

Wstępne studium techniczno-ekonomiczne  
wykorzystania wód termalnych

# STRZELNO



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 Ciapała<sup>1</sup>, mgr Izabella Gryszkiewicz<sup>2</sup>, mgr inż. Marek Hajto<sup>1</sup>,  
dr inż. Michał Kaczmarczyk<sup>1</sup>, mgr inż. Dorota Lasek-Woroszkiewicz<sup>2</sup>, dr hab. inż. Leszek Pająk<sup>1</sup>,  
mgr Łukasz Smajdor<sup>2</sup>, dr Mariusz Socha<sup>2</sup>, dr hab. inż. Anna Sowizdzał<sup>1</sup>, mgr Jadwiga Stożek<sup>2</sup>,  
dr hab. inż. Barbara Tomaszewska<sup>1</sup>, mgr inż. Agnieszka Wrzosek<sup>2</sup>, mgr Ewa Zaporą<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków, al. Mickiewicza 30

<sup>2</sup>Państwowy 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

<b>1.</b>	<b>CHARAKTERYSTYKA MIASTA/GMINY</b>	<b>2</b>
1.1.	LOKALIZACJA	2
1.2.	FIZJOGRAFIA	2
1.3.	WARUNKI HYDROGEOTERMALNE	3
<b>2.</b>	<b>OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ</b>	<b>4</b>
3.1.	GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTU	6
3.2.	BILANS ENERGETYCZNY ANALIZOWANEGO ODBIORCY ENERGII	6
3.2.1.	ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA	6
3.2.2.	OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE	7
3.2.3.	WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – – SIEĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE	7
<b>4.</b>	<b>WSTĘPNA OCENA FINANSOWA</b>	<b>13</b>
4.1.	ZAŁOŻENIA DO WSTĘPNEJ OCENY FINANSOWEJ	13
4.2.	ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA	15
4.2.1.	NAKŁADY INWESTYCYJNE	15
4.2.2.	KOSZTY OPERACYJNE	15
4.2.3.	OCENA FINANSOWA	15
4.3.	OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE	15
4.3.1.	NAKŁADY INWESTYCYJNE	15
4.3.2.	KOSZTY OPERACYJNE	15
4.3.3.	OCENA FINANSOWA	15
4.4.	WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – SIEĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE	15
4.4.1.	NAKŁADY INWESTYCYJNE	15
4.4.2.	KOSZTY OPERACYJNE	15
4.4.3.	OCENA FINANSOWA	15
<b>5.</b>	<b>STAN ŚRODOWISKA</b>	<b>19</b>
<b>6.</b>	<b>ODDZIAŁYWANIE PROJEKTU NA ŚRODOWISKO NATURALNE</b>	<b>19</b>
<b>7.</b>	<b>PROGNOZA STANU TERMODYNAMICZNEGO I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD TERMALNYCH</b>	<b>23</b>
<b>8.</b>	<b>WNIOSKI</b>	<b>26</b>
<b>9.</b>	<b>POTENCJALNI INICJATORZY / PROMOTORZY PROJEKTU</b>	<b>27</b>

# 1 CHARAKTERYSTYKA MIASTA | GMINY

## 1.1.

### LOKALIZACJA

Gmina miejsko-wiejska Strzelno położona jest w południowo-zachodniej części województwa kujawsko-pomorskiego (przy granicy z województwem wielkopolskim), w powiecie mogileńskim. Obejmuje obszar 185 km<sup>2</sup>. W jej skład wchodzi 23 sołectwa, na które składa się 35 miejscowości (w tym miasto – Strzelno). Gmina graniczy z gminami województwa kujawsko-pomorskiego powiatu inowrocławskiego: od północy z gminami Janikowo i Inowrocław, od wschodu z gminą Kruszwica, powiatu mogileńskiego: od zachodu z gminą Mogilno, od południa z gminą Jeziora Wielkie oraz od południowego zachodu z jedną gminą województwa wielkopolskiego, powiatu słupeckiego Orchowo. Lokalizację gminy Strzelno na tle mapy podziału administracyjnego pokazano na rysunku 1.1.

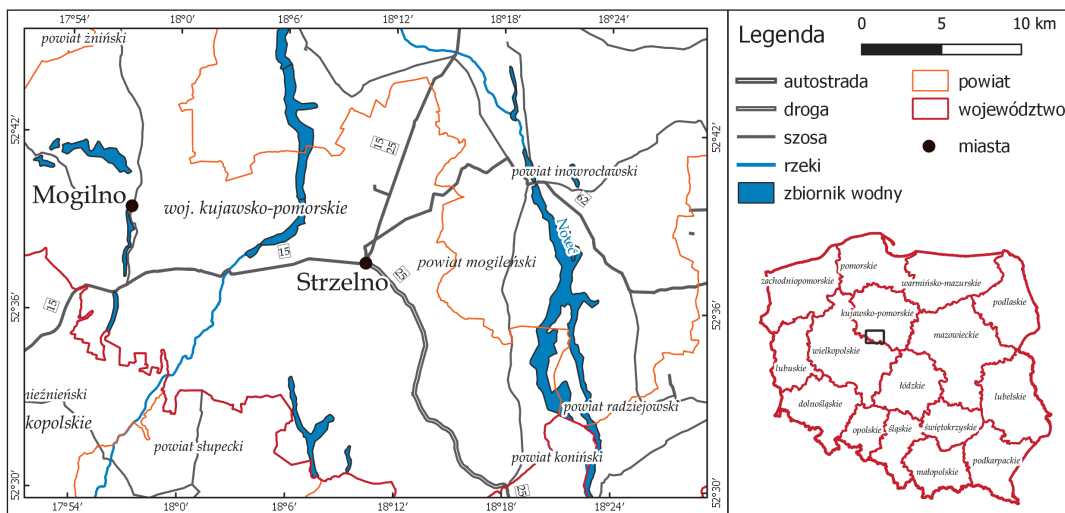
## 1.2.

### FIZJOGRAFIA

W świetle fizycznogeograficznego podziału Polski (Konradcki, 2000) obszar gminy znajduje się w granicach pro-

wincji Nizy Środkowoeuropejskiego, podprowincji Pojezierza Południowobałtyckie, makroregionu Pojezierza Wielkopolskiego, na pograniczu mezoregionu Równina Inowrocławska i Pojezierza Gnieźnieńskiego. W rzeźbie terenu dominują płaskie i faliste wysoczyzny morenowe. Na powierzchni występuje głównie glina morenowa. Gleby tworzą mozaikę. Część północna pokryta jest głównie przez czarnoziemy oraz brunatnoziemy. Część południową pokrywają gleby bielicoziemne. Powierzchnia równiny jest na ogół płaska, pokryta utworami morenowymi, o średniej wysokości 100 m n.p.m. Dzięki występowaniu żyznych czarnych ziem posiada bardzo dobre warunki naturalne do rozwoju produkcji rolnej. W związku z dobrą klasą bonitacyjną gleb na północy, gmina Strzelno jest w tej części dobrze zagospodarowaną rolniczo krainą, a na piaskach sandrowych w części południowej posiada lasy.

Gmina Strzelno położona jest w dorzeczu Odry w zlewni rzeki Noteci. Na terenie gminy występują fragmenty dwóch dużych, częściowo przepływowych ciągów rynien jeziornych – Jeziora Pakoskiego i Ostrowskiego oraz Jeziora Łąkie o powierzchni 21 ha. Jeziora z terenu gminy



Rysunek 1.1.  
Lokalizacja gminy Strzelno na tle mapy podziału administracyjnego

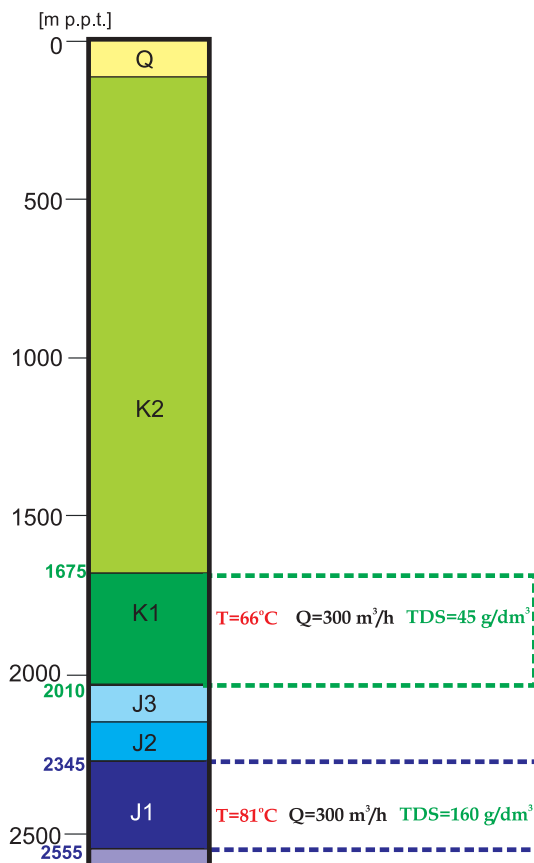
Strzelno są pochodzenia lodowcowego, głównie typu rynnowego. Najczęściej są one długie i wąskie o znacznych głębokościach i o niewyrównanym dnie.

