

Wstępne studium techniczno-ekonomiczne
wykorzystania wód termalnych

PIASECZNO



PAŃSTWOWY
INSTYTUT
GEOLOGICZNY



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Program Geologii Złożowej i Gospodarczej
Kierownik: Marcin Szuflicki

Skład autorski:

mgr inż. Bartłomiej Ciapała¹, mgr Izabella Gryszkiewicz², mgr inż. Marek Hajto¹,
dr inż. Michał Kaczmarczyk¹, mgr inż. Dorota Lasek-Woroszkiewicz², dr hab. inż. Leszek Pająk¹,
mgr Łukasz Smajdor², dr Mariusz Socha², dr hab. inż. Anna Sowizdzał¹, mgr Jadwiga Stożek²,
dr hab. inż. Barbara Tomaszewska¹, mgr inż. Agnieszka Wrzosek², mgr Ewa Zapora²

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków, al. Mickiewicza 30

²Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, ul. Rakowiecka 4

Redakcja i projekt typograficzny:

Anna Andraszek, Łukasz Borkowski, Agnieszka Byliniak, Monika Masiak

Projekt graficzny:

Monika Cyrklewicz

 Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



Warszawa, 2020



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

SPIS TREŚCI

1.	CHARAKTERYSTYKA MIASTA/GMINY	2
1.1.	LOKALIZACJA	2
1.2.	FIZJOGRAFIA	3
1.3.	WARUNKI HYDROGEOTERMALNE	3
2.	OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO	4
3.	KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ	6
3.1.	GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTU	7
3.2.	BILANS ENERGETYCZNY ANALIZOWANEGO ODBIORCY ENERGII	8
3.2.1.	ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA	8
3.2.2.	OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE	10
3.2.3.	WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – – SIEĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE	12
4.	WSTĘPNA OCENA FINANSOWA	15
4.1.	ZAŁOŻENIA DO WSTĘPNEJ OCENY FINANSOWEJ	15
4.2.	ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA	16
4.2.1.	NAKŁADY INWESTYCYJNE	16
4.2.2.	KOSZTY OPERACYJNE	16
4.2.3.	OCENA FINANSOWA	17
4.3.	OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE	17
4.3.1.	NAKŁADY INWESTYCYJNE	17
4.3.2.	KOSZTY OPERACYJNE	18
4.3.3.	OCENA FINANSOWA	18
4.4.	WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – SIEĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE	18
4.4.1.	NAKŁADY INWESTYCYJNE	18
4.4.2.	KOSZTY OPERACYJNE	19
4.4.3.	OCENA FINANSOWA	19
5.	STAN ŚRODOWISKA	20
6.	ODDZIAŁYWANIE PROJEKTU NA ŚRODOWISKO NATURALNE	21
7.	PROGNOZA STANU TERMODYNAMICZNEGO I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD TERMALNYCH	25
8.	WNIOSKI	27
9.	INICJATORZY / PROMOTORZY PROJEKTU	28

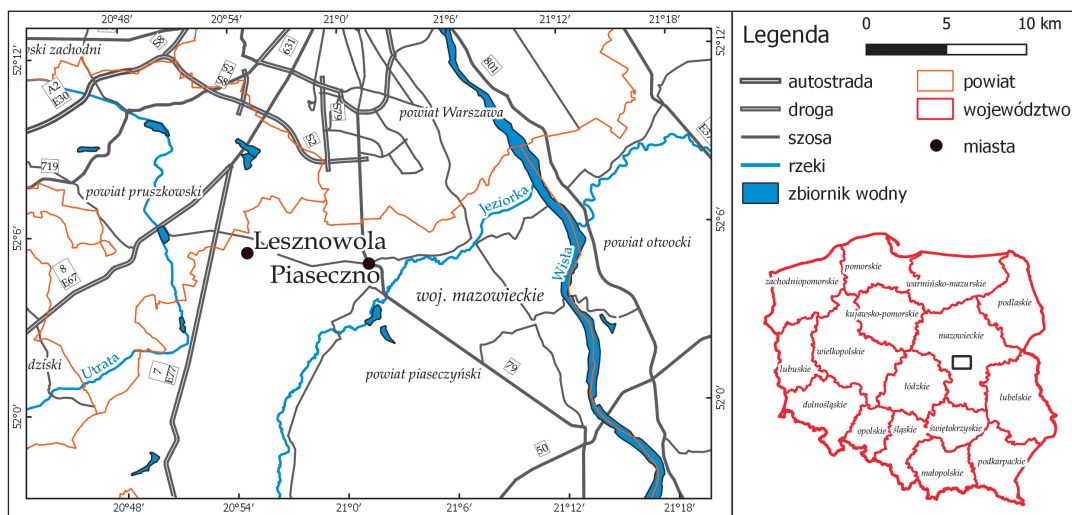
1 CHARAKTERYSTYKA MIASTA | GMINY

1.1.

LOKALIZACJA

Gmina miejsko-wiejska Piaseczno jest położona w centralnej części województwa mazowieckiego, w powiecie piaseczyńskim. Przez obszar gminy przebiega droga krajowa Warszawa–Bytom oraz drogi wojewódzkie: Nadarzyn–Piaseczno–Duchnow i Piaseczno–Prażmów–Grójec. Istotne znaczenie odgrywają również linia kolejowa Warszawa–Radom i bliskość południowej obwodnicy Warszawy oraz lotniska im. F. Chopina (10 km). Od północy gmina graniczy bezpośrednio z miastem stołecznym Warszawa i wraz z sąsiednimi gminami

(Konstancin-Jeziorna, Góra Kalwaria, Prażmów, Tarczyn, Lesznowola) wchodzi w skład aglomeracji warszawskiej. Powierzchnia gminy zajmuje obszar 128,3 km² i liczy ponad 82,5 tys. zameldowanych mieszkańców, co przekłada się na wysoką gęstość zaludnienia – 643 osoby/km². Powierzchnia Piaseczna wynosi 16,22 km², a liczba mieszkańców 47,09 tys. osób. Gmina podzielona jest na ponad 30 sołectw, w których działalność gospodarczą prowadzi około 15 tysięcy podmiotów gospodarczych. Lokalizację gminy Piaseczno na tle mapy podziału administracyjnego pokazano na rysunku 1.1.



Rysunek 1.1.
Lokalizacja gminy Piaseczno na tle mapy podziału administracyjnego



1.2.

FIZJOGRAFIA

Według podziału fizycznogeograficznego Polski (Kon-dracki, 2002) teren gminy jest położony w centralnej części Równiny Warszawskiej, która jest silnie zdenu-dowaną wysoczyzną lodowcową zbudowaną z osadów czwartorzędowych. Morfologicznie jest to obszar równinny o nieznacznych różnicach wysokości i wy-sokościach bezwzględnych 95–115 m n.p.m. Teren

1.3.

WARUNKI HYDROGEOTERMALNE

Piaseczno jest położone w obrębie niecki warszaw-skiej, będącej częścią synklinorium brzeżnego, dużej struktury tektonicznej ukształtowanej w obrębie me-zozoicznej pokrywy osadowej platformy wschodnio-europejskiej.

W profilu geologicznym zaznaczają się dwa potencjal-ne zbiorniki geotermalne: dolnojurajski oraz dolnokre-dowy. Ze względu na przewidywane parametry hydro-geotermalne większe znaczenie użytkowe ma zbiornik dolnojurajski. Jego strop zalega na głębokości 1 695 m p.p.t., spąg na 1885 m p.p.t. a miąższość całkowita zbiornika wynosi 190 m. Wody zbiornika dolnojuraj-skiego cechują się temperaturą rzędu 50°C oraz mine-ralizacją na poziomie 80 g/dm³. Potencjalna wydajność otworów w warstwie wodonośnej przyjmuje wartość około 130 m³/h.

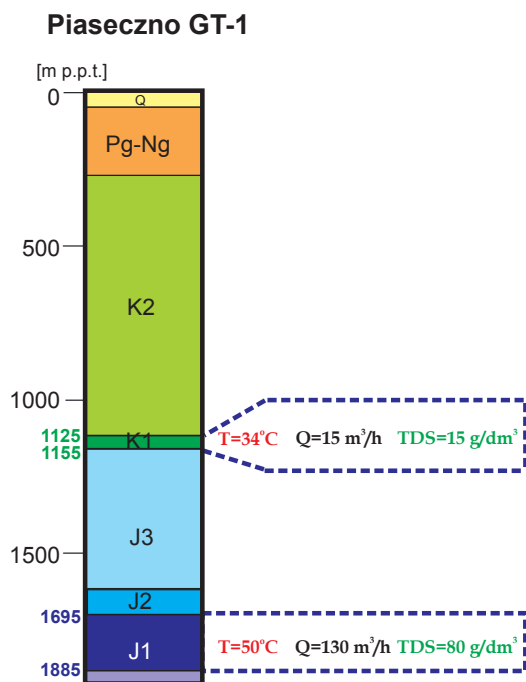
Płycej, na głębokości (strop) około 1125m p.p.t. (spąg 1155 m p.p.t) występuje dolnokredowy zbiornik geo-temalny. Jego miąższość wynosi ok.30 m. Tempera-tura w obrębie utworów wodonośnych wynosi ok. 34°C, a mineralizacja wód ok. 15 g/dm³. Potencjal-na wydajność otworów jest niska i kształtuje się na poziomie 15 m³/h.

W 2012 roku w Wólce Kozodawskiej powstał otwór geotermalny Piaseczno GT-1, o głębokości 1 911 m, dowiercający utwory retyku (trias górny) i udostępniający wody dolnojurajskiego zbiornika geotermalne-go w rejonie Piaseczna. W 2012 roku w Wólce Kozo-dawskiej powstał otwór geotermalny Piaseczno GT-1, o głębokości 1 911 m, dowiercający utwory retyku (trias górny) i udostępniający wody dolnojurajskiego zbiornika geotermalnego w rejonie Piaseczna (dane pochodzą z etapu prac terenowych).

Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Piaseczna przedstawiono na rysunku 1.2.

jest poprzecinany dolinami rzecznyymi Jeziorki, Czarnej i Utraty.

Pod względem tektonicznym analizowany rejon mieści się w obrębie platformy wschodnioeuropejskiej, w centralnej części synklinorium brzeżnego – w niecce warszawskiej. Jest to jednostka permsko-mezozoiczna, tworząca część pokrywy osadowej platformy prekambryjskiej, o najbar-dziej kompletnym profilu osadów permsko-mezozoicznych w całej niecce brzeżnej (Marek, 1982; Stupnicka, 2013).



Rysunek 1.2.
Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Piaseczna

2 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO

W gminie występuje sieć ciepłownicza. Z ciepła sieciowego korzysta 22 577 odbiorców indywidualnych. Liczba przedsiębiorców oraz obiektów użyteczności publicznej wpiętych do sieci nie jest znana. W Mieście i Gminie Piaseczno zaopatrzenie w ciepło odbywa się za pomocą:

- lokalnego systemu ciepłowniczego na terenie miasta Piaseczno;
- kotłowni indywidualnych i lokalnych (171 kotłowni o łącznej mocy znamionowej ok. 99,5 MW);

- źródeł indywidualnych (piece gazowe, węglowe i ogrzewanie elektryczne).

Operatorem sieci ciepłowniczej jest Przedsiębiorstwo Ciepłowniczo Usługowe Piaseczno Sp. z o.o.

Szacunkowe zapotrzebowanie na energię ciepłą, wraz z informacjami dotyczącymi stosowanego paliwa oraz struktury zapotrzebowania na ciepło dla Piaseczna przedstawiono w tabeli 2.1.

SYSTEM CIEPŁOWNICZY MIASTA	SCENTRALIZOWANY	100%
	ZDECENTRALIZOWANY	0%
Stosowane paliwo	gaz ziemny	
Szacunkowe zapotrzebowanie na ciepło dla poszczególnych grup budynków (bez domów jednorodzinnych)	<ul style="list-style-type: none">• budynki komunalne• budynki usługowe• budynki mieszkalne• przemysł	9,42 TJ/rok 54,13 TJ/rok 92,74 TJ/rok 9,89 TJ/rok
	razem w skali roku	166,18 TJ/rok
Uwagi: Opracowano na podstawie Planu Gospodarki Niskoemisyjnej (PGE) dla Miasta i Gminy Piaseczno, 2015, str. 46, tab. 13		

Tabela 2.1.
Szacunkowe zapotrzebowanie miasta na ciepło w Piasecznie

Podstawowe informacje dotyczące funkcjonujących źródeł energii ciepłej w rejonie miasta przedstawiono w tabeli 2.2.

