalnej, w sposób istotny wpływa temperatura wody sieciowej powrotnej, przy czym powinna ona być możliwie niska. Przy pełnym wykorzystaniu

możliwości eksploatacyjnych wody termalnej ($2 \times 170 \text{ m}^3/\text{h}$) i przy założeniu, że temperatura wody sieciowej powrotnej jest na poziomie 35°C , w ciepłowni w Pyrzycach można byłoby uzyskać ok. 9,8 MW bezpośrednio z układu geotermalnego (ryc. 7).

Do zasadniczych cech zasobów energii pozyskiwanej z wód termalnych, decydujących o atrakcyjności ich wykorzystania, można zaliczyć:

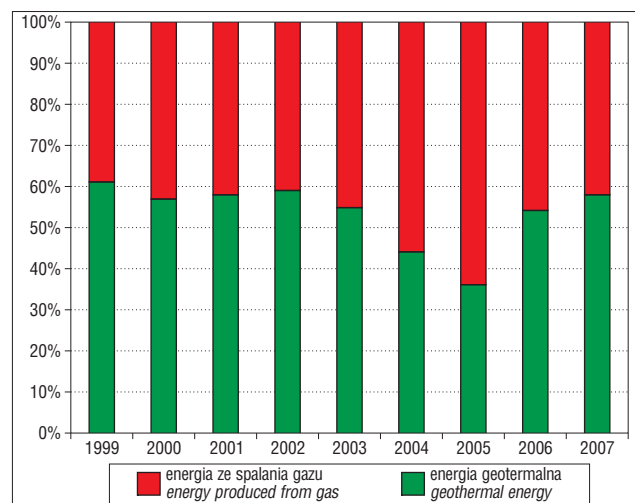
- praktycznie pełną odnawialność,
- możliwość użytkowania bez zagrożenia środowiska naturalnego,
- niezależność od zmiennych warunków klimatycznych i pogodowych,
- możliwość budowy instalacji osiągających znaczne moce cieplne,



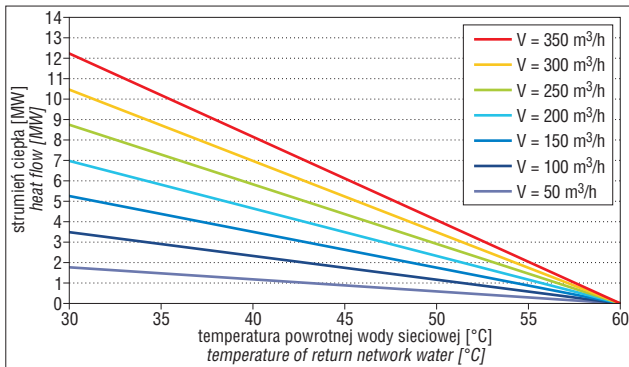
↑
Ryc. 5. Uproszczony schemat instalacji geotermalnej w Pyrzycach
Fig. 5. Simplified heating system in the Pyrzyce geothermal plant

Tab. 3. Efekt ekologiczny ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach
Table 3. Ecological effect of the Pyrzyce geothermal heating plant

Rodzaj zanieczyszczeń Kind of pollutions [t/rok] [t/year]	Przed uruchomieniem ciepłowni Before starting the geothermal heating plant	Obecnie Present	Efekt ekologiczny Ecological effect [t/rok] [t/year]
NO	263	7,57	255,43
SO ₂	1 158	0	1 158
CO	2 760	0,43	2 759,57
CO ₂	85 938	3 096	82 844
Popioły lotne Volatile ashes	241	0,02	240,98



Ryc. 6. Udział procentowy energii wytwarzanej z gazu i układu geotermalnego w latach 1999–2007
Fig. 6. Proportional part of energy produced from gas and geothermal arrangement in years 1999–2007



Ryc. 7. Możliwości pozyskiwania energii geotermalnej przy różnych wydajnościach eksploatacyjnych wody termalnej i temperaturach powrotnej wody sieciowej

Fig. 7. Possibilities of geothermal energy sourcing by various exploitation efficiencies of thermal water and the temperatures of return network water



Ryc. 8. Makieta małej tężni solankowej w Pyrzycach. Fot. S. Kulik
Fig. 8. Model of small salt graduation tower in Pyrzyce. Photo by S. Kulik

- wzrost cen konwencjonalnych nośników energii nie ma wpływu (lub ma wpływ minimalny) na wahania cen energii otrzymywanej z wód geotermalnych.