### 1.3.

#### WARUNKI HYDROGEOTERMALNE

Strzelno położone jest w niecce mogileńsko-łódzkiej, w obrębie antykliny Strzelna. Jest to słup solny częściowo przebitý przez utwory triasu – warstwy piaskowca, wapienia muszlowego i częściowo kajpru. Stopień zuskokowania silny w głębszych partiach kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego słabnie stopniowo w utworach jury górnej i najniższej kredy. Pionowe ruchy wysadów solnych zachodziły w mezozoiku oraz paleogenie i neogenie. Mezozoiczne ruchy tektoniczne sprzyjały powstawaniu osadów różnicujących się w zależności od zmian głębokości basenów morskich oraz tempa wyciskania mas solnych (Badura, Przybylski, 2012). W rejonie Strzelna znaczenie uylitarne mogą mieć zarówno wody termalne zbiornika dolnojurajskiego, jak i dolnokredowego. Na uwagę zasługuje wysoka potencjalna wydajność otworów – do ok 300 m<sup>3</sup>/h. Zbiornik kredy dolnej zalega na głębokości (strop) 1 675 m p.p.t., (spąg 2010 m p.p.t.) a jego miąższość całkowita wynosi ok. 335 m. Temperaturę w obrębie utworów dolnej kredy oszacowano na ok. 66°C, a mineralizację wód na poziomie 45g/dm<sup>3</sup>. Natomiast zbiornik dolnojurajski zalega na głębokości (strop) 2345 m p.p.t., (spąg 2555 m p.p.t.) a jego miąższość całkowita wynosi ok.210 m. Temperaturę w obrębie utworów wodonośnych jury dolnej oszacowano na ok. 81°C. Należy spodziewać się wysokiej mineralizacji wód, a mianowicie ok. 160 g/dm<sup>3</sup>. Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Strzelna przedstawiono na rysunku 1.2.

### Strzelno GT-1



Rysunek 1.2.  
Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Strzelna



## 2 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO

W gminie występuje sieć ciepłownicza. Operatorem jest Zakład Energetyki Ciepłej w Strzelnie. Moc zainstalowana w lokalnych źródłach ciepła wynosi 2,02 MW. Do sieci przyłączonych jest ponad 550 lokali mieszkalnych: spółdzielczych i komunalnych. W gminie Strzelno funkcjonuje sieć gazownicza. Gazociąg wysokiego ciśnienia znajduje się poza terenem gminy. Nie są znane żadne parametry dotyczące stacji redukcji-

no-pomiarowej (położenie, wydajność). W 2013 roku w gminie Strzelno stopień gazyfikacji wynosił 38,2%, jednak dla miasta Strzelno stopień dostępu do gazu wynosił niemal 100% (Strategia Rozwoju Gminy Strzelno na lata 2008–2017).

Podstawowe informacje dotyczące funkcjonujących źródeł energii cieplnej w rejonie miasta przedstawiono w tabeli 2.1.

NAZWA ŹRÓDŁA CIEPŁA	
ZARZĄD GOSPODARKI KOMUNALNEJ I MIESZKANIOWEJ W STRZELNIE	
Moc cieplna źródła [MW]	1,2
Roczna produkcja ciepła	6,2 [TJ/rok]
Stosowane paliwo	miat węglowy, ekogroszek
Parametry pracy sieci	60°/45°C
Dostawy ciepła	c.o. / c.w.u.*
Sieci ciepłownicze	500 m (należą do Spółdzielni Mieszkaniowej przy os. Piastowskim 4)

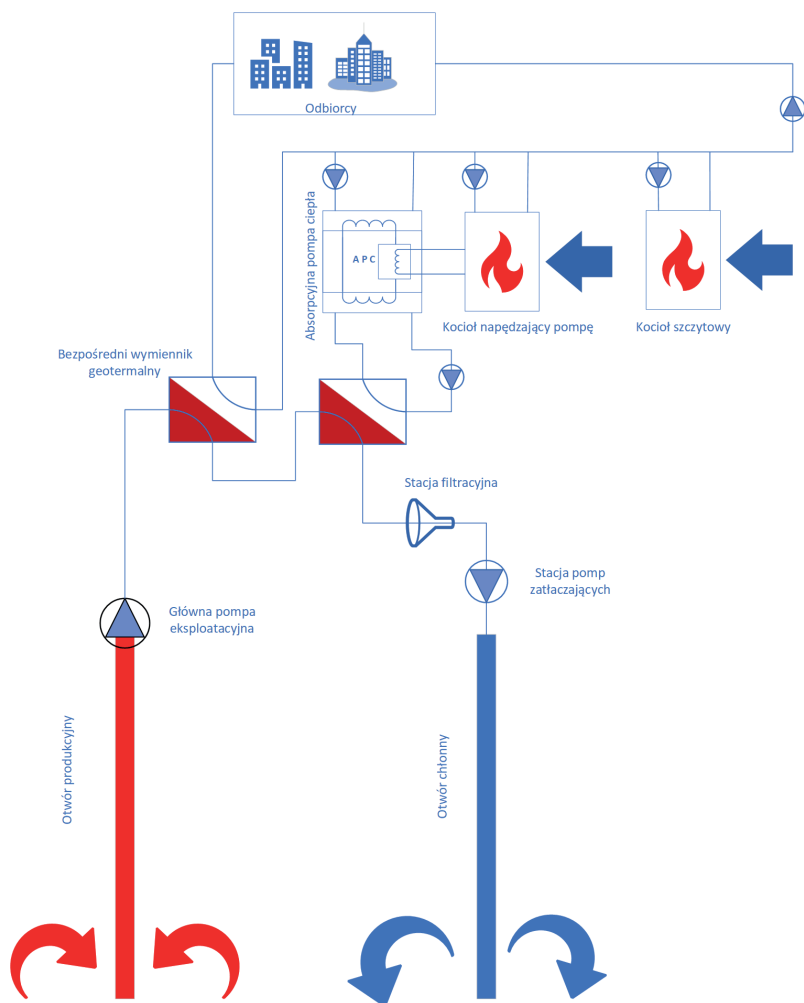
\*c.o. – centralne ogrzewanie; c.w.u. – ciepła woda użytkowa

Tabela 2.1.  
Charakterystyka wytwórców ciepła w Strzelnie

## 3 KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ

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

W Strzelnie dostępny jest sieciowy gaz ziemny, istnieje również sieć ciepłownicza. Schemat pracy źródła energii jest następujący: woda termalna wydobywana jest na powierzchnię otworem produkcyjnym o głębokości stosownej do głębokości zalegania horyzontu wodonośnego. Wy wpływając ze strefy filtra otworu



Rysunek 3.1.

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

produkcyjnego woda termalna traci część zawartej w niej energii, co skutkuje tym, że temperatura na głowicy otworu produkcyjnego jest niższa od temperatury złożowej. Różnica między temperaturą w strefie złoża i na głowicy będzie tym mniejsza im większy będzie strumień pozyskiwanej wody termalnej, co ujęto w obliczeniach.

Kolejno 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 tam wodę

powrotną instalacji ciepłowniczej do możliwie wysokiej temperatury. Ten stopień odzysku energii z wód geotermalnych 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 ona 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 przesyśle). Granicę temperatury, do której zakłada się ochł-

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

### 3.1.

#### GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTU

Przewidywane parametry ujęcia wód termalnych zestawiono w tabeli 3.1.

### 3.2.

#### BILANS ENERGETYCZNY ANALIZOWANEGO ODBIORCY ENERGII

W dalszych rozdziałach przedstawiono charakterystykę wykorzystania energii geotermalnej w celu zaspokojenia potrzeb analizowanych grup odbiorców w Strzelnie.

W lokalizacji istnieje zarówno sieć cieplownicza, jak i gazownicza. Zapotrzebowanie na moc i energię sieci cieplowniczej jest jednak niewielkie (tab. 3.2), w stosunku do zasobów geotermalnych. Moc geotermalną oszacowano na 7 MW – bez pomp ciepła, przy założeniu schłodzenia wody termalnej o 20°C, przy wykorzy-

staniu pomp ciepła i schłodzeniu do 20°C zasoby dostępnej mocy rosną do ponad 20 MW. W poniższych rozdziałach opisano parametry techniczne i ekonomiczne dotyczące możliwości zagospodarowania wód termalnych w rejonie Strzelna.