NAZWA ŹRÓDŁA CIEPŁA	
Właściciel	Przedsiębiorstwo Ciepłowniczo Usługowe Piaseczno Sp. z o.o.
Moc cieplna źródła [MW]	34,6
Stosowane paliwo	gaz ziemny
Dostawy ciepła	c.o./c.w.u.*
Sieci ciepłownicze	12 km (własne)
Uwagi: Opracowano na podstawie danych udostępnionych przez Przedsiębiorstwo Ciepłowniczo Usługowe Piaseczno Sp. z o.o.	

*c.o. – centralne ogrzewanie; c.w.u. – ciepła woda użytkowa

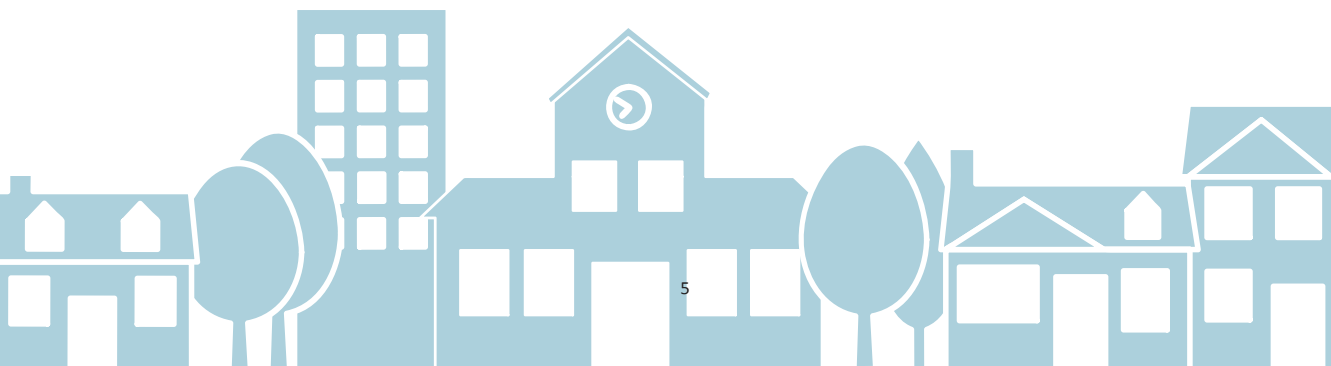
Tabela 2.2.
Charakterystyka wytwórców ciepła w Piasecznie

W gminie Piaseczno funkcjonuje sieć gazownicza. Na terenie gminy znajduje się gazociąg wysokiego ciśnienia. Stacje gazowe w miejscowości Piaseczno, Konstantin–Jeziorna, Sękocin o nieznannej wydajności zaopatrują odbiorców w gminie przez sieć gazowniczą średniego i/lub niskiego ciśnienia. W 2014 r. w gminie Piaseczno stopień gazyfikacji wynosił 96%, a zużycie gazu ziemnego wyniosło 614,3 m³/osobę.

Zaopatrzenie indywidualne obiektów w większości bazuje na paliwie gazowym i płynnym wykorzystywanym w kotłach i innych paleniskach. Inne źródła zaopatrzenia w ciepło, takie jak ogrzewanie elektryczne są wskazywane przez Plan Gospodarki Niskoemisyjnej w niewielkich ilościach. Główne parametry systemu dystrybucji ciepła w Piasecznie przedstawiono w tabeli 2.3.

WŁAŚCICIEL SYSTEMU DYSTRYBUCJI	PRZEDSIĘBIORSTWO CIEPŁOWNICZO USŁUGOWE PIASE CZNO SP. Z O.O.
Opłaty za energię cieplną (wytwarzanie)	41,63 [zł/GJ]
Opłaty za energię cieplną (przesył, opłata stała)	3 562,94 [zł/MW/miesiąc]
Opłaty za energię cieplną (przesył, opłata zmienna)	12,40 [zł/GJ]
Uwagi: Opracowano na podstawie taryfy dla ciepła PCU Piaseczno Sp. z o.o.	

Tabela 2.3.
Stawki opłat za wytworzenie i przesył ciepła w Piasecznie



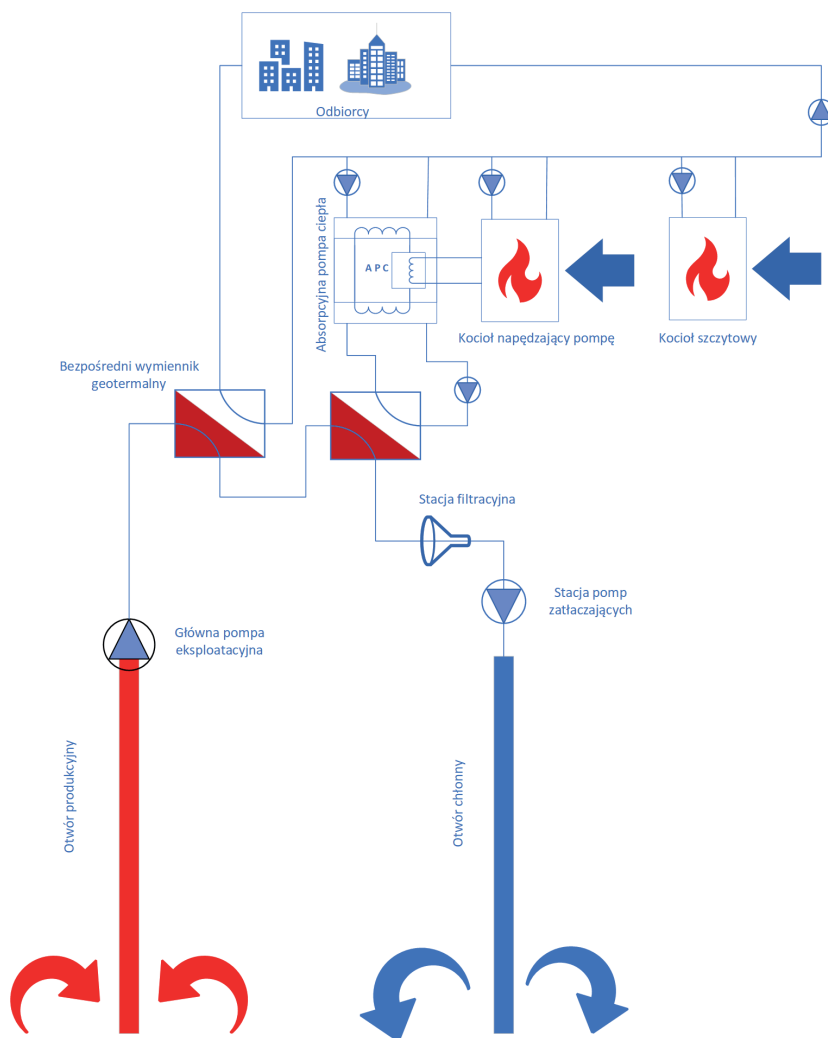
3

KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ

W kolejnych rozdziałach zestawiono główne parametry techniczne, ekonomiczne i ekologiczne cechujące analizowane grupy odbiorców w mieście Piaseczno. Koncepcja budowy ciepłowni geotermalnej wykorzystuje ogólny schemat technologiczny instalacji źródła energii przedstawiony na rysunku 3.1.

W Piasecznie jest dostęp do sieciowego gazu ziemnego, istnieje sieć ciepłownicza, rozważana jest również

rekonstrukcja istniejącego otworu. Schemat pracy źródła energii jest następujący: woda termalna jest wydobywana na powierzchnię otworem produkcyjnym, o głębokości stosownej do głębokości zalegania horyzontu wodonośnego. Wypływając ze strefy filtra otworu produkcyjnego woda termalna traci część zawartej w niej energii, co skutkuje tym, że temperatura na głowicy otworu produkcyjnego jest niższa od



Rysunek 3.1.

Ogólny schemat technologiczny geotermalnego źródła energii wykorzystującego zasoby geotermalne, absorpcyjne pompy ciepła i kotły wspomaganie szczytowego na sieciowy gaz ziemny dla Piaseczna

temperatury złożowej. Różnica między temperaturą w strefie złoża i na głowicy będzie tym mniejsza im większy będzie strumień pozyskiwanej wody geotermalnej, co uwzględniono w obliczeniach.

W procesie technologicznym woda termalna kierowana jest do instalacji źródła energii. Jeżeli jej temperatura na głowicy otworu jest wyższa od temperatury powrotu czynnika pośredniczącego w wymianie energii między źródłem a odbiorcą, to woda kierowana jest na bezpośredni geotermalny wymiennik ciepła (bezpośredni wymiennik geotermalny). Podgrzewa on wodę powrotną instalacji ciepłowniczej do możliwie wysokiej temperatury. Ten stopień odzysku energii z wód termalnych ma największą wartość, ponieważ pozyskana energia nie wymaga stosowania żadnych, poza wodą termalną, dodatkowych nośników. Następnie, jeżeli temperatura wody termalnej jest na tyle wysoka (powyżej 20°C), że może zostać wykorzystana jako źródło dolne dla absorpcyjnych pomp ciepła, to zawarta w wodzie energia jest w ten sposób zagospodarowywana. Warunkiem sugerującym konieczność wykorzystania pomp ciepła jest nieosiągnięcie przez wodę obiegu ciepłowniczego wymaganej temperatury zasilania odbiorcy (uwzględniając straty ciepła na przesyle). Granicę temperatury do której zakłada się ochładzanie wody termalnej w pompach ciepła stanowi temperatura 20°C.

Moc źródła dolnego możliwa do pozyskania limituje zatem moc pomp ciepła. Jeżeli w źródle energii nadal

istnieje deficyt mocy (gdy temperatura wody obiegu ciepłowniczego nadal nie osiągnęła temperatury wymaganej), to niezbędną część mocy dostarczają kotły wspomaganie szczytowego – zasilane gazem ziemnym typu E (dawniej GZ50). W ocenie konsumpcji nośników energii jest brana pod uwagę energia elektryczna, wykorzystywana do napędu pomp eksploatacyjnych i zatłaczających. Ilość zużywanej energii elektrycznej jest uzależniona od parametrów złożowych i strumienia eksploatowanej wody termalnej. W bilansie emisji globalnej jest brana również pod uwagę emisja związana ze zużywaną energią elektryczną.

3.1.

GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTU

Zgodnie z założeniami analizowano trzy warianty wykorzystania energii geotermalnej: (1) przez miejski system ciepłowniczy – w celach komunalnych, (2) w ośrodku balneo-rekreacyjnym (rekreacja) i (3) w kaskadzie wykorzystania zasobów geotermalnych. Największa moc przewidywana do osiągnięcia jest związana kaskadowym wykorzystaniem energii. Kaskada składa się z połączonych dwóch grup odbiorców, tzw. odbiorcy komunalnego i odbiorcy wykorzystującego zasoby geotermalne w obiekcie o charakterze balneo-rekreacyjnym. Przewidywane parametry ujęcia wód termalnych w Piasecznie przedstawiono w tabeli 3.1.

PARAMETR	WARTOŚĆ
Udostępniony poziom wodonośny	jura dolna
Liczba otworów	2
Głębokość otworu (dipola) ($\pm 10\%$)	1 890 m
Mineralizacja ogólna wody geotermalnej	80 g/dm ³
Temperatura wody w złożu / na wypływie	50/49°C
Potencjalna wydajność eksploatacyjna ujęcia	130 m ³ /h

Tabela 3.1.

Ważniejsze parametry eksploatacyjne źródła geotermalnego w Piasecznie

3.2.

BILANS ENERGETYCZNY ANALIZOWANEGO ODBIORCY ENERGII

Charakterystykę wykorzystania energii geotermalnej w celu zaspokojenia potrzeb analizowanych grup odbiorców przedstawiono w kolejnych rozdziałach. Zapotrzebowanie na energię pochodzącą z sieci ciepłowniczych zestawia tabela 2.1. Zapotrzebowanie na moc, na podstawie dostępnych danych jest oceniane na 24 MW.

3.2.1.

ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA

Temperatury robocze – projektowe sieci ciepłowniczej są typowe dla sieci o podobnych mocach przyłączeniowych i wynoszą 120/60°C zimą i 65/45°C latem. Doświadczenia krajowe z systemami ciepłowniczymi tego typu świadczą o tym, że temperatury robocze występują niezmiernie rzadko. Jest to między innymi wynikiem powszechnej termomodernizacji obiektów, która rzadko powiązana jest z urealnieniem parametrów przyłączeniowych.