Pyrzycka ciepłownia jest przykładem instalacji o dużych perspektywach w dziedzinie nie tylko dostarczania na lokalny rynek odbiorców energii cieplnej i ciepłej wody użytkowej, ale i wykorzystania solanki, wykazującej potwierdzone działanie lecznicze, w systemach basenów balneologicznych i minitężni solankowej, której makietę przedstawiono na rycinie 8.

Ponadto, w sytuacji niestabilnych cen paliw konwencjonalnych, znaczna niezależność geotermii skutkuje rosnącym zainteresowaniem podłączeniem osiedli domów

jednorodzinnych do systemu ciepłowniczego *Geotermii Pyrzyce*. Strategia spółki zakłada przyłączenie do 2014 r. budynków jednorodzinnych i odbiorców instytucjonalnych tam, gdzie względy techniczne i ekonomiczne pozwolą na wykonanie ciepłociągów i przyłączy.

Literatura

- BIERNAT H., KULIK S. & NOGA B. 2009 – Możliwości pozyskiwania energii odnawialnej i problemy związane z eksploatacją ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. *Prz. Geol.*, 57: 655–656.
- BIERNAT H., MARTYKA P., NOGA B. & SALETOWICZ G. 2010 – Projekt prac geologicznych zmierzających do poprawy chłonności warstwy złożowej poprzez wykonanie zabiegów intensyfikacji i dozowania preparatów kondycjonujących dla otworów geotermalnych „Geotermii Pyrzyce”. *Arch. Przedsiębiorstwa Geologicznego POLGEOL*, Warszawa.
- GÓRECKI W. (red.) 2006 – Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. AGH, Kraków.
- JASKOWIAK-SCHOENECHOWA M. (red.) 1979 – Budowa geologiczna niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 96.
- KABAT M. & SOBAŃSKI R. 2001 – Wykorzystanie niskotemperaturowych źródeł geotermalnych do celów grzewczych i rekreacji. *Proceedings of International Scientific Conference „Geothermal Energy in Underground Mines”*. Ustroń, 21–23.11.2001.
- KĘPIŃSKA B. 2003 – Current geothermal activities and prospects in Poland – an overview. *Geothermics*, 32: 397–407.
- KONDRACKI J. 1998 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- KUJAWA T., NOWAK W. & STACHEL A. 2003 – Heat-flow characteristics of one-hole and two-hole systems for winning geothermal heat. *Applied Energy*, 74: 21–31.
- KULIK S. 2007 – Ciepłowniczy zakład geotermalny w Pyrzycach: doświadczenia, wybrane aspekty pracy, perspektywy. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 240: 117–122.
- LATOUR T. 2007 – Aktualny stan i dalsze możliwości wykorzystania w Polsce wód termalnych do celów leczniczych, profilaktycznych oraz rekreacji. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 240: 63–67.
- MEYER Z. & SOBAŃSKI R. 1993 – The first Polish geothermal district heating plant in Pyrzyce. *International Seminar on Environmental protection by the use of geothermal energy jointly with Third Meeting of the Forum of the European Branch of the IGA*. Zakopane, 13–18.09.1993.
- MEYER Z. 1994 – O miejskim geotermalnym systemie grzewczym w Pyrzycach. *Inżynieria i Budownictwo*, 50: 235–236.
- MEYER Z. 1996 – Geothermal plant Pyrzyce – concept of utilizing of geothermal heat in the Pommerania. *International Seminar District heating system in Pyrzyce – practical implementation of geothermal energy in Poland*. Szczecin.
- NOWAK W., STACHEL A. & BORSUKIEWICZ-GOZDUR A. 2008 – Zastosowania odnawialnych źródeł energii. *Politechnika Szczecińska, Szczecin*.
- ONISZK-POPLAWSKA A., ZOWSIK M. & ROGULSKA M. 2003 – Ciepło z wnętrza ziemi. Podstawowe informacje na temat wykorzystania energii geotermalnej. *Europejskie Centrum Energii Odnawialnej, Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa-Gdańsk*.
- PARECKI A. & BIERNAT H. 2007 – Próba rozwiązania problemów towarzyszących eksploatacji ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, 240: 107–109.
- SOWIŹDZAŁA A. 2010 – Perspektywy wykorzystania zasobów termalnych jury dolnej z regionu niecki szczecińskiej (północno-zachodnia Polska) w ciepłownictwie, balneologii i rekreacji. *Prz. Geol.*, 58: 613–621.
- SOKOŁOWSKI J. 1993 – Zasoby geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania w ochronie środowiska przyrodniczego. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia*, 5–6: 67–80.

Praca wpłynęła do redakcji 30.06.2010 r.

Po recenzji akceptowano do druku 5.07.2010 r.