#### 3.2.1.

#### ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA

Odbiorca komunalny wykorzystuje energię geotermalną w celu zaspokojenia potrzeb związanych z centralnym ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej. W przypadku Strzelna celowa wydaje się redukcja możliwego do pozyskania strumienia wody termalnej. Wartość eksploatowanego strumienia zostanie określona poniżej, tak by uzyskać minimalne jednostkowe koszty całkowite wytwarzania energii. Optymalną wartość eksploatowanego strumienia ustalono na poziomie 50 m<sup>3</sup>/h. Zbiorną charakterystykę odbiorców energii włączonych do sieci przedstawiono na rysunkach 3.2 i 3.3. Ważniejsze parametry eksploatacyjne systemu przedstawiono w tabeli 3.2. Budowa instalacji geotermalnej w Strzelnie wydaje się celowa pod warunkiem ok. dwukrotnego poszerzenia grona odbiorców i zwiększenia zapotrzebowania na ciepło sieciowe (względem stanu aktualnego przedstawionego w tabeli 2.1).

Na rysunku 3.2 przedstawiono uporządkowany (malejąco) wykres zapotrzebowania na moc grzewczą odbiorcy komunalnego (uporządkowany począwszy od miesiąca o najwyższym zapotrzebowaniu na energię, a nie według kolejnych miesięcy w roku), natomiast rysunku 3.3 – wykres uporządkowany sterowania mocą dostarczoną. Krzywe z rysunku 3.2 przedstawiają chwilowe, uporządkowane malejąco zapotrzebowanie na moc grzewczą związaną z centralnym ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej. Założono, że instalacje grzew-

PARAMETR	WARTOŚĆ
Udostępniony poziom wodonośny	jura dolna
Liczba otworów	2
Głębokość otworu (dipola) (±10%)	2 555 m
Głębokość zalegania stropu poziomego wodonośnego	2 345 m p.p.t
Mineralizacja ogólna wody termalnej	160 g/dm <sup>3</sup>
Temperatura wody w złożu / na wypływie	81/80°C
Potencjalna wydajność eksploatacyjna ujęcia	300 m <sup>3</sup> /h

Tabela 3.1.

Ważniejsze parametry eksploatacyjne źródła geotermalnego w Strzelnie



cze odbiorców zostaną zaadaptowane do parametrów 60/45°C (obniżone parametry), a instalacje przygotowania ciepłej wody na parametry 60/30°C (rys. 3.3).

Wykorzystując model matematyczny źródła energii oraz charakterystykę odbiorcy, uwzględniając straty na przesyłanie energii określono harmonogram pracy geotermalnego źródła energii. Przedstawia go na krzywych uporządkowanych malejąco (rys. 3.4).

Z wykresu wynika, że całkowite zapotrzebowanie na moc zostaje pokryte przy wykorzystaniu wymiennika bezpośredniego. Niewielki deficyt mocy pokrywają pompy ciepła. Ich praca wiąże się ze zużyciem energii, której udział nie przekracza 1% całkowitego zapotrzebowania na energię (tab. 3.2).

### 3.2.2.

#### OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE

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

Na rysunku 3.5 przedstawiono chwilowe, uporządkowane malejąco zapotrzebowanie na moc grzewczą kompleksu rekreacyjnego, natomiast 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 na parametry 60/20°C.

Minimalne koszty jednostkowe pokrycia potrzeb ciepłych w przypadku odbiorcy balneologicznego osiągnięto przy strumieniu wody termalnej 100 m<sup>3</sup>/h.

Na rysunku 3.7 przedstawiono uporządkowane malejąco krzywe pokrycia potrzeb ciepłych obiektu źródłem energii wykorzystującym geotermię. Z harmonogramu pracy źródeł wynika, że dominujące znaczenie w pokryciu potrzeb odbiorcy ma wymiennik bezpośredni. Kotły wspomaganie szczytowego nie są wykorzystywane, a energia kotłów napędzających pompy ciepła stanowi ok. 1% całkowitej energii wytwarzanej w źródle (tab. 3.3).

### 3.2.3.

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

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

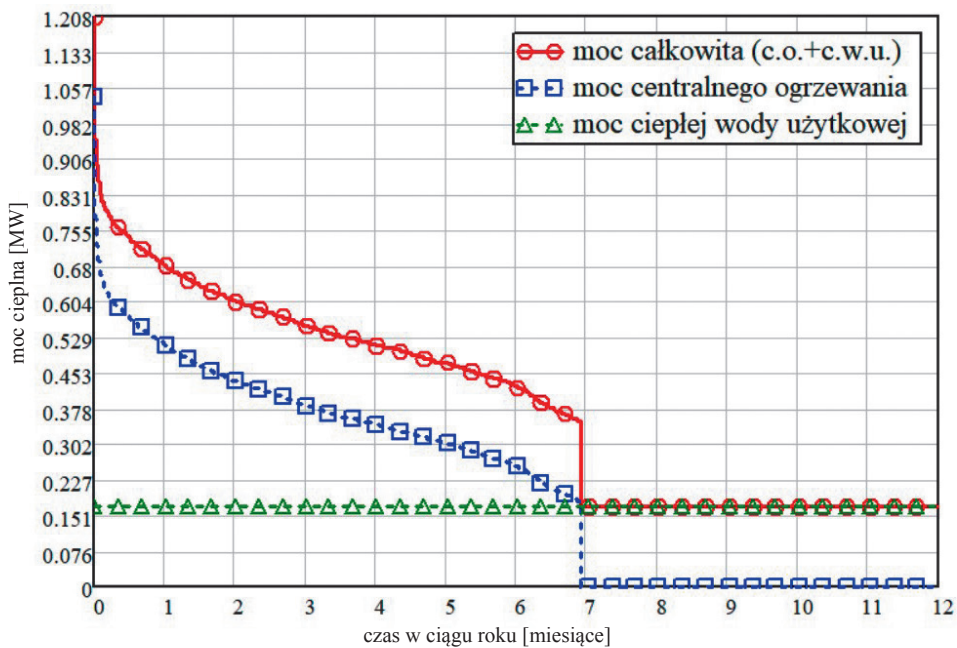
Na rysunku 3.8 przedstawiono uporządkowaną krzywą uporządkowaną malejąco zapotrzebowania na moc odbiorcy kaskadowego, jest ona sumą krzywych opisujących zapotrzebowanie na moc odbiorcy komunalnego i rekreacyjnego. Rysunek 3.9 przedstawia krzywą

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	brak
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	1,2 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	1,2 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	<0,1 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	n/d
Roczna produkcja ciepła:	
- geotermalnego	12,4 TJ (100%)
- z kotłów szczytowych i kotłów napędowych pomp ciepła	12,3 TJ (99%) 0,1 TJ (1%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,321
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E / GZ50)	3,4 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	261 MWh
Dostawy ciepła	12,3 TJ c.o./ c.w.u.(w sez.letnim 100% c.g.*)

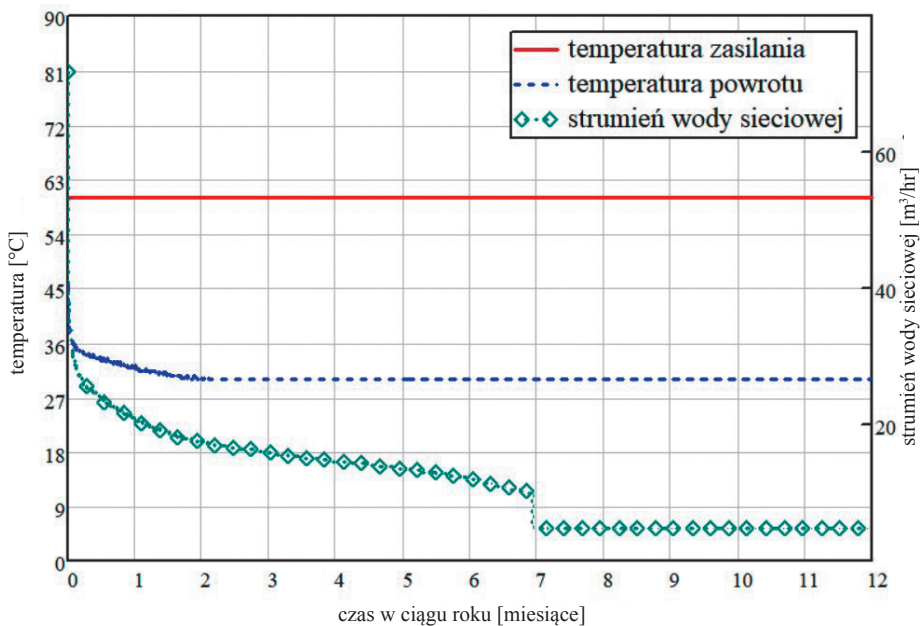
\*c.g. – ciepło geotermalne

Tabela 3.2.