Ocena kosztów wytwarzania energii dla parametrów 120/60°C skutkować będzie dłuższą pracą kotłów szczytowych, co niekoniecznie może mieć odzwierciedlenie w rzeczywistych warunkach pracy. Zaproponowano by rzeczywiste parametry użytkowe uległy korekcie do parametrów 110/50°C zimą i 65/30°C latem. Zdecydowano się na to mając na uwadze dostępne parametry wody termalnej (tab. 3.1) sugerujące konieczność wykorzystania pomp ciepła przez prawie cały rok pracy instalacji. Moc osiągnięta przez odbiorcę odpowiadałaby

mocy zamówionej i wynosiłaby ok. 24 MW. Bilans energetyczny geotermalnego systemu ciepłowniczego w Piasecznie przedstawiono w tabeli 3.2. Określona na podstawie mocy zainstalowanej w źródle roczna produkcja ciepła znacząco przekracza wartość zapotrzebowania na ciepło podaną w tabeli 2.1 (ok. 166,2 TJ/rok). Pamiętać jednak należy, że produkcja energii (tab. 3.2) i jej zużycie (tab. 2.1) to nie to samo. Produkcja jest zawsze większa od zużycia energii o straty przesyłowe. Średnia roczna ich wartość w warunkach Polski wynosi ok. 12% zużywanej energii. Zatem produkcja energii jest większa od jej zużycia. Brak idealnej zbieżności między danymi pochodzącymi z konkretnego roku kalendarzowego (dane w tabeli 2.1 podano dla konkretnego roku) i danymi określonymi na podstawie „Typowych lat meteorologicznych” (metodyka wykorzystywana w niniejszych obliczeniach) może prowadzić do rozbieżności, ponieważ konkretny rok nie musi odpowiadać latom uśrednionym. Obserwowane w ostatnich latach ocieplenie klimatu może powodować rozbieżności między wartością obliczoną a rzeczywistą. Określanie produkcji energii z mocy zainstalowanej w źródle jest prowadzone przy założeniu wykorzystywania mocy zainstalowanej (nie zakłada się przewymiarowania źródła, w stosunku do rzeczywistych potrzeb). To również może powodować pewne rozbieżności – z im większym przewymiarowaniem, w stosunku do realnych potrzeb mamy do czynienia, tym bardziej zawyżona będzie określona w ten sposób produkcja energii. W omawianym przypadku nakładać się na siebie mogą obydwa omawiane czynniki.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	kocioł gazowy
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	28,0 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	2,5 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	10,8 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	14,7 MW
Roczna produkcja ciepła: - geotermalnego - z kotłów szczytowych i kotłów napędzających pomp ciepła	216,4 TJ (100%) 99,6 TJ (46%) 116,8 TJ (54%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,259
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E - GZ50)	3 666,6 tys. m ³
Roczne zużycie energii elektrycznej	1 454 MWh
Dostawy ciepła	195,3 TJ c.o./c.w.u.(w sez.letnim 100% c.g.*)

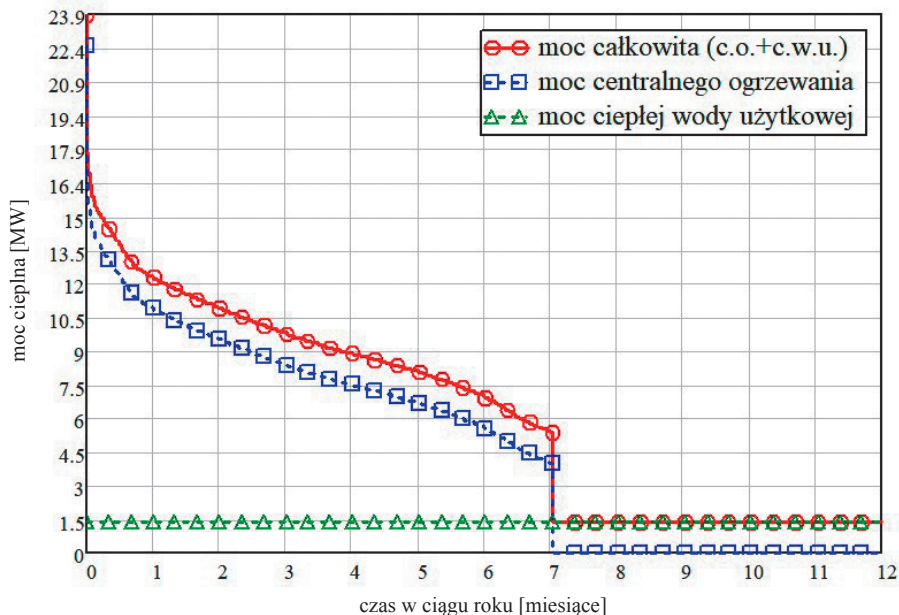
*c.g. – ciepło geotermalne

Tabela 3.2.

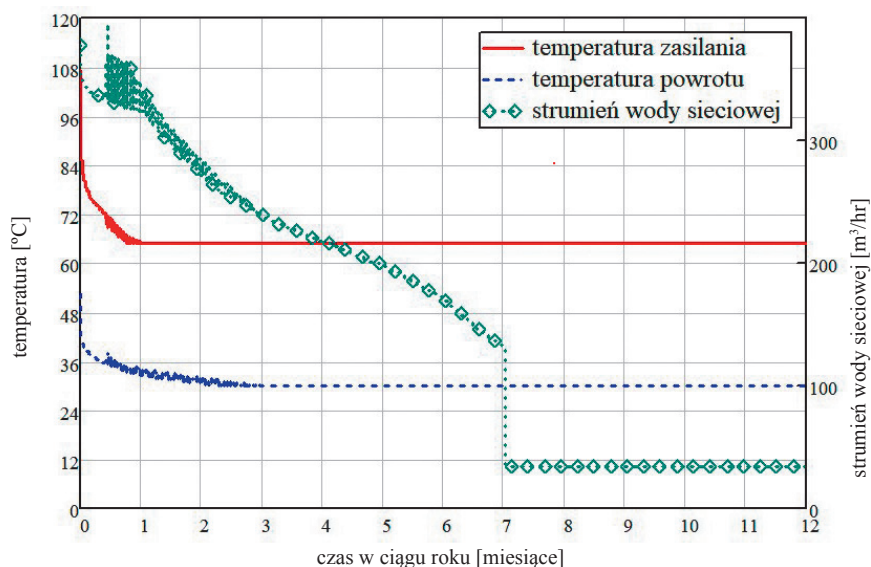
Bilans energetyczny geotermalnego systemu ciepłowniczego w Piasecznie

Zbiorczą charakterystykę odbiorców energii włączonych do sieci przedstawiono na rysunkach 3.2 i 3.3. Krzywe z rysunku 3.2 przedstawiają chwilowe, uporządkowane malejąco, zapotrzebowanie na moc grzewczą związaną z centralnym ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej

wody użytkowej, począwszy od miesiąca o najwyższym zapotrzebowaniu na energię (nie według kolejnych miesięcy w roku). Założyć można, że przy możliwościach znaczących zbytu energii moc źródła geotermalnego jest limitowana jedynie dostępnymi parametrami złożowymi.



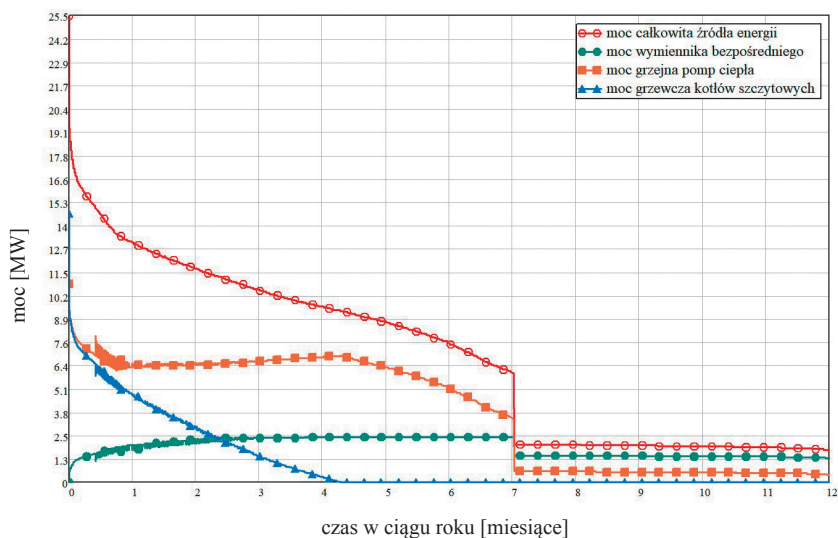
Rysunek 3.2.
Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej dla odbiorcy komunalnego w Piasecznie



Rysunek 3.3.
Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy komunalnego w Piasecznie

Wykorzystując model matematyczny źródła energii oraz charakterystykę odbiorcy, a także uwzględniając straty na przesyłanie energii określono harmonogram

pracy geotermalnego źródła energii, który przedstawiono za pomocą krzywych uporządkowanych malejąco na rysunku 3.4.



Rysunek 3.4.

Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł energii, dla obiektów komunalnych w Piasecznie

Na podstawie wykresu można stwierdzić, że wykorzystanie wymiennika bezpośredniego jest możliwe prawie przez cały rok. Pompy ciepła również dostarczają moc przez cały rok. Kotły wspomagania szczytowego pracują przez ok. 4 miesiące w roku.

3.2.2.

OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE

Zestawienie podstawowych danych dotyczących wykorzystania energii geotermalnej w celu zaspokojenia potrzeb ciepłych obiektu rekreacyjnego przedstawiono w tabeli 3.3.

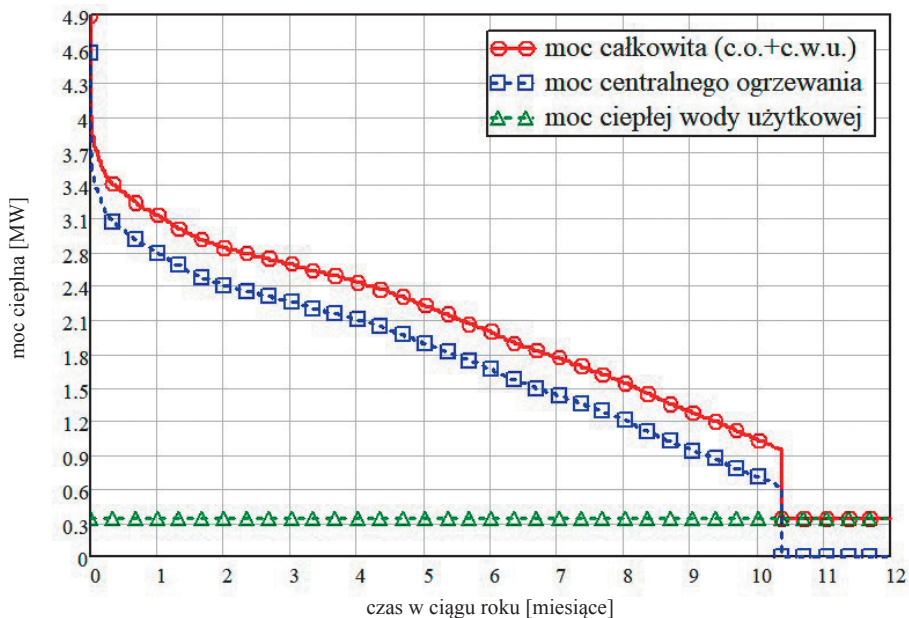
POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	brak
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	6,0 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	2,5 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	3,4 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	n/d
Roczna produkcja ciepła:	61,6 TJ (100%)
- geotermalnego	56,6 TJ (92%)
- z kotłów szczytowych i napędzających pompy ciepła	5,0 TJ (8%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,395
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E – GZ50)	155,7 tys. m ³
Roczne zużycie energii elektrycznej	1 454 MWh
Dostawy ciepła	61,0 TJ c.o./ c.w.u.(w sez.letnim 100% c.g.)

Tabela 3.3.

