

**POLITECHNIKA
ŚWIĘTOKRZYSKA**

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI,
AUTOMATYKI I INFORMATYKI**

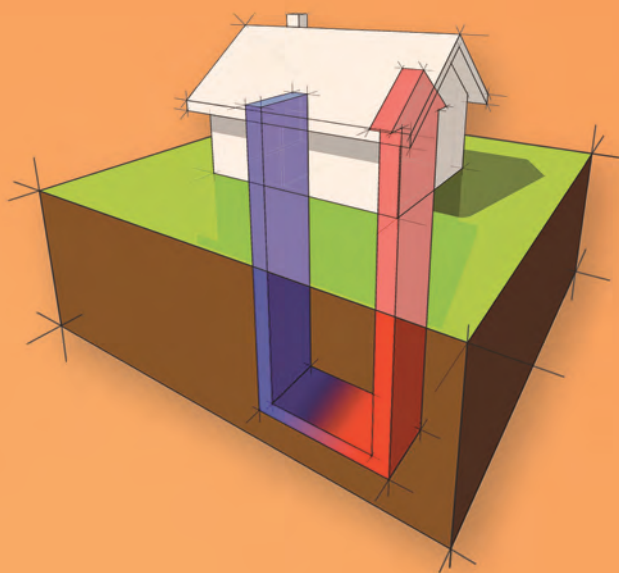


PL ISSN 0239-6386

PL ISBN 978-83-65719-18-8

Franciszek Strzelczyk

ENERGETYKA GEOTERMALNA I POMPY CIEPŁA



Politechnika Świętokrzyska

Kielce 2017

Franciszek Strzelczyk

ENERGETYKA GEOTERMALNA I POMPY CIEPŁA

Kielce 2017

SKRYPTY NR 471

Redaktor Naukowy serii

NAUKI TECHNICZNE – ELEKTRYKA

dr hab. inż. Jerzy AUGUSTYN, prof. PŚk

Recenzent

prof. dr hab. inż. Janusz BADUR

Redakcja

Aneta STARZYK

Rysunki

Karolina SALWA

Michał SALWA

Projekt okładki

Tadeusz UBERMAN

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2017

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej pracy nie może być powielana czy rozpowszechniana w jakiegokolwiek formie, w jakikolwiek sposób: elektroniczny bądź mechaniczny, włącznie z fotokopiowaniem, nagrywaniem na taśmy lub przy użyciu innych systemów, bez pisemnej zgody wydawcy.

PL ISSN 0239-6386

PL ISBN 978-83-65719-18-8

Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej

25-314 Kielce, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7

tel./fax 41 34 24 581

e-mail: wydawca@tu.kielce.pl

www.wydawnictwo.tu.kielce.pl

SPIS TREŚCI

Przedmowa	5
1. ENERGIA GEOTERMALNA	7
1.1. Wprowadzenie	7
1.2. Systemy pozyskiwania energii geotermalnej	15
1.2.1. Wstęp	15
1.2.2. Wody geotermalne	15
1.2.3. Gorące suche skały	16
1.3. Wody geotermalne w Polsce	18
1.4. Elektrownie geotermalne	20
1.4.1. Wstęp	20
1.4.2. Elektrownie geotermalne parowo-wodne	21
1.4.3. Elektrownie geotermalne z niskowrzącymi czynnikami termodynamicznymi	27
1.4.3.1. Wstęp	27
1.4.3.2. Elektrownie geotermalne ORC	29
1.4.3.3. Elektrownie geotermalne z obiegiem Kaliny	35
1.4.3.4. Podsumowanie	38
1.5. Ciepłownie geotermalne	38
1.5.1. Wprowadzenie	38
1.5.2. Układy ciepłowni geotermalnych	39
1.5.3. Wybrane przykłady ciepłowni geotermalnych w Polsce	42
1.6. Podsumowanie	46
2. POMPY CIEPŁA	48
2.1. Wprowadzenie	48
2.2. Sprężarkowe pompy ciepła	49
2.2.1. Zasada działania sprężarkowej pompy ciepła	49
2.2.2. Czynniki robocze	56
2.2.3. Wybrane elementy konstrukcyjne sprężarkowych pomp ciepła	57
2.2.3.1. Sprężarki	57
2.2.3.2. Wymienniki ciepła	58
2.2.3.3. Elementy rozprężne	61
2.2.4. Klasyfikacja i efektywność energetyczna sprężarkowych pomp ciepła	62
2.3. Absorpcyjne pompy ciepła	66
2.4. Źródła ciepła niskotemperaturowego i sposoby jego pozyskiwania	70
2.4.1. Wprowadzenie	70
2.4.2. Powietrze atmosferyczne	71
2.4.3. Woda	72
2.4.4. Grunt	74