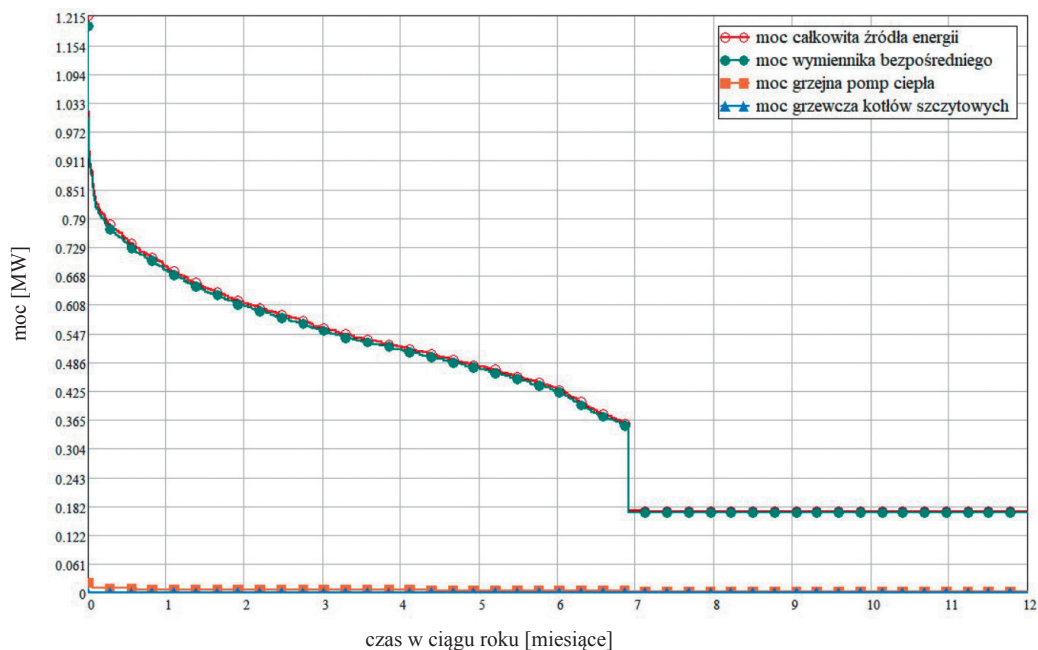
Bilans energetyczny geotermalnego systemu ciepłowniczego w Strzelnie



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



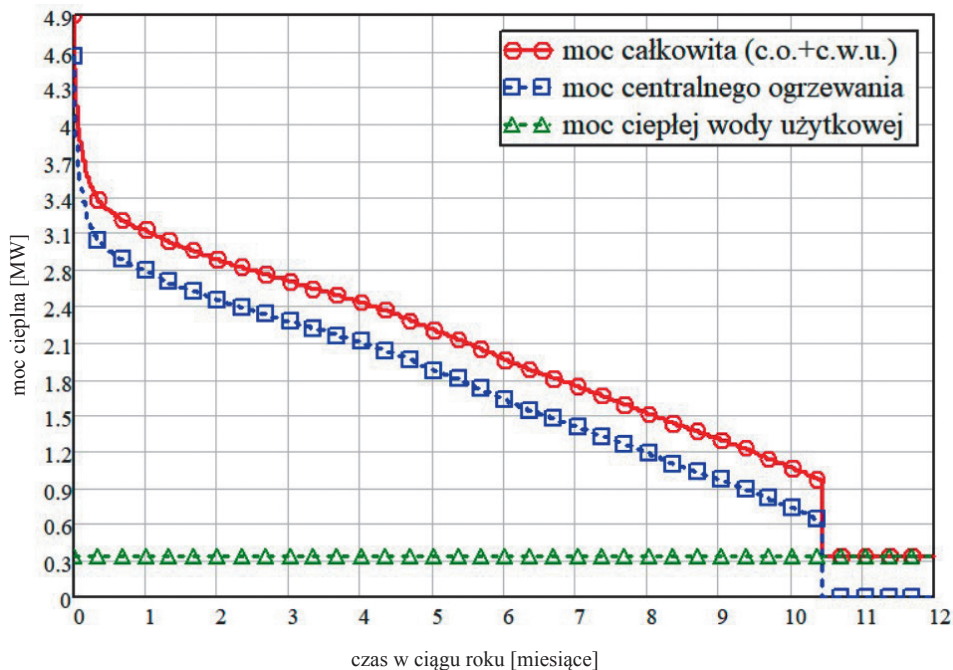
Rysunek 3.3.  
Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy komunalnego w Strzelnie



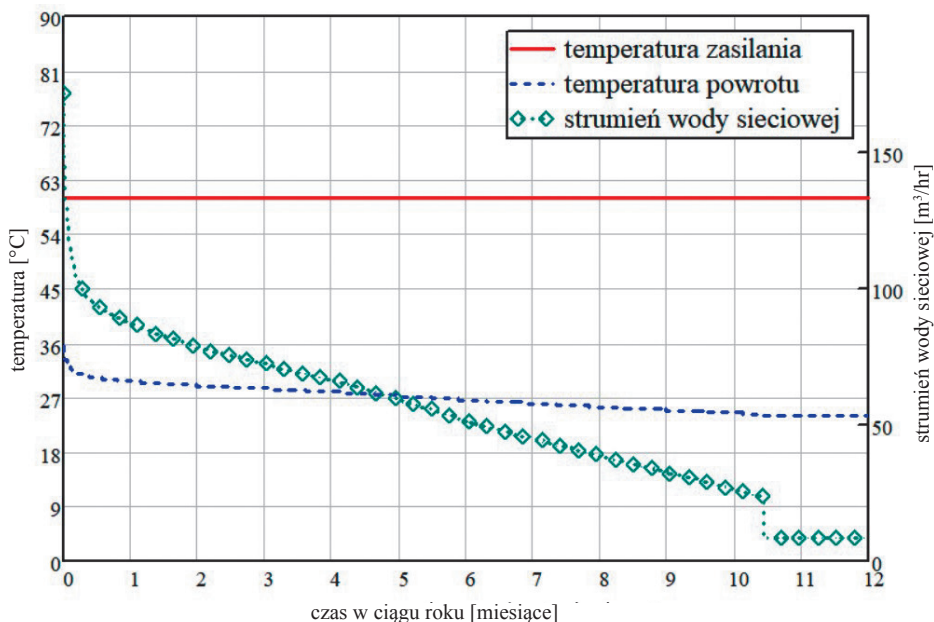
**Rysunek 3.4.** Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł energii dla obiektów komunalnych w Strzelnie

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	brak
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	4,9 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	4,9 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	<0,1 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	n/d
Roczna produkcja ciepła:	
- geotermalnego	61,7 TJ (100%)
- z kotłów szczytowych	61,4 TJ (99%)
	0,3 TJ (1%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,396
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E (GZ 50))	9,7 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	895 MWh
Dostawy ciepła	61,2 TJ c.o./ c.w.u.(w sez. letnim 100% c.g.)

**Tabela 3.3.** Bilans energetyczny systemu geotermalnego (rekreacja) w Strzelnie



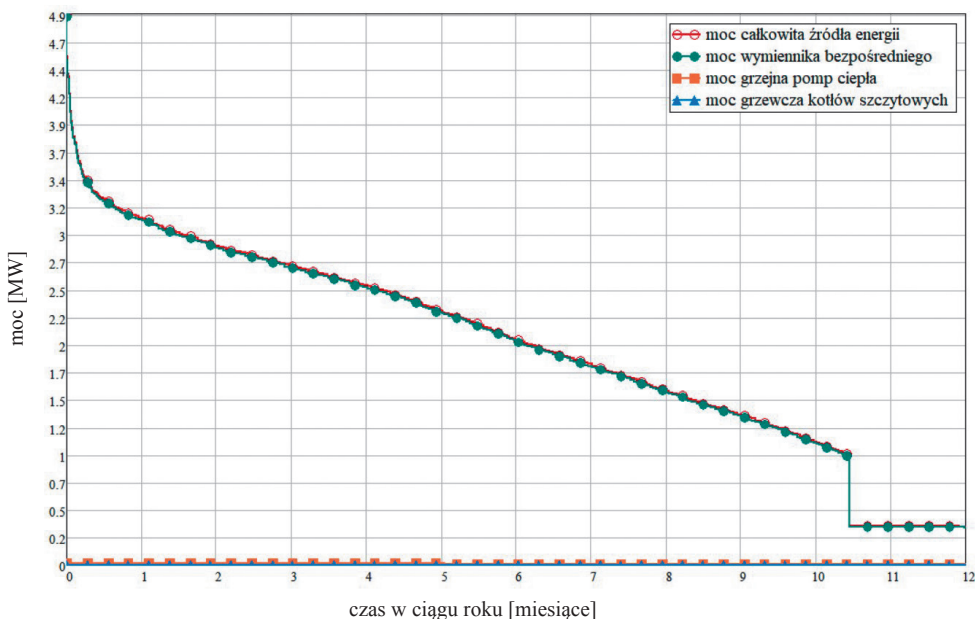
Rysunek 3.5.  
Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej dla odbiorcy typu obiekty basenowe rekreacyjne w Strzelnie