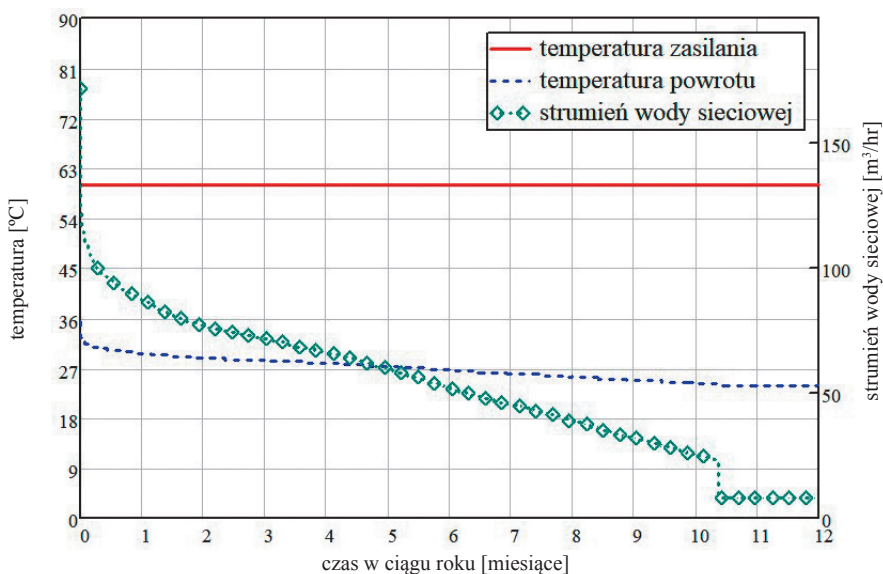
Bilans energetyczny systemu geotermalnego (rekreacja) w Piasecznie

Na rysunku 3.5 przedstawiono chwilowe, uporządkowane malejąco zapotrzebowanie na moc grzewczą kompleksu rekreacyjnego, natomiast na rysunku 3.6 uporządkowany malejąco wykres sterowania mocą

dostarczoną odbiorcy. Założono, że obiekt został wyposażony w instalacje ogrzewania niskotemperaturowego 60/35°C, a instalacja przygotowania ciepłej wody przygotowana na parametry 60/20°C.



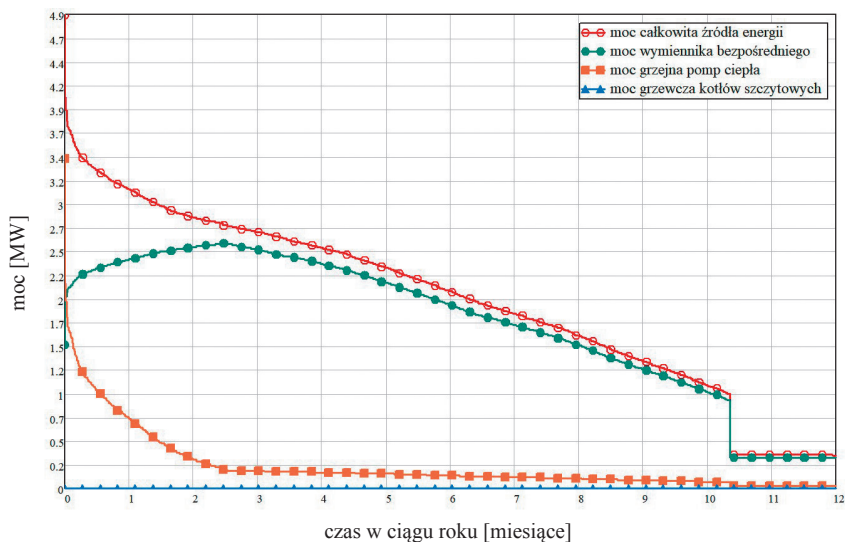
Rysunek 3.5.
Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej dla odbiorcy typu obiektu basenowe rekreacyjne w Piasecznie



Rysunek 3.6.
Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy typu obiektu basenowe rekreacyjne w Piasecznie

Na rysunku 3.7 przedstawiono uporządkowane malejąco krzywe pokrycia potrzeb ciepłych obiektów źródłem geotermalnym. Z harmonogramu pracy źródeł wynika, że dominujące znaczenie w bilansie pokrycia mocy chwili-

lowej odgrywa bezpośredni wymiennik ciepła geotermalnego, czyli nie jest konieczne stosowanie kotłów wspomaganego szczytowego. Pompy ciepła dostarczają energię, pokrywając niedobór temperatury zasilania.



Rysunek 3.7.

Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł dla obiektów typu baseny rekreacyjne w Piasecznie

3.2.3.

WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – SIEĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE

W skład systemu kaskadowego wchodzi odbiorca

komunalny i rekreacyjny. Moc systemu kaskadowego jest równa sumie mocy odbiorcy komunalnego i obiektu rekreacyjnego. Zestawienie bilansu energetycznego dla systemu kaskadowego przedstawia tabela 3.4.

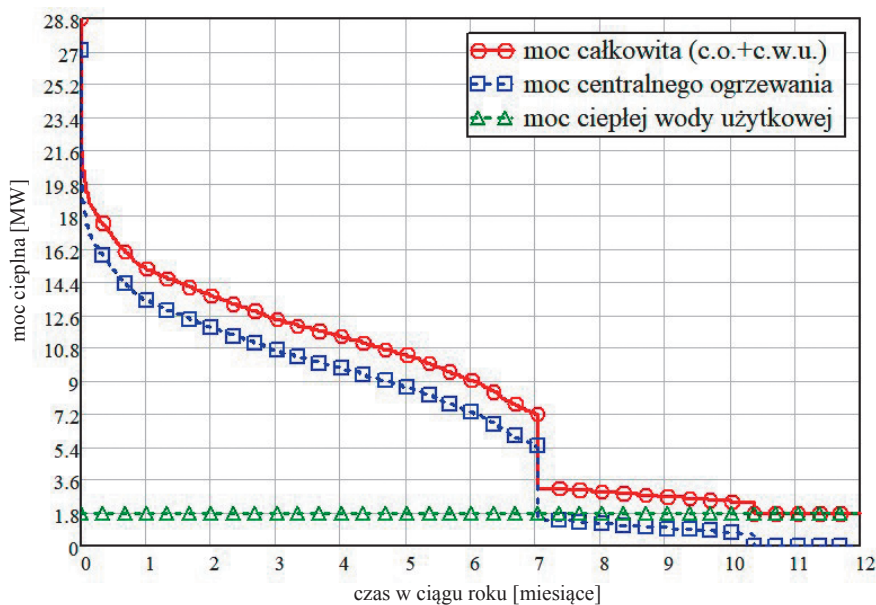
POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	kocioł gazowy
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	33,0 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	2,6 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	10,8 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	19,6 MW
Roczna produkcja ciepła:	
- geotermalnego	277,1 TJ (100%)
- z kotłów szczytowych i kotłów napędowych pomp ciepła	113,5 TJ (41%)
	163,6 TJ (59%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,282
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E - GZ50)	5 135,8 tys. m ³
Roczne zużycie energii elektrycznej	1 454 MWh
Dostawy ciepła	256,3 TJ c.o./ c.w.u.(w sez.letnim 100% c.g.)

Tabela 3.4.

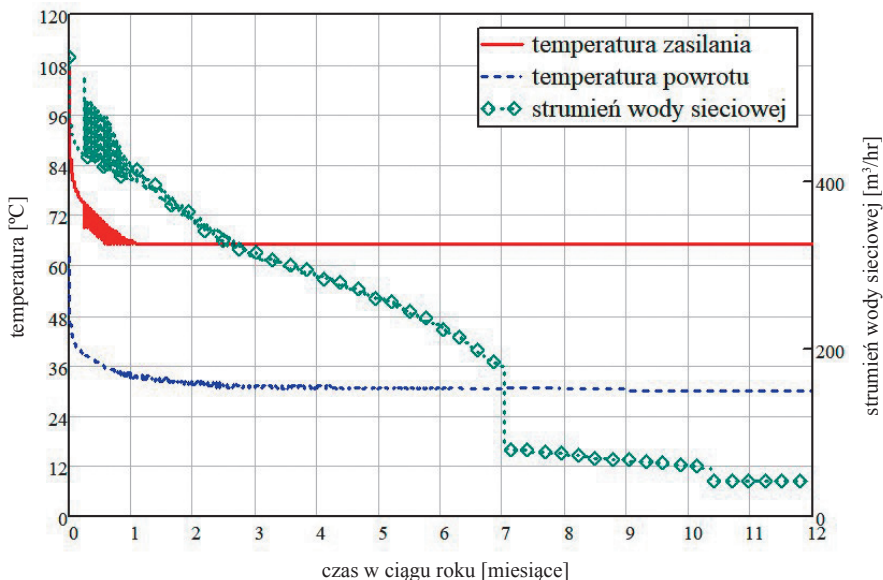
Bilans energetyczny systemu geotermalnego w kaskadzie w Piasecznie

Na rysunku 3.8 przedstawiono uporządkowaną malejąco krzywą zapotrzebowania na moc odbiorcy kaskadowego, jest ona sumą krzywych opisujących za-

potrzebowanie na moc odbiorcy komunalnego i rekreacyjnego. Rysunek 3.9 przedstawia uporządkowaną malejąco krzywą sterowania mocą dostarczoną.



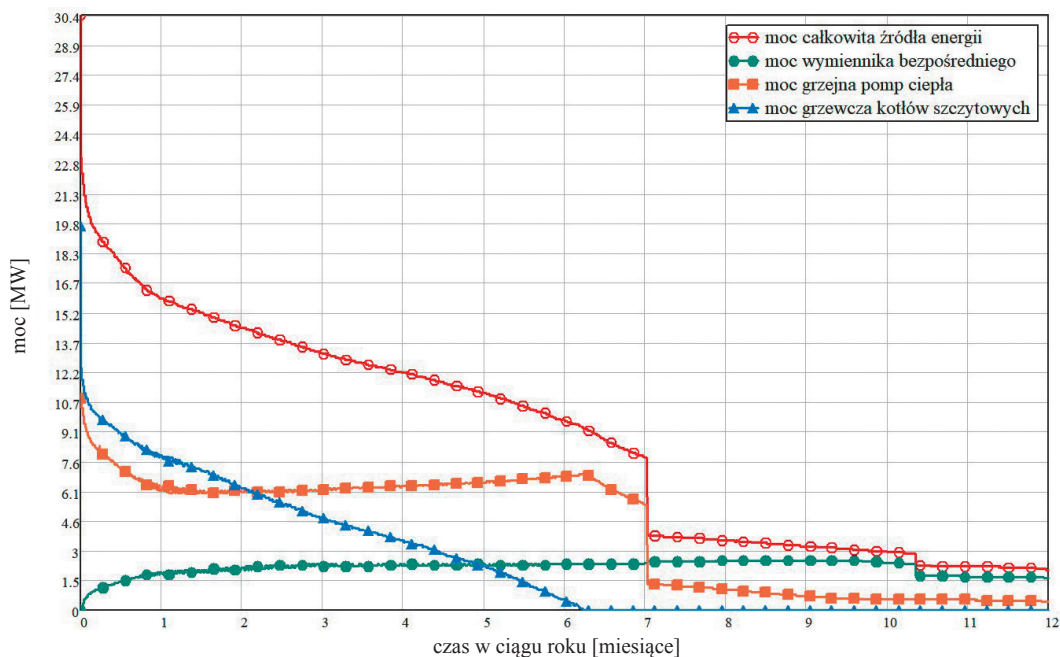
Rysunek 3.8. Krzywa uporządkowana malejąco zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej w kaskadowym wykorzystaniu energii w Piasecznie



Rysunek 3.9. Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy typu kaskadowego w Piasecznie

Analiza ilości energii oddanej przez poszczególne źródła możliwa jest na podstawie wykresu na rysunku 3.10, który przedstawia sposób pokrycia zapotrzebowania na moc odbiorcy i pozwala stwierdzić, że moc zużywana przez odbiorcę kaskadowego jest zaspokajana w sposób bardzo wyrównany w czasie wymiennikiem bezpośrednimi pompami ciepła. Kotły wspo-

magania szczytowego pracują również dość długo, bo ok. 6 miesięcy/rok (ze zmienną mocą). Na rysunku 3.10 przedstawiono uporządkowaną malejąco krzywą pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł w kaskadowym wykorzystaniu energii w Piasecznie.



Rysunek 3.10. Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł w kaskadowym wykorzystaniu energii w Piasecznie



4

WSTĘPNA OCENA FINANSOWA

4.1.

