

# Spis treści

Streszczenie . . . . .	9
Summary . . . . .	10
Wykaz skrótów i oznaczeń . . . . .	11
<b>Rozdział 1. Wstęp . . . . .</b>	<b>15</b>
1.1. Wprowadzenie . . . . .	15
1.2. Cel pracy . . . . .	17
1.3. Zakres pracy . . . . .	19
<b>Rozdział 2. Charakterystyka metod magazynowania energii termicznej . . . . .</b>	<b>21</b>
2.1. Wykorzystanie właściwej pojemności cieplnej . . . . .	22
2.1.1. Magazyny energii typu ATES . . . . .	23
2.1.2. Magazyny energii typu BTES . . . . .	24
2.1.3. Magazyny energii typu CTES . . . . .	25
2.1.4. Magazyny energii typu PTES . . . . .	26
2.1.5. Magazyny energii typu TTES . . . . .	27
2.2. Wykorzystanie ciepła przemiany fazowej . . . . .	29
2.3. Wykorzystanie ciepła przemian chemicznych . . . . .	32
<b>Rozdział 3. Magazynowanie energii z wykorzystaniem otworowych wymienników ciepła . . . . .</b>	<b>33</b>
3.1. Górotwór jako sezonowy podziemny magazyn energii termicznej . . . . .	33
3.2. Konstrukcja otworowego wymiennika ciepła . . . . .	37
<b>Rozdział 4. Problematyka modelowania transportu ciepła i masy w BTES . . . . .</b>	<b>41</b>
4.1. Analiza zjawisk fizycznych w procesie podziemnego magazynowania energii . . . . .	41
4.2. Ogólny podział modeli transportu ciepła i masy w BTES . . . . .	45
4.3. Modele uwzględniające przepływ ciepła w górotworze . . . . .	47
4.4. Modele uwzględniające przepływ ciepła w wymienniku . . . . .	51
4.5. Modele uwzględniające przepływ ciepła w całym magazynie . . . . .	54
4.6. Analiza wpływu miejsca i rodzaju przyjętego warunku brzegowego na rozkład temperatury w BTES . . . . .	58
4.7. Ogólne wytyczne dotyczące doboru modelu obliczeniowego . . . . .	62

<b>Rozdział 5. Rozwój modelu (MDF) transportu ciepła i masy w wymienniku otworowym . . . . .</b>	<b>65</b>
5.1. Opis modelu matematycznego . . . . .	65
5.2. Implementacja elementu MDF do pakietu ANSYS . . . . .	68
5.3. Weryfikacja zmodyfikowanego modelu MDF . . . . .	70
5.4. Podsumowanie . . . . .	73
<b>Rozdział 6. Analiza parametrów wpływających na efektywność podziemnego magazynowania energii . . . . .</b>	<b>75</b>
6.1. Analiza wpływu parametrów materiałowych na efektywność magazynowania energii w BTES . . . . .	78
6.2. Analiza wpływu parametrów konstrukcyjnych na efektywność magazynowania energii w BTES . . . . .	80
6.2.1. Wpływ rozstawu rur i zmian wartości współczynnika przewodzenia materiału uszczelniającego na projektowaną głębokość wymiennika . . . . .	81
6.2.2. Wpływ rozmieszczenia otworowych wymienników ciepła na efektywność procesu magazynowania energii . . . . .	83
6.2.3. Wpływ konstrukcji rur wymiennika na intensywność wymiany ciepła . . . . .	86
6.3. Analiza wpływu parametrów eksploatacyjnych na efektywność magazynowania energii w BTES . . . . .	87
6.4. Podsumowanie . . . . .	89
<b>Rozdział 7. Model do oceny efektywności magazynowania energii w BTES . . . . .</b>	<b>91</b>
7.1. Założenia wstępne . . . . .	91
7.2. Wybór metody badawczej . . . . .	94
7.3. Charakterystyka analizowanego magazynu typu BTES . . . . .	99
7.4. Przyjęte warunki rozwiązania . . . . .	101
7.4.1. Warunki początkowe i brzegowe . . . . .	102
7.4.2. Analiza zbieżności i stabilności rozwiązania ze względu na liczbę elementów i krok czasowy . . . . .	104
7.5. Wyniki obliczeń numerycznych . . . . .	106
7.6. Zastosowanie metody powierzchni odpowiedzi . . . . .	114
7.6.1. Analiza otrzymanych powierzchni odpowiedzi . . . . .	117
7.6.2. Weryfikacja modelu do oceny efektywności podziemnego magazynowania energii . . . . .	119
7.7. Podsumowanie . . . . .	120
<b>Rozdział 8. Analiza wrażliwości efektywności procesu magazynowania energii termicznej . . . . .</b>	<b>123</b>
8.1. Wybór metody analizy wrażliwości . . . . .	123
8.2. Wyniki analizy wrażliwości globalnej . . . . .	125
8.3. Podsumowanie . . . . .	130

<b>Rozdział 9. Wytyczne do uzyskania wysokiej efektywności magazynowania energii w instalacjach typu BTES . . . . .</b>	<b>131</b>
<b>Rozdział 10. Optymalizacja efektywności procesu magazynowania energii dla zadanych parametrów materiałowych . . . . .</b>	<b>139</b>
10.1. Wykorzystanie opracowanego modelu analitycznego do procesu optymalizacji . . . . .	141
10.2. Podsumowanie . . . . .	144
<b>Rozdział 11. Podsumowanie i wnioski . . . . .</b>	<b>145</b>
<b>Bibliografia . . . . .</b>	<b>149</b>
<b>Dodatek D1. Plan eksperymentu komputerowego z wynikami obliczeń . . . . .</b>	<b>161</b>
<b>Dodatek D2. Otrzymane powierzchnie odpowiedzi dla wybranych parametrów . . . . .</b>	<b>173</b>