Rysunek 3.6.  
Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy typu baseny rekreacyjne w Strzelnie

uporządkowaną malejąco sterowania mocą dostarczoną. Na podstawie analizy wykresu (rys. 3.10) można wnioskować, że prawie cała energia zużywana przez odbiorcę kaskadowego jest zaspokajana wymiennikiem bezpośrednim, przy minimalnym udziale pomp ciepła o bardzo małej mocy (21 kW). Ilość energii zużywa-

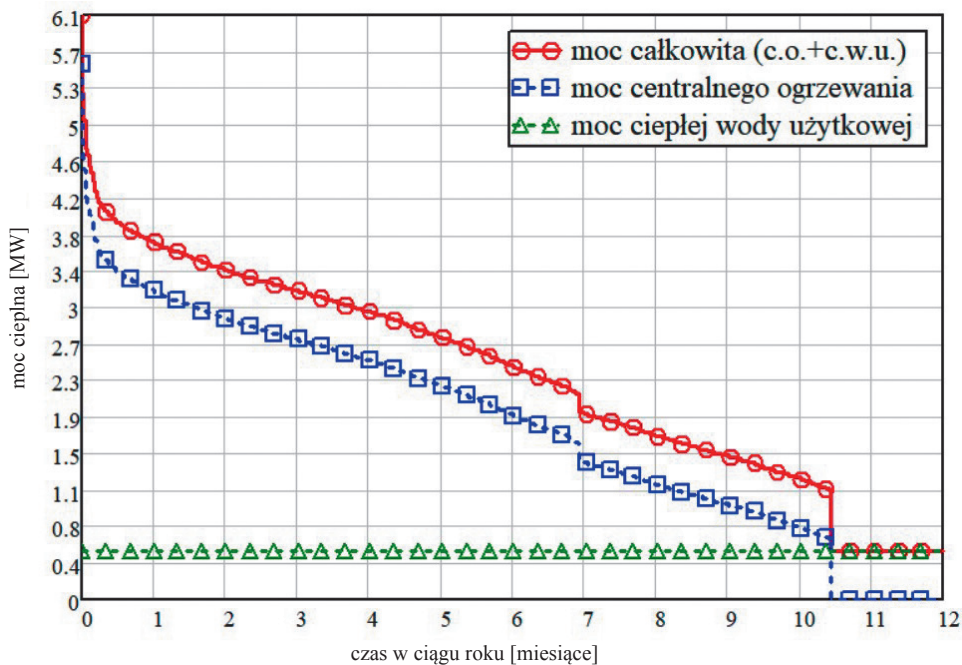
nej przez kotły napędzające pompy ciepła stanowi ok. 1% energii wytwarzanej w źródle (tab. 3.4). Minimalne koszty jednostkowe pokrycia potrzeb ciepłych w przypadku odbiorcy kaskadowego osiągnięto przy strumieniu wody termalnej 130 m<sup>3</sup>/h. Założono, że z taką wydajnością maksymalnie pracuje dublet geotermalny.



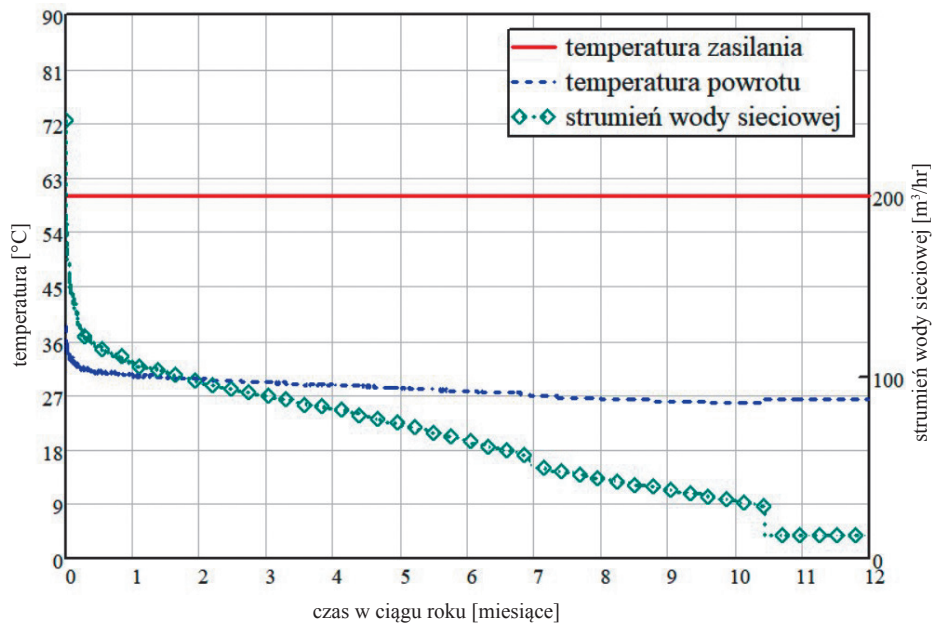
**Rysunek 3.7.** Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł dla obiektów typu baseny rekreacyjne w Strzelnie

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	Brak
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	8,2 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	5,4 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	2,9 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	n/d
Roczna produkcja ciepła:	81,6 TJ (100%)
- geotermalnego	81,2 TJ (99%)
- z kotłów szczytowych	0,4 TJ (1%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,384
Roczne zużycie paliwa kopalnego (lekkiego oleju opałowego)	13,5 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	1 351 MWh
Dostawy ciepła	81,6 TJ c.o./ c.w.u.(w sez. letnim 100% c.g.)

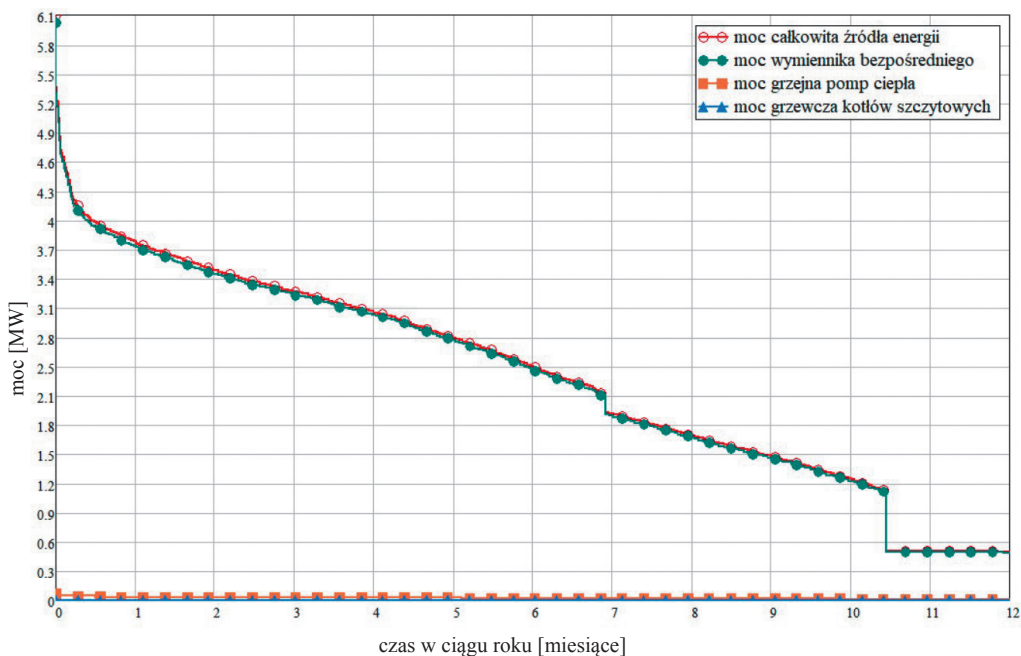
**Tabela 3.4.** Bilans energetyczny systemu geotermalnego w kaskadzie w Strzelnie



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



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



Rysunek 3.10.

Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem c.w.u., przy wykorzystaniu analizowanych źródeł w kaskadowym wykorzystaniu energii w Strzelnie

## 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 (tab. 4.1).

Do obliczeń przyjęto, że środki inwestycyjne są wydatkowane 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 i 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 ciepłą 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 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 zł), a wskaźnik dla 25. 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 w cenie jednostki energii uzyskanej w ciepłowni geotermalnej i 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. Równocześnie sposób wyznaczania ryzyka inwestycji jest trudny do jednoznacznego skwantyfikowania, przez co należy spodziewać się rozbieżności względem obliczeń wykonanych przez inne zespoły, a współczynnik ten jest kluczowy dla wyznaczenia zdyskontowanych wartości ekonomicznych. Obniżając ryzyko (np. poprzez odwierty badawcze, badania geofizyczne i rekonstrukcję odwiertów z już opisanymi parametrami geotermicznymi) tak, by stopa dyskonta była niższa niż zaprezentowana wartość IRR, zwiększa się szansa na ekonomicznie uzasadnione udostępnienie zasobów geotermalnych w danej lokalizacji.

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.