ZAŁOŻENIA DO WSTĘPNEJ OCENY FINANSOWEJ

W celu wykonania wstępnej oceny finansowej oraz obliczenia podstawowych parametrów efektywności ekonomicznej inwestycji w warunkach ryzyka geologicznego przyjęto następujące założenia, które przedstawia tabela 4.1.

Do obliczeń przyjęto, że środki inwestycyjne wydatkowane są w ciągu jednego roku, który jest rokiem zerowym, a po jego zakończeniu ciepłownia geotermalna rozpoczyna funkcjonowanie ponosząc jedynie koszty eksploatacyjne i bieżącej konserwacji. Założono, że ciepłownia będzie funkcjonować przez 25 lat następujących po zakończeniu inwestycji i w tym czasie nie będą konieczne nakłady finansowe przekraczające przyjęty budżet remontów, konserwacji oraz napraw bieżących. Jako zysk w każdym roku funkcjonowania instalacji przyjęto przychody netto związane ze sprzedażą energii „przy źródle” – bez uwzględniania strat ciepła i należnych opłat przesyłowych, które wykazują się dużą zmiennością w zależności od uwarunkowań lokalnych. Rozwiązaniem alternatywnym była ciepłownia konwencjonalna opalana węglem kamiennym, która przez cały okres 25 lat dostarcza energię cieplną w cenie równej 53,45 zł (według wartości pieniądza w 2019 roku). Jest to wartość równa prognozowanej cenie ciepła dla odbiorców przemysłowych podana w Załączniku 2 do Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku (ceny wg siły nabywczej pieniądza w roku

2007 roku) skorygowanej o inflację w latach 2007-2019. Dla każdego z 25 lat funkcjonowania ciepłowni (dla lat od $i = 1$ do $n = 25$) obliczono bilans finansowy, który został zdyskontowany na podstawie indywidualnie obliczonej stopy dyskonta. Następnie obliczono z wykorzystaniem odpowiedniej funkcji wskaźnik NPV (wartość zaktualizowana netto) dla całego okresu przewidywanej amortyzacji inwestycji (25 lat). Na podstawie otrzymanej tabeli określono czas zwrotu inwestycji (podano całkowitą liczbę lat, w których przynajmniej w części danego roku wskaźnik NPV jest mniejszy niż 0,00 PLN), a wskaźnik dla 25-tego roku funkcjonowania instalacji został podany jako końcowa wartość NPV inwestycji i użyty do dalszych obliczeń. Na wartość współczynnika NPV w długim okresie miała wpływ zarówno różnica między ceną jednostki energii uzyskanej w ciepłowni geotermalnej a przyjętą referencyjną ceną energii z ciepłowni węglowej, jak i wielkość odbiorcy i jego parametry odbioru ciepła. Należy zatem wyciągnąć wniosek, że ujemny wskaźnik NPV uzyskany w obliczeniach według obecnie przyjętych kryteriów, nie przesądza o nieopłacalności inwestycji w przyszłości, np. gdy odbiorca komunalny zdecyduje się na obniżenie temperatury zasilania w ciepłociągu lub nastąpi rozbudowa miejscowości i związany z tym wzrost konsumpcji energii cieplnej. Innymi słowy, cechą charakterystyczną geotermii jest wysoka kapitałochłonność na etapie inwestycji, co przekłada się na wymóg maksymalizacji współczynnika obciążenia – jak największego odbioru energii geotermalnej.

WSKAŹNIK	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Przewidywany poziom inflacji	2
Rynkowa stopa procentowa	1,7
Średnie krajowe ryzyko inwestycyjne (rentowność 10 letnich polskich obligacji skarbowych)	3
Prawdopodobieństwo zagospodarowania złoża wód termalnych (do obliczeń wskaźnika EMV*) - p	98
Ryzyko projektu (do obliczeń stopy dyskontowej) $r_{proj} = 100\% - p$	2
Realna stopa dyskontowa (oszacowana przy wykorzystaniu równania Fishera)	6,57

*EMV – wskaźnik oczekiwanego efektu finansowego wyznacza się określając możliwe do uzyskania zyski bądź straty z przedsięwzięcia i prawdopodobieństwo ich wystąpienia

Tabela 4.1.

Założenia do wstępnej oceny finansowej dla Piaseczna

W przypadku, gdy NPV przybiera wartości większe od zera, inwestycja powinna przynieść zwrot poniesionych nakładów oraz zysk równy obliczonemu NPV. Dodatnia wartość wskaźnika NPV oznacza, że nastąpił zwrot z inwestycji i zarobek w warunkach w pełni komercyjnych. Ujemna wartość wskaźnika NPV nie przesądza o nieopłacalności inwestycji, jeśli wewnętrzna stopa zwrotu IRR jest większa od 0. W takiej sytuacji inwestycja nie jest w pełni atrakcyjna ekonomicznie, jednak stabilna finansowo, a podmioty zainteresowane nieco niższą stopą zwrotu, efektami pozafinansowymi lub prowadzone not-for-profit mogą postrzegać ciepłownię geotermalną jako atrakcyjną inwestycję.

4.2.

ODBIORCA KOMUNALNY (SIEĆ CIEPŁOWNICZA)

Prognozowane nakłady finansowe na uruchomienie źródła energii zestawiono w rozdziale 4.2.1, a prognozowane koszty eksploatacji wraz ze strukturą kosztów przedstawia rozdział 4.2.2.

4.2.1.

NAKŁADY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej oszacowano na 37 481 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Piasecznie, uwzględniającą wyłącznie odbiorcę komunalnego przedstawiono w tabeli 4.2.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	0 (dotacja)
Otwór chłonny	5 047
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	347
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	16 189
Kotły szczytowe na sieciowy gaz ziemny	8 807
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	679
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	5 712
Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła	37 481

Tabela 4.2.

Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Piasecznie – odbiorca komunalny

4.2.2.

KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej oszacowano na 13 561 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów

operacyjnych instalacji w Piasecznie, uwzględniającej wyłącznie odbiorcę komunalnego przedstawiono w tabeli 4.3.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	13 561
- Koszty stałe, w tym:	3 557
- amortyzacja środków trwałych	2 783
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	774
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	10 004

Tabela 4.3.

Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Piasecznie – odbiorca komunalny

4.2.3.

OCENA FINANSOWA

Zestawienie podstawowych wskaźników finansowej efektywności systemu ciepłowniczego pracującego

wyłącznie dla odbiorcy komunalnego przedstawiono w tabeli 4.4.

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI	1. OTWÓR DOTOWANY
Cena wytworzenia ciepła	49 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	2 708 914,78 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	9,94%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	2 476 237,34 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	16 lat

Tabela 4.4.

Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Piasecznie – odbiorca komunalny

4.3.

OBIEKTY REKREACYJNE – BAsENY GEOTERMALNE

Prognozowane nakłady finansowe na uruchomienie źródła energii zaspokajającego potrzeby obiektu rekreacyjnego zestawiono w rozdziale 4.3.1, a prognozowane koszty eksploatacji wraz ze strukturą kosztów przedstawiono w rozdziale 4.3.2.

4.3.1

NAKŁADY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej oszacowano na 12 873 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Piasecznie, uwzględniającą wykorzystanie do celów rekreacyjnych przedstawiono w tabeli 4.5.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	5 047
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	198
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	5 141
Kotły szczytowe na gaz ziemny	0
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	131
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	1 656
Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła	12 873

Tabela 4.5.

Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Piasecznie – baseny geotermalne

4.3.2

KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej oszacowano na 1 887 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów operacyjnych instalacji w Piasecznie, uwzględniającej wykorzystanie wód termalnych do celów rekreacyjnych przedstawiono w tabeli 4.6.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	1 887
- Koszty stałe, w tym:	949
- amortyzacja środków trwałych	757
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	192
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	938

Tabela 4.6.

Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Piasecznie – baseny geotermalne

4.3.3.

OCENA FINANSOWA

Zestawienie podstawowych wskaźników finansowej efektywności systemu ciepłowniczego wykorzystującego wody termalne do celów rekreacyjnych przedstawiono w tabeli 4.7.

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI	1. OTWÓR DOTOWANY
Cena wytworzenia ciepła	31 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	9 136 354,81 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	19,49%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	8 710 854,17 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	8 lat

Tabela 4.7.

Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Piasecznie – baseny geotermalne

4.4.

WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – SIĘĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE

Prognozowane nakłady finansowe na uruchomienie źródła energii zestawiono w rozdziale 4.4.1, prognozowane koszty eksploatacji wraz ze strukturą kosztów przedstawiono w rozdziale 4.4.2

4.4.1.

NAKŁADY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej wynoszą 41 206 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Piasecznie, uwzględniającą wykorzystanie wód termalnych w systemie kaskadowym przedstawiono w tabeli 4.8.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	5 047
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	350
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	16 189
Kotły szczytowe na gaz ziemny	11 787
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	812
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	6 321
Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła	41 206

Tabela 4.8.
Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Piasecznie – system kaskadowy

4.4.2.

KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej 13 561 tys. zł/rok. Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji pracującej w systemie kaskadowym przedstawiono w tabeli 4.9.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	13 561
- Koszty stałe, w tym:	3 557
- amortyzacja środków trwałych	2 783
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	774
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	10 004

Tabela 4.9.
Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Piasecznie – system kaskadowy

4.4.3.

OCENA FINANSOWA

Zestawienie podstawowych wskaźników finansowej efektywności systemu ciepłowniczego pracującego w systemie kaskadowym przedstawiono w tabeli 4.10.

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI	1. OTWÓR DOTOWANY
Cena wytworzenia ciepła	49 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	7 784 011,15 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	18,29%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	7 399 080,82 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	8 lat

Tabela 4.10.
Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Piasecznie – system kaskadowy

5 STAN ŚRODOWISKA

Źródła powierzchniowej emisji zanieczyszczeń nie są wskazane w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej. Jako środki zaradcze są wskazane zmiana paliwa, wymiana kotła, ograniczenie zapotrzebowania na ciepło (termomodernizacja), wykorzystanie OZE, zastosowanie ogrzewania elektrycznego, podłączenie do sieci ciepłowniczej budynków na ulicach, przez które sieć ciepła przechodzi. Źródła liniowej emisji zanieczyszczeń nie są wskazane w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej. Jako środki zaradcze wskazane są wymiana taboru, całościowe zintegrowane planowanie rozwoju systemu transportu w miastach, zintegrowany system kierowania ruchem ulicznym, kierowanie ruchu tranzytowego z ominięciem miast lub ich części centralnych, tworzenie stref z zakazem ruchu samochodowego.

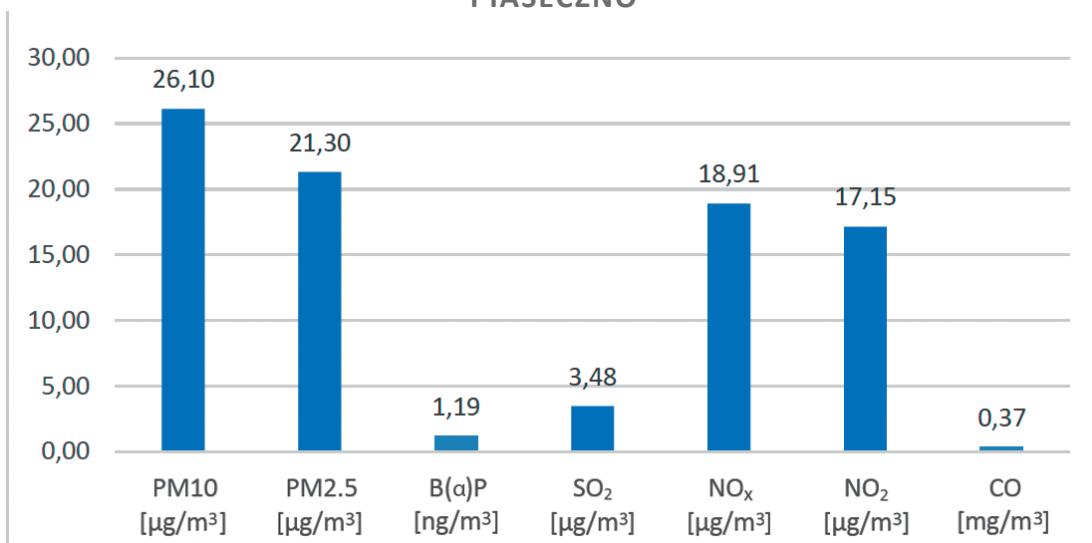
Źródła punktowej emisji zanieczyszczeń są wskazane w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej. Jako środki zaradcze wskazane są optymalne sterowanie procesem spalania i podnoszenie sprawności procesu produkcji energii, zmiana paliwa na inne, o mniejszej zawartości popiołu, stosowanie technik gwarantujących zmniejszenie emisji substancji do powietrza, stosowanie technik odpylania. Zestawienie danych pomiarowych za-

nieczyszczeń powietrza dla gminy Piaseczno w 2018 r. przedstawiono na rysunku 5.1.