2.5. Sprężarkowe pompy ciepła w systemach ogrzewania i przygotowania c.w.u.	87
2.5.1. Wprowadzenie	87
2.5.2. Błędy popełniane w instalacjach sprężarkowych pomp ciepła	92
2.5.3. Przykłady instalacji z pompami ciepła	98
2.5.3.1. Instalacja I	98
2.5.3.2. Instalacja II	103
2.5.3.3. Instalacja III	106
2.5.3.4. Instalacja IV	111
2.5.3.5. Instalacja V	116
2.5.3.6. Wnioski	126
2.6. Podsumowanie	129

PRZEDMOWA

Skrypt został przygotowany na potrzeby wykładów z przedmiotu *energetyka geotermalna i pompy ciepła* dla studentów kierunku energetyka, semestr V, Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej.

W pierwszej części omówiono przede wszystkim podstawowe zagadnienia związane z energetyką geotermalną, zasoby geotermalne oraz sposoby ich eksploatacji i wykorzystania do produkcji energii elektrycznej i ciepła.

W drugiej części skryptu przedstawiono zagadnienie pomp ciepła – zasady działania, opis instalacji grzewczych z pompami ciepła.

Przy opracowaniu niniejszej publikacji skorzystano z podręczników, skryptów i materiałów (lista w porządku alfabetycznym), dzięki którym studenci mogą pogłębić swoją wiedzę.

1. Badur J., Wiśniewski A., Zagrodzki I.: *Współpraca źródła geotermalnego z miejskim, wysokotemperaturowym systemem ciepłowniczym*, „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja” 2007, nr 2.
2. Brodowicz K., Dyakowski T.: *Pompy ciepła*, PWN, Warszawa 1990.
3. Bońca Z. i inni: *Nowe czynniki chłodnicze i nośniki ciepła. Własności cieplne, chemiczne i użytkowe*, IPPU MASTA, Gdańsk 2004.
4. Chudzik P.: *Porównawcza analiza energetyczno-ekonomiczna sprężarkowych pomp grzejnych z alternatywnymi źródłami ciepła*, praca doktorska, Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki, Łódź 2012.
5. Chudzik P., Strzelczyk F.: *Analiza ekonomiczna stosowania sprężarkowych pomp ciepła w systemach grzewczych*, „Rynek Energii” 2010, nr 4.
6. DiPippo R.: *Geothermal Power Plants. Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact*, Dartmouth, Massachusetts 2007.
7. Górecki W. i inni: *Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim*, GEOS, Kraków 1995.
8. Guła A. i inni: *Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Poradnik*, Tarbonus, Kraków – Tarnobrzeg 2008.
9. Gryglaszewski L.: *Dolne źródła ciepła*, materiały pomocnicze, SeCeS-Pol, Gdańsk 1997.
10. Jarczewski W., Huculak M., Dej M.: *Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce*, Prace Geograficzne, z. 141, Kraków 2015.
11. Kubski P.: *Ciepłownia geotermalna w Stargardzie Szczecińskim i jej upadek*, „Instal” 2008, nr 2.
12. Materiały firmy Viessmann.
13. Materiały firmy Danfoss.
14. Materiały firmy Vailant.
15. Materiały firmy NIBE Bawar.
16. Materiały firmy Solis.

17. Nowak W., Sobański R., Kabat M., Kujawa T.: *Systemy pozyskiwania i wykorzystania energii geotermicznej*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2000.
18. Nowak W., Stachel A.A., Borsukiewicz-Gozdur A.: *Zastosowanie odnawialnych źródeł energii*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2008.
19. Oszczak W.: *Ogrzewanie domów z zastosowaniem pomp ciepła*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
20. Rubik M.: *Pompy ciepła. Poradnik*, wyd. 3, Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa 2006.
21. Rubik M.: *Pompy ciepła w systemach geotermii niskotemperaturowej*, MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2011.
22. Zalewski W.: *Pompy ciepła sprężarkowe, sorpcyjne i termoelektryczne*, IPPU MASTA, Gdańsk 2001.

W skrypcie zamieszczono fragmenty treści i rysunków z prac: W. Nowak (i inni) pt. *Systemy pozyskiwania i wykorzystania energii geotermicznej*, M. Rubik pt. *Pompy ciepła w systemach geotermii niskotemperaturowej*, P. Chudzik pt. *Porównawcza analiza energetyczno-ekonomiczna sprężarkowych pomp grzewczych z alternatywnymi źródłami ciepła* oraz z materiałów firmy VIESSMANN.

Wyrażam serdeczne podziękowanie Recenzentowi niniejszego skryptu Panu profesorowi Januszowi Badurze za wnikliwe uwagi i ocenę skryptu, co pomogło mi w końcowej jego redakcji.

Autor