WSKAŹNIK	WARTOŚĆ [%/ROK]
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*) – $p$	95
Ryzyko projektu (do obliczeń stopy dyskontowej) $r_{proj} = 100\% - p$	5
Realna stopa dyskontowa (oszacowana przy wykorzystaniu równania Fishera)	9,51

\* 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 Strzelna**



## 4.2.

### ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA

Prognozowane nakłady finansowe na uruchomienie źródła energii zestawiono w rozdziale 4.2.1, 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 16 569 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Strzelnie, uwzględniającą wyłącznie odbiorcę komunalnego, przedstawiono w tabeli 4.2.

#### 4.2.2.

##### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej oszacowano na 1 032 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów operacyjnych instalacji w Strzelnie, uwzględniającej wyłącznie odbiorcę komunalnego, przedstawiono w tabeli 4.3.

#### 4.2.3.

##### OCENA FINANSOWA

Zestawienie podstawowych wskaźników finansowej efektywności systemu ciepłowniczego pracującego wyłącznie dla odbiorcy komunalnego przedstawiono w tabeli 4.4.

## 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 przedstawia rozdział 4.3.2.

#### 4.3.1.

##### NAKŁADY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej to 16 904 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację

geotermalną w Strzelnie, uwzględniającą wykorzystanie do celów rekreacyjnych, przedstawiono w tabeli 4.5.

#### 4.3.2.

##### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej to 1 355 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów operacyjnych instalacji w Strzelnie, uwzględniającej wykorzystanie wód do celów rekreacyjnych, przedstawiono w tabeli 4.6.

#### 4.3.3.

##### OCENA FINANSOWA

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

## 4.4.

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

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

#### 4.4.1.

##### NAKŁADY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej to 17 106 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Strzelnie, uwzględniającą wykorzystanie wód termalnych w systemie kaskadowym, przedstawiono w tabeli 4.8.

#### 4.4.2.

##### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej to 1 641 tys. zł/rok. Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji pracującej w systemie kaskadowym przedstawiono w tabeli 4.9.

#### 4.4.3.

##### OCENA FINANSOWA

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

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	0 (dotacja)
Otwór chłonnny	14 231
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	60
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	31
Kotły szczytowe na gaz ziemny	0
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	32
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	1 515
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>16 569</b>

**Tabela 4.2.**  
Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Strzelnie – odbiorca komunalny

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	1 032
- Koszty stałe, w tym:	908
- amortyzacja środków trwałych	756
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	152
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	124

**Tabela 4.3.**  
Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Strzelnie – odbiorca komunalny

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	83 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	-16 954 007,18 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	-
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	-16 817 856,82 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	-

**Tabela 4.4.**  
Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Strzelnie – odbiorca komunalny

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	14 231
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	245
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	35
Kotły szczytowe na gaz ziemny	0
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	131
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	1 562
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>16 904</b>

**Tabela 4.5.**  
Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Strzelnie – baseny geotermalne

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	1 355
- Koszty stałe, w tym:	935
- amortyzacja środków trwałych	777
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	158
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	420

**Tabela 4.6.**  
Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Strzelnie – baseny geotermalne

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	22 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	6 629 917,35 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	17,25%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	5 586 871,49 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	10 lat

**Tabela 4.7.**  
Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Strzelnie – baseny geotermalne

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	14 231
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	304
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	114
Kotły szczytowe na sieciowy gaz ziemny	0
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	163
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	1 594
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>17 106</b>

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

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	1 641
- Koszty stałe, w tym:	952
- amortyzacja środków trwałych	791
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	161
- Koszty zmienne (głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	689

**Tabela 4.9.**  
Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Strzelnie – system kaskadowy

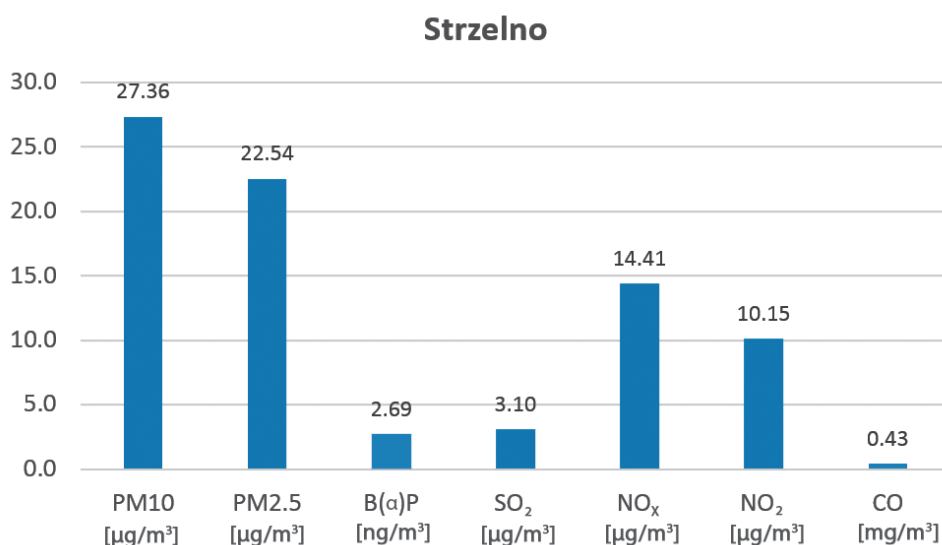
KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	22 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	11 092 932,65 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	23,65%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	7 275 292,40 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	7 lat

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

## 5 STAN ŚRODOWISKA

Źródła powierzchniowej emisji zanieczyszczeń są wskazane w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej. Wymienione są małe kotłownie, indywidualne paleniska domowe. Jako środki zaradcze wskazane są zmiana paliwa, ograniczenie zapotrzebowania na ciepło (termomodernizacja), wykorzystanie OZE. Źródła liniowej oraz punktowej emisji zanieczyszczeń nie są wskaza-

ne w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej. Nie dokonano klasyfikacji stanu jakości powietrza ze względu na poszczególne substancje zanieczyszczające. Emisja dwutlenku węgla w gminie Strzelno jest nieznana. Zestawienie danych pomiarowych zanieczyszczeń powietrza dla gminy Strzelno w 2018 roku przedstawiono na wykresie rysunku 5.1.



Rysunek 5.1.  
Zestawienie wyników analizy danych pomiarowych zanieczyszczeń powietrza dla gminy Strzelno w 2018 roku

## 6 ODDZIAŁYWANIE PROJEKTU NA ŚRODOWISKO NATURALNE

Analizę efektu ekologicznego przeprowadzono w oparciu o trzy scenariusze bazowe przy założonych emisjach zgodnych z dokumentami „Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw – kotły o nominalnej mocy do 5 MW” ([https://krajowabaza.kobize.pl/docs/male\\_kotly.pdf](https://krajowabaza.kobize.pl/docs/male_kotly.pdf)) oraz „Wskaźniki Emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>,

NO<sub>x</sub>, 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](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/m<sup>3</sup>;
  - zawartość siarki: 7 mg/m<sup>3</sup>.
- Olej opałowy
  - sprawność kotła 90%, moc <0,5 MW;
  - kaloryczność 42,6 MJ/kg;
  - zawartość siarki 0,1%.

Na obecnym etapie 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, by 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 poniższego wzoru 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 związane jest 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 (występują one 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 jest związana wyłącznie z wykorzystaniem paliw przez szczytowe źródła ciepła (gaz ziemny, olej opałowy, biomasa) i wiąże się z dopasowaniem ciepłowni do obecnych potrzeb odbiorców. Absorpcyjne pompy ciepła mają wpływ również na emisję w skali lokalnej.

Zużycie energii elektrycznej i powiązana emisja w elektrowniach konwencjonalnych są 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 wariantach komunalnym (wykorzystanym do obliczeń efektu ekologicznego i ekonomicznego) przedstawiona została w tabeli 6.2.

Efekt ekologiczny wynikający z wykorzystania energii geotermalnej w wytypowanych lokalizacjach został obliczony na podstawie oszacowanej ilości energii, jaką instalacja geotermalna dostarczy do odbiorców (tab. 6.2). 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 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 za „Wskaźniki Emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Kra-

jowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2017 rok”.

Do 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 rozumiana 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 łatwość rozcieńczenia i odprowadzania zanieczyszczeń jest ograniczona, w związku z czym emitowane zanieczyszczenia wywołują zjawisko smogu (Kaczmarczyk i in., 2015). Emisja w elektrowniach to tzw. wysoka emisja, w której spaliny są oczyszczane w instalacjach przemysłowych i odprowadzane w sposób umożliwiający szybkie rozcieńczenie zanieczyszczeń, w niewielkim stopniu przyczyniając się do obniżenia jakości powietrza.

Uruchomienie zakładu geotermalnego skutkuje całkowitym wyeliminowaniem problemu lokalnej emisji substancji smogotwórczych. Uzyskany efekt jest

ZANIECZYSZCZENIE	EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PRZED URUCHOMIENIEM CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ W RÓŻNYCH WARIANTACH - E <sub>1</sub>		
	100% WĘGIEL KAMIENNY	100% GAZ ZIEMNY	100% LEKKI OLEJ OPAŁOWY
	[KG/ROK]	[KG/ROK]	[KG/ROK]
SO <sub>x</sub>	9 312	5,1	657
NO <sub>x</sub>	1 280	550	772,7
CO	26 191	108	220
CO <sub>2</sub>	1 077 000	723 000	1 043 000
Pył zawieszony	5 820	0,18	131,4
Benzo(α)piren	8,1	0	0,10

Tabela 6.1.