Dokonano klasyfikacji stanu jakości powietrza ze względu na poszczególne substancje zanieczyszczające, jednak ich średnioroczne stężenia są nieznanne. Tlenki azotu (NO_x) na terenie gminy zakwalifikowano do klasy A zanieczyszczeń. Dwutlenek siarki (SO_2) zakwalifikowano do klasy A zanieczyszczeń. Benzo(α) piren zakwalifikowano do klasy C zanieczyszczeń, pył $\text{PM}_{2,5}$ zakwalifikowano do klasy C zanieczyszczeń, a pył PM_{10} również zakwalifikowano do klasy C zanieczyszczeń. Emisja dwutlenku węgla w gminie Piaseczno w 2014 r. wynosiła 616 684,41 Mg. Podział na sektory jest następujący:

- sektor komunalny – 5 286,06 Mg;
- transport kołowy – pojazdy gminne – nieznanne;
- transport kołowy na terenie gminy – ogółem – 128 254,51 Mg;
- gospodarka odpadami – nieznanne;
- gospodarka wodna – nieznanne;
- gospodarka ściekami – 281 655,26 Mg;
- konsumpcja energii elektrycznej – nieznanne;
- oświetlenie ulic – 4 418,96 Mg.

PIASECZNO



Rysunek 5.1.

Zestawienie wyników analizy danych pomiarowych zanieczyszczeń powietrza dla gminy Piaseczno w 2018 r.

6 ODDZIAŁYWANIE PROJEKTU NA ŚRODOWISKO NATURALNE

Analizę efektu ekologicznego przeprowadzono na podstawie trzech scenariuszy bazowych przy założonych emisjach zgodnych z „Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw – kotły o nominalnej mocy do 5 MW” (https://krajowabaza.kobize.pl/docs/male_kotly.pdf) oraz „Wskaźniki Emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2017 rok” (https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/wskazniki_emisyjnosci/Wskazniki_emisyjnosci_2018.pdf) wydanymi przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) – Instytut Ochrony Środowiska–Państwowy Instytut Badawczy. W każdym ze scenariuszy ekwiwalent 100% energii dostarczanej przez ciepłownię geotermalną (tab. 3.2) jest wytwarzany:

- w pierwszym – w kotłach węglowych;
 - w drugim – w kotłach opalanych gazem ziemny;
 - w trzecim – w kotłach opalanych olejem opałowym.
- Obliczeń emisji przed uruchomieniem ciepłowni geotermalnej dokonano z użyciem współczynników emisji wg KOBiZE oraz następujących założeń:
- węgiel kamienny
 - sprawność kotła: 85%, ruszt stały, ciąg naturalny, moc <0,5 MW;
 - kaloryczność węgla kamiennego: 25 MJ/kg;
 - zawartość siarki całkowita: 1%;
 - zawartość popiołu: 10%;
 - gaz ziemny
 - sprawność kotła: 90%, moc <0,5 MW;
 - kaloryczność: 38 MJ/m³;
 - zawartość siarki: 7 mg/m³;
 - olej opałowy
 - sprawność kotła: 90%, moc <0,5 MW;
 - kaloryczność: 42,6 MJ/kg;
 - zawartość siarki: 0,1%.

W obecnym momencie nie jest możliwe wiarygodne określenie efektu ekologicznego inwestycji w hipotetyczną ciepłownię geotermalną. Wynika to z jednej strony z braku wiarygodnych, porównywalnych i aktualnych źródeł informacji o wykorzystywanych obecnie paliwach w analizowanych lokalizacjach, a z drugiej – z nieokreślenia docelowej grupy odbiorców ciepła z ciepłowni geotermalnej. Zaleca się, żeby przed przystąpieniem do projektowania ciepłowni przeprowadzić

dokładną inwentaryzację stosowanych źródeł ciepła w całej miejscowości lub wśród zadeklarowanych potencjalnych odbiorców.

W celu ułatwienia dokonania oszacowania efektu ekologicznego, w tabeli 6.1 przedstawiono efekty ekologiczne dla powyższych trzech hipotetycznych sytuacji, w których cała przyjęta roczna konsumpcja ciepła byłaby zaspokojona poprzez spalanie węgla kamiennego lub gazu ziemnego lub lekkiego oleju opałowego. Zestawienie emisji zanieczyszczeń przed uruchomieniem hipotetycznej ciepłowni geotermalnej przedstawiono w tabeli 6.1.

W rzeczywistej grupie potencjalnych odbiorców ciepła geotermalnego należy spodziewać się pewnego miksu energetycznego. Określone proporcje sposobu dostarczania ciepła (przykładowo 75/20/5, odpowiednio węgiel kamienny, gaz ziemny i olej opałowy) pozwalają na obliczenie według wzoru (wzór 6.1) efektu ekologicznego spodziewanego po przyłączeniu do ciepłowni określonej grupy odbiorców.

$$(p_w \cdot E_i^w + p_g \cdot E_i^g + p_o \cdot E_i^o) \cdot \frac{\text{spodziewana roczna konsumpcja ciepła}}{\text{przyjęta roczna konsumpcja ciepła}}$$

gdzie: [wzór 6.1]

p_w, p_g, p_o – udział danego paliwa w miksie energetycznym (jako ułamek);
 E_i^w, E_i^g, E_i^o – emisja określonego zanieczyszczenia związana z zaspokojeniem 100% zapotrzebowania na ciepło danym paliwem (według tab. 6.1).

Specyfika eksploatacji geotermalnej wymusza zużycie energii elektrycznej, co jest związane z zastosowaniem pomp tłoczących w otworach geotermalnych (eksploatacyjnej, zatłaczającej itp.) dostarczających strumień wody termalnej na powierzchnię. Stąd, w przypadku ciepłowni geotermalnej, efekt ekologiczny posiada dwa wyraźne aspekty – lokalny i globalny (występujące również w przypadku konwencjonalnych źródeł ciepła, jednak różnice są marginalne). W ujęciu lokalnym (w lokalizacji funkcjonującej instalacji geotermalnej) emisja jest bardzo silnie zredukowana. W ujęciu globalnym, ze względu na współczynniki emisyjności polskiej energetyki, lokalne zużycie energii elektrycznej napędzającej np. pompy eksploatacyjną (zatłaczającą) oraz niekiedy zasilające szczytowe źródła ciepła, może

powodować wzrost wskaźników emisyjności na poziomie globalnym.

W zestawieniu przedstawiono wartości poszczególnych parametrów redukcji emisji w ujęciu lokalnym (tab. 6.2) oraz globalnym (tab. 6.3). Należy podkreślić, że lokalna emisja zanieczyszczeń przez ciepłownię geotermalną wiąże się wyłącznie z wykorzystaniem paliw przez szczytowe źródła ciepła (gaz ziemny, olej opałowy, biomasa) i z dopasowaniem ciepłowni do obecnych potrzeb odbiorców. Absorpcyjne pompy ciepła również mają wpływ na emisję w skali lokalnej.

Zużycie energii elektrycznej i powiązana emisja w elektrowniach konwencjonalnych jest podyktowane koniecznością wypompowania wody termalnej na powierzchnię oraz jej ponowne wtłoczenie do górotworu po odebraniu ciepła. Stąd, w przypadku wystąpienia samowypływu oraz możliwości obniżenia wymagań odbiorcy co do temperatur występujących w sieci ciepłowniczej, zużycie konwencjonalnych nośników energii oraz związana z tym emisja globalna ulegnie obniżeniu.

Spodziewana roczna konsumpcja ciepła jest możliwa do dokładnego określenia po ustaleniu docelowej grupy odbiorców. Przyjęta roczna konsumpcja ciepła w wariancie komunalnym (wykorzystanym do obliczeń efektu ekologicznego i ekonomicznego) przedstawiona została w tabeli 3.2.

Efekt ekologiczny wynikający z wykorzystania energii geotermalnej w wytypowanych lokalizacjach został obliczony na podstawie oszacowanej ilości energii jaką instalacja geotermalna dostarczy do odbiorców (tab. 3.2). Posłużyła ona jako punkt wyjścia do obliczenia ilości paliwa konwencjonalnego, które musiałoby zostać spalane aby dostarczyć analogiczną ilość energii.

W celu oceny wielkości emisji poszczególnych substancji do atmosfery wykorzystano metodykę Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE): „Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw – kotły o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW” według wzoru:

$$E = B \cdot W$$

gdzie:

[wzór 6.2]

E – emisja substancji;

B – zużycie paliwa/energii elektrycznej;

W – wskaźnik emisji na jednostkę zużytego paliwa/energii elektrycznej

Do określenia emisji związanej z produkcją energii elektrycznej przyjęto wartości według danych zamieszczonych w „Wskaźniki Emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2017 rok”. Przy produkcji ciepła ciepłownia geotermalna korzysta z energii dostarczanej z trzech rodzajów energii: ciepła geotermalnego, energii elektrycznej (do zasilania pomp głębinowych) i paliw gazowych lub płynnych (do kotłów szczytowych i napędzających pompy ciepła). W przeciwieństwie do tradycyjnego sposobu zaopatrzenia w ciepło, następuje przestrzenny podział emisji. O ile w przypadku spalania paliw emisja ma miejsce w pobliżu odbiorcy ciepła i może zostać nazwana emisją lokalną (tak przedstawiona w tabelach 6.1 i 6.2), o tyle zużywana energia elektryczna (pomijalna w przypadku tradycyjnych palenisk) wiąże się z emisją oddaloną od miejsca jej zużycia i zostaje wliczona dopiero do emisji globalnej (całkowitej) związanej z dostarczeniem ciepła geotermalnego.

Emisja lokalna jest z reguły utożsamiana z tzw. niską emisją, w przypadku której jest ograniczona łatwość rozcieńczenia i odprowadzania zanieczyszczeń, w związku z czym emitowane zanieczyszczenia wywołują zjawisko smogu. Emisja w elektrowniach to tzw. wysoka emisja, w której spaliny są oczyszczane w instalacjach przemysłowych i odprowadzane w sposób umożliwiający szybkie rozcieńczenie zanieczyszczeń i w niewielkim stopniu przyczyniając się do obniżenia jakości powietrza.

ZANIECZYSZCZENIE	EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PRZED URUCHOMIENIEM CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ W RÓŻNYCH WARIANTACH – E ₁		
	100% WĘGIEL KAMIENNY	100% GAZ ZIEMNY	100% LEKKI OLEJ OPAŁOWY
	[KG/ROK]	[KG/ROK]	[KG/ROK]
SO _x	162 970	88,6	11 494
NO _x	22 408	9 620	13 521,9
CO	458 354	1 899	3 854
CO ₂	18 843 000	12 658 000	18 255 000
Pył zawieszony	101 856	3,16	2 298,7
Benzo(α)piren	142,6	0	1,76

Tabela 6.1.

Emisja zanieczyszczeń w Piasecznie przed uruchomieniem ciepłowni geotermalnej (E₁) (tzw. tło zanieczyszczeń w różnych wariantach źródeł ciepła)

Uruchomienie zakładu geotermalnego skutkuje całkowitym wyeliminowaniem problemu lokalnej emisji substancji „smogotwórczych”. Uzyskany efekt jest, w przeliczeniu na jednostkę energii, zależny wyłącznie

od stosowanego paliwa i sposobu spalania paliwa, więc w warunkach działającej instalacji stały, a jego opis liczbowy prezentuje tabela 6.2.

ZANIECZYSZCZENIE	LOKALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja E ₂ lokalnie	OGRANICZENIE EMISJI (E ₁ – E ₂) W STOSUNKU DO					
		100% węgiel kamienny		100% gaz ziemny		100% lekki olej opałowy	
		Emisja uniknięta lokalnie	Redukcja emisji lokalnie	Emisja uniknięta lokalnie	Redukcja emisji lokalnie	Emisja uniknięta lokalnie	Redukcja emisji lokalnie
	[kg/rok]	[kg/rok]	[%]	[kg/rok]	[%]	[kg/rok]	[%]
SO _x	51,33	162 919	>99,9	37,3	42,1	11 442	99,5
NO _x	6 417	15 992	71,4	3 203	33,3	7 106	52,6
CO	880,0	457 474	99,8	1 018	53,6	2973	77,1
CO ₂	7 333 000	11 510 000	61,1	5 324 000	42,1	10 921 000	59,8
Pył całkowity (TSP)	1,833	101 854	>99,9	1,33	41,9	2 297	>99,9
Benzo(α)piren	n/d	142,6	>99,9	n/d	n/d	1,76	>99,9

Tabela 6.2.

Szacowana emisja lokalna związana z funkcjonowaniem ciepłowni geotermalnej (E₂) w Piasecznie i uzyskane po jej uruchomieniu ograniczenie emisji lokalnej – wariant komunalny. Redukcja emisji została obliczona wg wzoru: $100\% \cdot (E_1 - E_2)/E_1$

Uwzględniając zapotrzebowanie na energię elektryczną, można obliczyć całkowity (globalny) efekt ekologiczny. Uzyskiwane wartości emisji unikniętej oraz redukcji emisji są mniejsze, gdyż w Polsce prąd w znacznej mierze jest produkowany w elektrowniach opalanych węglem kamiennym i brunatnym. Tak więc, zużywanie energii elektrycznej obarcza środowisko pewną ilością zanieczyszczeń. Ilości te są podawane co roku jako wskaźniki emisyjności. Globalny efekt ekologiczny jest w związku z tym zmienny w czasie w zakresie, w którym zmieniają się wskaźniki emisyjności dla energii elektrycznej dostępnej w krajowym systemie elektroenergetycznym. Ich zmniejszenie lub wykorzystanie energii elektrycznej pochodzącej z innych źródeł (w tym odnawialnych) może znacząco poprawić globalny efekt ekologiczny.

Należy jednak podkreślić, że dla większości zanieczyszczeń pozytywny efekt ekologiczny jest utrzyma-

ny niezależnie od przyjętego alternatywnego sposobu zaspokojenia zapotrzebowania na energię. W szczególności dotyczy to CO₂ oraz CO, nie odnotowuje się też emisji benzo(α)pirenu. Jedynie w przypadku emisji pyłów oraz tlenku siarki i azotu mogą wystąpić zwiększenia emisji tych zanieczyszczeń do atmosfery. Wynika to z faktu, że paliwa gazowe i płynne są niemal całkowicie pozbawione siarki oraz substancji mogących tworzyć istotne ilości pyłu unoszonego ze spalinami do atmosfery, zaś paliwa stosowane w elektrowniach konwencjonalnych zawierają znaczące ilości prekursorów tych zanieczyszczeń.

Zaopatrzenie ciepłowni geotermalnej w energię elektryczną pochodzącą ze źródeł o niskich współczynnikach emisyjności poprawi globalny efekt ekologiczny, jednak jego obliczenie wymagałoby przeprowadzenia analiz dla zakładu ciepłowniczego o szczegółowo opisanej specyfikacji i harmonogramie funkcjonowania.

ZANIECZYSZCZENIE	GLOBALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja E ₂ globalnie	OGRANICZENIE EMISJI (E ₁ – E ₂) W STOSUNKU DO					
		100% węgiel kamienny		100% gaz ziemny		100% lekki olej opałowy	
		Emisja uniknięta globalnie	Redukcja emisji globalnie	Emisja uniknięta globalnie	Redukcja emisji globalnie	Emisja uniknięta globalnie	Redukcja emisji globalnie
	[kg/rok]	[kg/rok]	[%]	[kg/rok]	[%]	[kg/rok]	[%]
SO _x	1 111	161 859	99,3	-1 023,3	-1 155,0	10 382	90,3
NO _x	7 494	14 915	66,6	2 126	22,1	6 029	44,6
CO	1 265	457 089	99,7	633	33,4	2 588	67,2
CO ₂	8 464 000	10 379 000	55,1	4 193 000	33,1	9 790 000	53,6
Pył całkowity (TSP)	65,8	101 790,5	99,9	-62,6	-1 981,0	2 232,9	97,1
Benzo(α)piren	n/d	142,6	100,0	n/d	n/d	1,76	100,0

Tabela 6.3.

Szacowana emisja globalna (z uwzględnieniem energii elektrycznej) związana z funkcjonowaniem ciepłowni geotermalnej (E₂) w Piasecznie i uzyskane po jej uruchomieniu ograniczenie emisji globalnej – wariant komunalny. Redukcja emisji została obliczona wg wzoru: $100\% \cdot (E_1 - E_2)/E_1$

7 PROGNOZA STANU TERMODYNAMICZNEGO I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD TERMALNYCH

Na powstawanie minerałów wtórnych w systemach geotermalnych zasadniczy wpływ mają takie czynniki, jak: temperatura, ciśnienie, skład mineralogiczny i typ litologiczny skał zbiornikowych, przepuszczalność skał, ilość i dostępność płynów złożowych (warunkowanych przepuszczalnością skał), skład płynów geotermalnych, czas życia systemu oraz trwania procesów hydrotermalnych. Zwykle oddziałują one we wzajemnym powiązaniu.

Minerały wtórne mogą być wytrącane z wody termalnej na skutek zmiany stanu termodynamicznego wody, najczęściej spowodowanej zmianą jej temperatury, odczynu pH, układu redox, a zatem problem może pojawić się już na samym początku eksploatacji i narastać w miarę upływu czasu, w skrajnych przypadkach aż do unieruchomienia instalacji. Prognozę stanu termodynamicznego wody termalnej w Piasecznie, zrealizowano na podstawie dostępnych danych hydrogeochemicznych stwierdzonych w otworze Iwiczna IG-1 oraz Czachówek-1, przy uwzględnieniu korelacji z danymi z innych otworów badawczych w których stwierdzono wody o mineralizacji ok. 80 g/dm³, w utworach jury dolnej. Należy zaznaczyć, że zakres oznaczeń wykonanych w otworach referencyjnych, był znikomy, a wiarygodność wielu oznaczeń budziła duże wątpliwości, z tego względu nie powinny one stanowić podstawy dokonywania prognoz termodynamicznych w układzie woda-skała. Nie stanowiły materiału odpowiedniego do wykonania modelowania termodynamicznego. Nie można również na ich podstawie określić wiarygodnie bezpiecznej temperatury schłodzenia w instalacji geotermalnej.

Z tego względu, przedstawione wyniki badań mają charakter przybliżony, a stan roztworu wodnego (bilansu, specjacji, stopnia jego nasycenia względem określonych faz mineralnych), przy uwzględnieniu wpływu zmienności temperatury na wartość obliczanych parametrów, ma charakter czysto orientacyjny. W obliczeniach przyjęto:

- odczyn wody lekko kwaśny (pH 6,5) – zgodnie z wynikami analiz pochodzących z otworów archiwalnych (Bank Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalini), w otworze Czachówek – 1, pH wynosiło 11, co jasno

wskazuje, że woda była zanieczyszczona płuczką. W otworze Iwiczna IG-1, w ogóle nie pomierzono pH. Zatem przyjęto pH arbitralnie, wg własnego doświadczenia;

- środowisko redukcyjne (Eh -120 mV) – przyjęto arbitralnie, na podstawie własnego doświadczenia, zgodnie z wynikami analiz pochodzących z otworów archiwalnych (Bank Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalini) – brak danych dot. Eh – podstawowego parametru wymaganego do modelowania geochemicznego;
- temperaturę wody złożowej 50°C i głowicowej 49°C przy wydobyciu na poziomie 130 m³/h. Jest to woda typu chlorkowo-sodowego. **W obliczeniach przyjęto zakres zmienności temperatury wody od prognozowanej temperatury złożowej, poprzez temperaturę głowicową (do 20°C), co pozwoliło na wskazanie prognozowanej, optymalnej temperatury schłodzenia wody zatłaczanej do górotworu. Zatem na wykresach zobrazowano prognozę nasycenia wody względem wybranych minerałów, dla temperatury wody w górotworze, temperatury wody na głowicy oraz dalej, dla wody schłodzonej, 35°C i dalej co 5, 30, 25°C i końcowej 20°C.**

Prognoza stanu równowagi termodynamicznej wody wykazała, że przy temperaturze 50°C, woda wykazuje stan przesylenia z węglanowymi formami mineralnymi: aragonitem, kalcytem i dolomitem, co jest tendencją sprzyjającą wytrącaniu osadów wtórnych z wody. Nie stwierdzono natomiast tendencji do wytrącania osadów siarczanowych. Zarówno anhydryt jak również gips, wykazują stan nienasycenia. Wyniki prognozy przedstawiono na rysunku 7.1. Stwierdzono przesylenie wody względem minerałów krzemionkowych reprezentowanych przez kwarc, będącym głównym budulcem skał zbiornikowych.

W kolejnym etapie dokonano analizy stanu termodynamicznego wody w warunkach wydobywczych w Piasecznie, przy eksploatacji z temperaturą 49°C. I w tym przypadku, odnotowano silne przesylenie wody względem minerałów węglanowych i krzemionkowych. Tendencja do wytrącania węglanów maleje wraz ze schładzaniem wody, a dla minerałów krzemionkowych odwrotnie. Możliwość osadzania w instalacji osadów krzemionko-

wych rośnie wraz z obniżaniem temperatury wody. Dla temperatury 49°C stwierdzono wyraźny stan przesylenia aragonitem, kalcytem i dolomit. Nie stwierdzono tendencji do wytrącania osadów siarczanowych, woda wykazuje niedosycenie anhydrytem i gipsem.

Analizując wyniki modelowania geochemicznego, przedstawione na rysunku 7.1 można zauważyć, że schłodzenie wody do temperatury nawet 20°C nie zmniejsza w sposób istotny tendencji do wytrącania węglanowych form mineralnych (aragonitu, kalcytu i dolomitu) oraz form krzemionkowych. Zatem należy się liczyć z możliwością zaistnienia silnej tendencji skalingowej wód, bez względu na poziom schłodzenia.

Podstawą obliczeń były równania wynikające z bilansu masy oraz prawa działania mas dla danej rozpatrywanej analizy chemicznej wody i przyjętych parametrów fizycznych. Wyniki obliczeń równowagi termodynamicznej wody termalnej opracowano przyjmując znane i stwierdzone w innych otworach wskaźniki fizyczne. Należy jednak mieć na uwadze, że występowanie gazów w wodzie, zwłaszcza kwaśnych, czy inny niż założono odczyn pH wody, jak również układ redoks, może wpłynąć na prognozę stanu termodynamicznego w układzie woda–skała.

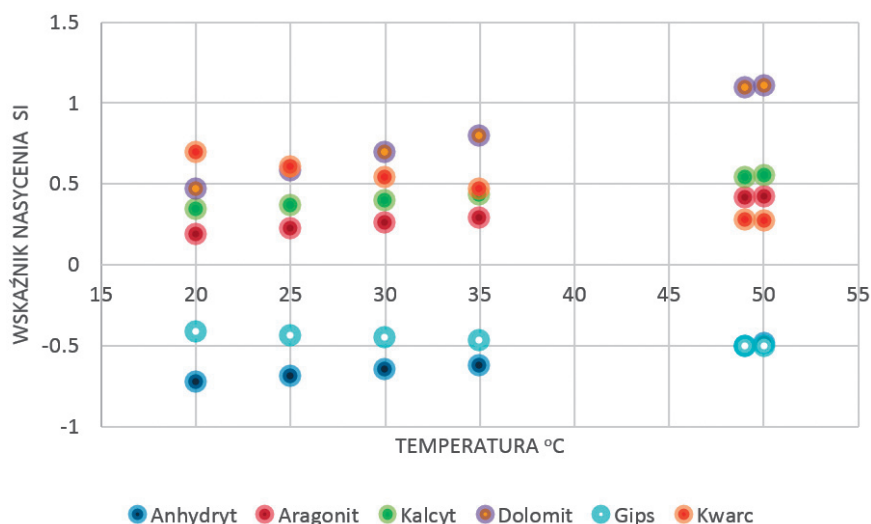
Przewiduje się, że woda w temperaturze złożowej, (ok. 50°C) będzie nasycona głównymi minerałami budującymi skały zbiornikowe (piaskowce) tj. krzemianami, glinokrzemianami i minerałami ilastymi oraz skałami węglanowymi, z uwagi na stan przesylenia tymi minerałami. Obliczenia wskazują ponadto, że woda termalna jest niedosycona minerałami siarcza-

nowymi (anhydrytem i gipsem), mogą one zatem być rozpuszczane przez wodę ze skał zbiornikowych.