Emisja zanieczyszczeń w Strzelnie przed uruchomieniem ciepłowni geotermalnej (E<sub>1</sub>) (tzw. tło zanieczyszczeń dla różnych wariantów źródeł ciepła). W przypadku lokalnych kotłowni emisja lokalna jest praktycznie równa emisji globalnej

ZANIECZYSZCZENIE	LOKALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja E <sub>2</sub> lokalnie	OGROANICZENIE EMISJI (E <sub>1</sub> – E <sub>2</sub> ) 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 <sub>x</sub>	0,05	9 312	>99,9	5,1	99,7	656	99,9
NO <sub>x</sub>	6	1 275	99,6	544	99,0	768	99,4
CO	0,8	26 190	>99,9	107	98,8	219	99,5
CO <sub>2</sub>	7 000	1 070 000	99,4	716 000	99,1	1 036 000	99,4
Pył całkowity (TSP)	0,002	5 820	>99,9	0,18	98,4	131	>99,9
Benzo(α) piren	n/d	8,1	99,4	n/d	n/d	0,10	99,6

Tabela 6.2.

Szacowana emisja lokalna związana z funkcjonowaniem ciepłowni geotermalnej (E<sub>2</sub>) w Strzelnie i uzyskane po jej uruchomieniu ograniczenie emisji lokalnej – wariant komunalny. Redukcja emisji została obliczona wg wzoru:  $100\% \cdot (E_1 - E_2)/E_1$

ZANIECZYSZCZENIE	GLOBALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja E <sub>2</sub> globalnie	OGROANICZENIE EMISJI (E <sub>1</sub> – E <sub>2</sub> ) 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 <sub>x</sub>	190	9 122	98,0	-185,3	-3 662,1	466	71,0
NO <sub>x</sub>	199	1 081	84,5	350	63,8	574	74,3
CO	70	26 122	99,7	39	36,1	151	68,6
CO <sub>2</sub>	210 000	867 000	80,5	513 000	71,0	833 000	79,9
Pył całkowity (TSP)	11,5	5 809,2	99,8	-11,3	-6 277,8	119,9	91,3
Benzo(α) piren	n/d	8,1	100,0	n/d	n/d	0,10	100,0

Tabela 6.3.

Szacowana emisja globalna (z uwzględnieniem energii elektrycznej) związana z funkcjonowaniem ciepłowni geotermalnej (E<sub>2</sub>) w Strzelnie i uzyskane po jej uruchomieniu ograniczenie emisji globalnej – wariant komunalny. Redukcja emisji została obliczona wg wzoru:  $100\% \cdot (E_1 - E_2)/E_1$



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.

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 obciąża środowisko pewną ilością zanieczyszczeń. Ilości te podawane są 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 utrzymany niezależnie od przyjętego alternatywnego sposobu zaspokojenia zapotrzebowania na energię.**

W szczególności dotyczy to CO<sub>2</sub> oraz CO, nie odnotowuje się też emisji benzo(α)pirenu. Jedynie w przypadku emisji pyłów oraz tlenu 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.

## 7 PROGNOZA STANU TERMODYNAMICZNEGO I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD TERMALNYCH

Zasadniczy wpływ na powstawanie minerałów wtórnych w systemach geotermalnych 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 i 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 Strzelnie zrealizowano na podstawie dostępnych danych hydrogeochemicznych rozpoznanych w innych regionach kraju, głównie za sprawą wierceń i eksploatacji wód w Stargardzie, Pyrzycach i Skierniewicach, gdzie pozyskane zostały wody solankowe o zbliżonej mineralizacji z utworów jury dolnej. Otworem reperowym dla Strzelna jest Strzelno IG-1 i pomimo udostępnionej analizy fizykochemicznej wody z jury dolnej, nie było możliwe wprost wykonania modelu stanu termodynamicznego wody w układzie woda-skała oraz prognozy związanej wytrącaniem

osadów na skutek schładzania wody w tym przypadku. Wyniki badań próbki wody pobranej z otworu Strzelno IG-1, obciążone są bowiem bardzo dużym błędem analizy, 62%, co uniemożliwia wykonanie jakiegokolwiek prognostycznej oceny na tej podstawie.

Bazując zatem na wstępnym rozpoznaniu uwarunkowań hydrogeotermalnym w rejonie Strzelna prognozuje się, że w miejscowości tej możliwe będzie pozyskanie wody termalnej o mineralizacji ok. 157 g/dm<sup>3</sup>, w utworach jury dolnej. Są to wody typu chlorkowo-sodowego. Z doświadczenia związanego z eksploatacją wód w Pyrzycach i Stargardzie, oraz udostępnionych w Skierniewicach, można się spodziewać występowania w wodzie gazów, m.in. dwutlenku węgla i siarkowodoru. Eksploatacja solanek, wiąże się z możliwością wytrącania takich minerałów wtórnych jak aragonit i kalcyt (minerale węglanowe), gipsu (minerał siarczanowy), krzemionki oraz minerałów ilastych (Kępińska i Bujakowski, 2011). W otworze badawczym w Skierniewicach, odnotowano ponadto, że woda w warunkach złożowych jest nasycona głównie minerałami budującymi skały zbiornikowe, piaskowce – krzemianami, glinokrzemianami i minerałami ilastymi oraz węglanami. Jest również przesycona względem minerałów żelaza – getytu i hematytu (Tomaszewska, Pająk, 2012). Z uwagi na charakter korozyjny wody, w wodach Pyrzyc i Stargardu, Biernat i in. (2009) oraz Banaś i in. (2009) stwierdzili produkty korozji w postaci: tlenków i siarczków żelaza – syderyt i hematyt (w Pyrzycach) oraz makinanit oraz inne siarczki żelaza, magnetyt i hydroksytlenki. W Skierniewicach natomiast odnotowano tlenki, wodorotlenki i siarczki żelaza (Kępińska, Bujakowski, 2011). W instalacjach geotermalnych w Pyrzycach i Stargardzie, procesy wytrącania minerałów wtórnych i korozji były indukowane przedostawaniem się tlenu atmosferycznego do instalacji, zwłaszcza podczas jej przestojów, włączania i wyłączenia, wskutek nieszczelności, jak również uwalniania gazów zawartych w wodzie (Kępińska, Bujakowski, 2011). Prognozę stanu termodynamicznego wody termalnej w Strzelnie, zrealizowano na podstawie dostępnych danych hydrogeochemicznych stwierdzonych w otworze Stargard GT-1 (Dane AGH-KSE).

W obliczeniach przyjęto odczyn:

- wody lekko kwaśny (pH 6,5);
- środowisko redukcyjne (Eh -120 mV);
- temperatura wody złożowej 81°C i głowicowej 80,5°C przy wydobywaniu na poziomie 300 m<sup>3</sup>/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 i dalej, dla wody schłodzonej.**

Prognoza stanu równowagi termodynamicznej wody wykazała, że przy temperaturze w złożu 81°C, woda wykazuje przesylenie węglanowymi i krzemionkowymi formami mineralnymi, aragonitem kalcytem i dolomitem, jak również względem minerałów krzemionkowych. Nie stwierdzono natomiast tendencji do wytrącania osadów siarczanowych. Zarówno anhydryt, jak również gips, wykazują stan nienasylenia. Wyniki prognozy przedstawiono na rysunku 7.1. W odniesieniu do krzemianów, stwierdzono przesylenie wody względem albitu, illitem, K-miką, kaolinitem i kwarcem, czyli minerałami budującymi skały zbiornika geotermalnego.

W kolejnym etapie dokonano analizy stanu termodynamicznego wody w warunkach wydobywczych w rejonie Strzelna, przy eksploatacji z temperaturą 80,5°C. Należy zważyć, że zwykle największe problemy eksploatacyjne są związane z wytrącaniem osadów węglanowych oraz krzemionkowych. Tendencja do wytrącania węglanów maleje wraz ze schładzaniem wody, a dla minerałów krzemionkowych odwrotnie. Możliwość osadzania w instalacji osadów krzemionkowych rośnie wraz z obniżaniem temperatury wody. Dla temperatury 80,5°C stwierdzono podobną tendencję jak w warunkach złożowych, z wyraźnym stanem przesylenia aragonitem, kalcytem i dolomitem oraz kwarcem.

Analizując wyniki modelowania geochemicznego, przedstawione na rysunku 7.1 zauważa się, że schłodzenie wody do temperatury nawet 20°C, zmniejsza tendencję do wytrącania węglanowych form mineralnych (aragonitu, kalcytu i dolomitu). Jednakże takie schłodzenie, może przyczynić się do osadzania w instalacji krzemianów, w szczególności chalcedonu i kwarcu. Tendencja do wytrącania krzemionkowych form mineralnych rośnie intensywnie wraz z poziomem ochładzania płynu geotermalnego.