Wody jury dolnej w rejonie Piaseczna, to solanki o prognozowanej mineralizacji ok. 80 g/dm³. Spełniają kryterium wykorzystania w balneoterapii, jednakże pod warunkiem co najmniej dwukrotnego rozcieńczenia. Cechą szczególną tak wysoko zasolonych wód jest zwykle podwyższona zawartość siarczanów, chlorków, sodu, wapnia i magnezu, żelaza, jodu, bromków, boru, strontu, fluoru, często również kwasu metakrzemowego. Wody te, pod względem hydrochemicznym, klasyfikuje się jako wody chlorkowo-sodowe.

Z wód termalnych solankowych, możliwy jest odzysk soli jodowo-bromowych oraz soli wykorzystywanych w kosmetologii. Prognozowana mineralizacja wody termalnej w Piasecznie, predestynuje je do pozyskiwania produktu stałego, soli kąpielowych i leczniczych. Wody termalne w Piasecznie mogą być wykorzystywane w celach balneoterapeutycznych pod warunkiem co najmniej dwukrotnego rozcieńczenia, oraz w rekreacji i kosmetologii. Na etapie eksploatacji należy się liczyć z możliwością wytrącania węglanowych i krzemionkowych form mineralnych z wody.

Zgodnie z opisem przedstawionym w etapie I opracowania, w tym celu zwykle stosuje się energochłonne technologie wyparnego zateżnienia wód z krystalizacją koncentratu. Alternatywnie możliwe jest rozważenie procesów hybrydowych, opartych na technikach membranowych oraz metodach wyparnych (najczęściej odwrócona osmoza – metody wyparne lub nanofiltracja–odwrócona osmoza – metody wyparne).



Rysunek 7.1.
Prognoza stanu termodynamicznego wody termalnej w Piasecznie

Wykazana w wyniku modelowania geochemicznego, skłonność do wytrącania faz węglanowych i krzemionkowych w wodzie termalnej w warunkach złożowych i eksploatacyjnych, jak również w wodzie schłodzonej do 20°C, zdecyduje bez wątpienia o konieczności zastosowania wstępnego uzdatniania wody lub zastosowania antyskalantów/inhibitorów, ograniczających wytrącanie osadów w instalacjach ciepłowniczych, rurociągach i lub procesach zatężania.

Chlorek sodu jest jednym z najważniejszych związków chemicznych powszechnie stosowanych w lecznictwie, kosmologii jak również w przemyśle. Sole powstałe na bazie wód termalnych, bogate w mikroelementy, takie jak jodki i krzemionkę, są szczególnie cenione balneoterapii. Składniki te wpływają bowiem pozytywnie na kondycję skóry lub mają korzystny wpływ na układ oddechowy. Szczególnym przykładem potwierdzającym tę kwestię jest kąpielisko Blue Lagun na Islandii.

8 WNIOSKI

W tabeli 8.1 zaprezentowano najważniejsze dane o spodziewanym sposobie i rezultatach pracy ciepłowni geotermalnej w trzech wariantach. Najniższą cenę ciepła oraz emisje jednostkowe oferuje wariant zaopatrujący w wodę termalną przedsięwzięcie rekreacyjne lub balneoterapeutyczne. Wynika to z niemal całkowitej wystarczalności wody termalnej do zaopatrzenia obiektu w ciepło. W wariantach kaskadowym i komunalnym ponad 50% ciepła jest dostarczane z wykorzy-

staniem konwencjonalnych kotłów na gaz ziemny, co oddziałuje na cenę energii i jednostkową emisję zanieczyszczeń atmosfery.

Wody termalne w Piasecznie mogą być wykorzystywane w celach balneoterapeutycznych pod warunkiem co najmniej dwukrotnego rozcieńczenia, oraz w rekreacji i kosmologii. Podczas eksploatacji należy się liczyć z możliwością wytrącania węglanowych i krzemionkowych form mineralnych z wody.

PARAMETR	WARIANT		
	KOMUNALNY	REKREACJA	KASKADA
Roczna produkcja ciepła [TJ]:			
- geotermalnego	99,6	56,6	113,5
- z kotłów szczytowych i napędu pomp ciepła	116,8	4,96	163,6
Roczna produkcja energii [TJ] / moc maksymalna [MW]	216,4 / 28,0	61,5 / 6,0	277,1 / 33,0
Udział OZE w produkcji ciepła [%]	46,0	91,9	40,9
Nakłady inwestycyjne [tys. zł]	37 481	12 872	41 207
Cena wytworzenia energii [zł/GJ]	49	31	49
Wskaźniki emisji jednostkowej	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)
CO ₂ [kg/GJ]	36,17/43,97	4,92/29,89	38,61/44,55
SO ₂ [kg/GJ]	<0,01/0,05	<0,01/0,15	<0,01/0,04
NO _x [kg/GJ]	0,02/0,04	<0,01/0,05	0,03/0,04
Pył [kg/GJ]	<0,01/<0,01	0,01/0,01	<0,01/<0,01

Tabela 8.1.
Zestawienie najważniejszych parametrów technicznych, ekonomicznych i środowiskowych ciepłowni geotermalnej w Piasecznie, w trzech wariantach

9 FINANSOWANIE PROJEKTU

Inwestycje związane z wykorzystaniem wód termalnych charakteryzują się dużymi początkowymi nakładami finansowymi oraz długim okresem zwrotu poniesionych nakładów. Dlatego powinny one korzystać ze wszelkiej możliwej pomocy, także finansowej, oferowanej przez takie instytucje państwa jak Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) czy Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Inicjatorami bądź promotorami projektów geotermalnych mogą być zarówno podmioty gospodarcze jak i jednostki samorządu terytorialnego tj. miasta i gminy. W związku z faktem, że projekty geotermalne, w szczególności we wstępnym etapie poszukiwania i rozpoznania złoża, obciążone są ryzykiem geologicznym, wsparcie ze strony państwa obejmuje różne formy dofinansowania, w tym pożyczki i dotacje. Intensywność dofinansowania jest uzależniona od charakteru beneficjenta oraz formy dofinansowania. W powyższym zakresie w chwili obecnej funkcjonują dwa programy wsparcia, finansowane ze środków krajowych, których operatorem jest NFOŚiGW, a mianowicie:

9.1.

UDOSTĘPNIANIE WÓD TERMALNYCH W POLSCE:

W nowym programie priorytetowym NFOŚiGW oraz Ministerstwo Klimatu i Środowiska stawiają na zwiększenie liczby dotowanych odwiertów geotermalnych. Program powinien pozwolić na uzyskanie lepszych efektów w zakresie rozwoju geotermii w Polsce przy mniejszych nakładach finansowych i mniejszym ryzyku udostępnienia zasobów wód termalnych niż miało to miejsce dotychczas. W celu usprawnienia przygotowania wniosków oraz załączonych do nich projektów robót geologicznych, Ministerstwo Klimatu i Środowiska przekazało do NFOŚiGW katalog rekomendacji i zaleceń dotyczących projektowania robót geologicznych w celu udostępnienia wód termalnych w Polsce, które są dostępne dla wnioskodawców jako część dokumentów programowych.

Celem tego programu jest wsparcie jednostek samorządu terytorialnego w wykonywaniu prac i robót geologicznych związanych z poszukiwaniem i rozpoznawaniem złóż wód termalnych, umożliwiającym wykorzystanie pozyskanego ciepła lub energii do ogrzewania.

Formą dofinansowania jest dotacja. Dofinansowanie możliwe jest do 100% kosztów kwalifikowanych dla przedsięwzięć takich jak poszukiwanie i rozpoznawanie złóż wód termalnych.

Po rozpoznaniu złóż wód termalnych, kontynuacja przedsięwzięć może nastąpić np. w ramach programu priorytetowego NFOŚiGW pn. „Polska Geotermia Plus”.

9. 2.

POLSKA GEOTERMIA PLUS

Z programu tego dofinansowane mogą być budowa nowej, rozbudowa lub modernizacja istniejącej ciepłowni geotermalnej, opartej na źródle geotermalnym, lub modernizacja lub rozbudowa istniejących źródeł wytwarzania energii o ciepłownię geotermalną, opartej na źródle geotermalnym.

Beneficjentami tego programu mogą być Przedsiębiorcy w rozumieniu ustawy z dnia 6 marca 2018 r. Prawo przedsiębiorców (Dz. U. z 2018 r. poz. 646, z późn. zm.) wykonujący działalność gospodarczą.

Podstawowymi formami dofinansowania jest dotacja i pożyczka. Dofinansowanie w formie pożyczki do 100% kosztów kwalifikowanych, dofinansowanie w formie dotacji do 40% kosztów kwalifikowanych, w ramach budowy nowej, rozbudowy lub modernizacji istniejącej ciepłowni geotermalnej lub modernizacji lub rozbudowy istniejących źródeł wytwarzania energii o ciepłownię geotermalną do 50% kosztów kwalifikowanych. Warunkiem udzielenia dotacji jest zaciągnięcie pożyczki z NFOŚiGW, w części stanowiącej uzupełnienie do 100% kosztów kwalifikowanych.

Wsparcie finansowe przy realizacji projektów geotermalnych można uzyskać również ze środków bezzwrotnej pomocy finansowej dla Polski w postaci dwóch instrumentów pod nazwą: Mechanizm Finansowy EOG oraz Norweski Mechanizm Finansowy (potocznie znanych jako fundusze norweskie), pochodzi z trzech krajów EFTA (Europejskiego Stowarzyszenie Wolnego Handlu), będących zarazem członkami EOG (Europejskiego Obszaru Gospodarczego), tj. Norwegii, Islandii i Liechtensteinu.

Obecnie obywają się nabór wniosków w ramach obszaru programowego:

9.3.

ENERGIA ODNAWIALNA, EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA, BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE (BUDOWA ŹRÓDEŁ CIEPŁA WYKORZYSTUJĄCYCH ENERGIĘ GEOTERMALNĄ – GEOTERMIA GŁĘBOKA)

Celem tego programu jest zwiększenie produkcji energii ze źródeł odnawialnych poprzez budowę systemów produkcji energii z wykorzystaniem geotermii głębokiej w miejscach, w których, poprzez wykonanie odwiertów badawczo-poszukiwawczych, potwierdzono obecność opłacalnych ekonomicznie źródeł i możliwość ich wykorzystania do celów grzewczych lub energetycznych. Do dofinansowania kwalifikują się projekty z zakresu budowy systemów do produkcji energii na bazie źródeł geotermii głębokiej, polegające na:

- konstrukcji otworów zatlaczających/produkcyjnych na obszarach, na których potencjał geotermalny został potwierdzony poprzez realizację odwiertów próbnych w ramach zrealizowanych projektów badawczych;

- budowie lub rozbudowie ciepłowni/elektrowni geotermalnych;
 - budowie infrastruktury ciepłowniczej (węzłów ciepłych, wymienników ciepła, połączeń sieciowych) służącej włączeniu ciepła geotermalnego do istniejących systemów ciepłowniczych;
 - wprowadzeniu zmian technologicznych i infrastrukturalnych w istniejących systemach ciepłowniczych (przebudowa), mających na celu włączenie ciepła ze źródeł geotermalnych do ciepła systemowego;
- Dodatkowo zakres przedmiotowy projektów może obejmować działania edukacyjno-szkoleniowe, które mogą być realizowane, jako działania uzupełniające dla działań inwestycyjnych.

O dofinansowanie w ramach naboru wniosków, w tym programie mogą ubiegać się małe, średnie i duże przedsiębiorstwa, jednostki samorządu terytorialnego, a także ich związki. Poziom dopuszczalnego wnioskowanego dofinansowania projektu wynosi maksymalnie 50% kosztów kwalifikowalnych.

LITERATURA

Kondracki J., 2002. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa; Marek S. 1982. Uwagi o budowie geologicznej niecki płockiej (warszawskiej). Przegląd Geologiczny, nr 30 (9);
Stupnicka E., 2013. Geologia regionalna Polski. Wyd. III, Wyd. UW, Warszawa;
Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta i Gminy Piaseczno, Agencja Użytkowania i Poszanowania Energii Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, 2015.