Podstawą obliczeń były równania wynikające z bilansu masy i prawa działania mas dla danej rozpatrywanej analizy chemicznej wody oraz przyjętych parametrów fizycznych. Wyniki obliczeń równowag termodynamicznych dla 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.

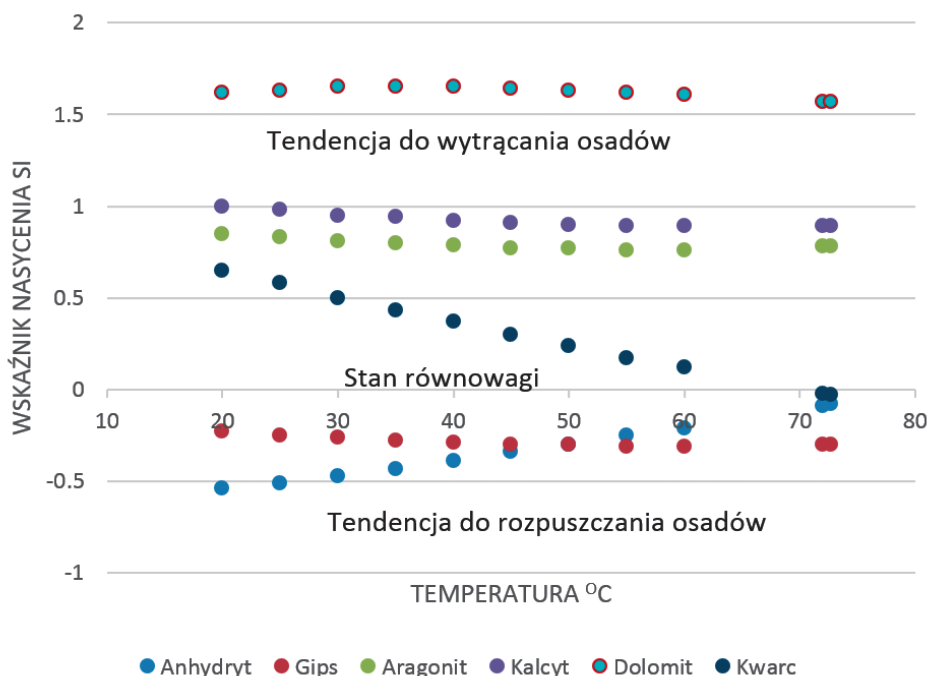
Przewiduje się, że woda w temperaturze złożowej, ok. 81°C, będzie nasycona głównymi minerałami budującymi skały zbiornikowe (piaskowce) tj. krzemianami, glinokrzemianami i minerałami ilastymi. Będzie wykazywać również lekkie przesylenie minerałami węglanowymi. Obliczenia wskazują ponadto, że woda termalna będzie niedosycona minerałami siarczanowymi (anhydrytem i gipsem), mogą one zatem być rozpuszczane przez wodę.

Zwracając uwagę na doświadczenia wspomnianych instalacji geotermalnych, konieczne będzie bardzo wnikliwe przeanalizowanie właściwości fizycznych, chemicznych i gazowych wody termalnej po wykonaniu odwiertu w Strzelnie. Dopiero na tej podstawie możliwe będzie wykonanie szczegółowej prognozy stanu równowagi termodynamicznej wody w układzie woda–skała oraz określenie możliwości wytrącania osadów wtórnych z wody w funkcji temperatury. Niemniej jednak, przy planowanym udostępnieniu wód solankowych, na etapie projektowania otwo-

ru należy dołożyć wszelkich starań, by do budowy konstrukcji ujęcia, wykorzystane zostały materiały odporne na korozję wżerową oraz osadzanie minerałów wtórnych. Wskazane jest również rozważenie zastosowania inhibitorów wytrącania minerałów wtórnych i korozji, dobranych w warunkach laboratoryjnych i zweryfikowanych w terenie. Kluczowe jednak będzie zapobieganie dostępowi tlenu do systemu geotermalnego oraz odpowiednich materiałów wyposażenia węgłnego i powierzchniowego.

Wody jury dolnej w rejonie Strzelna to solanki o prognozowanej mineralizacji ok. 157 g/dm<sup>3</sup>. Spełniają one kryterium wykorzystania w balneoterapii, jednakże pod warunkiem co najmniej 3-4-krotnego rozcieńczenia. Cechą szczególną tak wysoko zasolonych wód jest zwykle podwyższona zawartość siarczanów, chlorków, sodu, wapnia i magnezu, żelaza, jodu, bromków, boru, strontu, fluoru, ale 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



Rysunek 7.1.  
Prognoza stanu termodynamicznego wody termalnej w Strzelnie

w kosmetologii. Prognozowana mineralizacja wody termalnej w Strzelnie, predestynuje je do pozyskiwania produktu stałego, soli kąpielowych i leczniczych. W tym celu zwykle stosuje się energochłonne technologie wyparnego zateżenia wód z krystalizacją koncentratu. Będą również interesującym surowcem składowym kremów, toników, płynów micelarnych, maseczek, przy wykorzystaniu niewielkiego strumienia wody, i dozowaniu wody w niewielkich ilościach, lub w formie rozcieńczonej.

W kontekście balneoterapeutycznego wykorzystania chlorek sodu jest jednym z najważniejszych związków chemicznych powszechnie stosowanych w lecznictwie, kosmetologii ale również w przemyśle. Sole powstałe na bazie wód termalnych, bogate w mikroelementy, takie jak jodki i krzemionkę, są szczególnie cenione w tym zakresie. 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 zestawiono kluczowe parametry pracy oraz wpływ instalacji na zanieczyszczenie powietrza oraz wskaźniki ekonomiczne. Uwagę zwraca bardzo wysoki udział energii geotermalnej w ogólnej produkcji ciepła oraz znacząca różnica w cenie za jednostkę

energii pomiędzy wariantem komunalnym a kaskadowym. Wynika on ze znaczącego zwiększenia odbiorcy, a co za tym idzie – większego rozbitcia kosztów stałych koniecznych do poniesienia w obydwu wariantach.

PARAMETR	WARIANT		
	KOMUNALNY	REKREACJA	KASKADA
Roczna produkcja ciepła [TJ]:			
- geotermalnego	12,3	61,4	73,4
- z kotłów szczytowych i napędu pomp ciepła	0,1	0,31	0,6
Roczna produkcja energii [TJ] / moc maksymalna [MW]	12,4 / 1,2	61,7 / 4,9	74,0 / 6,1
Udział OZE w produkcji ciepła [%]	99,1	99,5	99,2
Nakłady inwestycyjne [tys. zł]	16 569	16 905	17 106
Cena wytworzenia energii [zł/GJ]	83	22	22
Wskaźniki emisji jednostkowej	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)
CO <sub>2</sub> [kg/GJ]	0,53/22,83	0,31/15,62	0,50/21,23
SO <sub>2</sub> [kg/GJ]	<0,01/0,14	<0,01/0,10	<0,01/0,13
NO <sub>x</sub> [kg/GJ]	<0,01/0,04	<0,01/0,03	<0,01/0,04
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 Strzelnie 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, obarczone 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, umożliwiających 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 bezwrotnej 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 zatłaczających/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**

BADURA B., PRZYBYLSKI B., 2012. Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski arkusz Strzelno (438);  
BANAŚ J., MAZURKIEWICZ B., SOLARSKI W., 2009. Elektrochemiczne badania korozyjne w instalacjach geotermalnych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia. Zrównoważony Rozwój, 1–2. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków;

BIERNAT H., KULIK S., NOGA B., 2009. Możliwości pozyskiwania energii odnawialnej i problemy z eksploatacją ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. Przegląd Geologiczny, T 57, nr 8;

Kaczmarczyk M. (red), 2015 Niska emisja. Od przyczyn występowania do sposobów eliminacji. GEOSYSTEM Burek, Kotyza s. c., Kraków)

KĘPIŃSKA B. (red.), BUJAKOWSKI W. (red.), BIELEC B., TOMASZEWSKA B., BANAŚ J., SOLARSKI W., MAZURKIEWICZ B., PAWLIKOWSKI M., PAJĄK L., MIECZNIK M., BALCER M., HOŁOJUCH G., 2011. Wytyczne projektowe poprawy chłonności skał zbiornikowych w związku z zatłaczaniem wód termalnych w polskich zakładach geotermalnych. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków;

KONDRACKI J., 2000. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa;

Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Kutno na lata 2015–2023. Energoexpert Sp. z o.o.;

STRATEGIA ROZWOJU Gminy Strzelno na lata 2008–2017, 2008. Doradztwo Ekonomiczne i Finansowe DORFIN, Strzelno;

[www.strzelno.bip.pl](http://www.strzelno.bip.pl)



