



**Kształcenie i szkolenia**  
**Instrukcje dla prowadzących i słuchaczy**  
**„Klimat, środowisko, ochrona przyrodnicza i OZE —**  
**poziom zaawansowany”**

**Moduł M5-07**  
**Energia geotermalna,**  
**ciepłownictwo miejskie i chłodnictwo**

Styczeń 2018 r.

Europejski zespół badawczy i autorski:

Dr Barbara Tomaszewska  
Aleksandra Kasztelewicz  
Prof. dr Michael Hartmann  
Inż. Jürgen Weinreich

(PAS MEERI Kraków — Polska)  
(PAS MEERI Krakow — Polska)  
(SRH Hochschule Berlin — Niemcy)  
(SRH Hochschule Berlin — Niemcy)



HOCHSCHULE  
BERLIN



## Informacje ogólne

P

Informacje ogólne .....	2
Program nauczania dla modułu „Energia geotermalna i ciepłownictwo miejskie” M3-27 .....	3 - 6
Wykład 1:       Wprowadzenie do energii geotermalnej .....	7 - 8
Wykład 2:       Wprowadzenie do energetyki, ciepłownictwa i chłodnictwa .....	8
Wykład 3:       Najlepsza praktyka (zasady sztuki) i oddziaływanie na środowisko zastosowań geotermii w systemach energetycznych .....	9
Wyniki kształcenia .....	10
Zalecenia wobec pracy zaliczeniowej i jej szablon .....	10
Literatura .....	11 - 12

## Program nauczania

Nr modułu / kod	M3-27
Tytuł modułu	Wprowadzenie do energetyki, ciepłownictwa i chłodnictwa
Jednostki modułu (jeżeli są)	1: Wprowadzenie do energii geotermalnej 2: Wprowadzenie do energetyki i ciepłownictwa miejskiego opartych na źródłach geotermicznych 3: Najlepsza praktyka (zasady sztuki) i oddziaływanie na środowisko zastosowań geotermii w systemach energetycznych
Zawartość modułu	<p>Niniejszy moduł i wykłady w nim uwzględnione mają przybliżyć słuchaczom podstawową wiedzę o zasobach energii geotermalnej i jej systemów — oraz informacje o ich potencjalnych możliwościach — w sektorze energetyki i systemach energii. Przybliżając słuchaczom znajomość podstaw zasobów i technologii opartych na złożach geotermalnych, umożliwia się im rozeznanie w gospodarczym i środowiskowym oddziaływaniu źródeł geotermalnych na inwestycje (zakrojone na małą, średnią i wielką skalę) w ciepłownictwo miejskie i chłodnictwo, a także możliwość wytwarzania energii elektrycznej za pomocą geotermii.</p> <p><b>Problematyka szczegółowa:</b></p> <p>1: Wprowadzenie do energii geotermalnej</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Geologia i ciepło we wnętrzu Ziemi</li><li>● Podstawy systemów energetyki geotermalnej</li><li>● Magazyny energii i sieci energetyczne</li><li>● Inwestycje, koszty bieżące, koszty bieżącej produkcji i wydajność</li><li>● Studia przypadków i przykładowe inwestycje</li><li>● Potencjał zastosowania na skalę krajową i międzynarodową</li></ul> <p>2: Wprowadzenie do energetyki, ciepłownictwa i chłodnictwa opartych na źródłach geotermalnych Wyzwania stojące przed energetyką opartą na źródłach geotermalnych Koncepcje i części składowe miejskich sieci ciepłowniczych i chłodniczych Obliczanie cen energii i rentowności Studia przypadków i przykładowe inwestycje Potencjał zastosowania na szczeblu lokalnym i regionalnym</p> <p>3: Najlepsza praktyka (zasady sztuki) i oddziaływanie na środowisko zastosowań geotermii w systemach energetycznych</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Doświadczenia z najlepszej praktyki zastosowań wód i energii geotermalnych na świecie</li><li>● Analiza ekologiczna i cyklu życia</li><li>● Oddziaływanie poszukiwań złóż geotermalnych na środowisko</li><li>● Oddziaływanie eksploatacji energii geotermalnej na środowisko</li><li>● Oddziaływanie projektów ciepłowniczych i</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● chłodniczych na środowisko</li> <li>● Oddziaływanie eksploatacji wód geotermalnych na środowisko</li> </ul>
Cele kwalifikacji	<p>Celem nauczania niniejszego przedmiotu jest przekazanie słuchaczom wiedzy o nowoczesnych koncepcjach zastosowania energii geotermalnej w projektach i rozwiązaniach dla energetyki, a także umiejętności wdrażania takich koncepcji. Dzięki temu słuchacze będą w stanie skomercjalizować koncepcje na szczeblu lokalnym i regionalnym w sposób zgodny z obowiązującymi wymaganiami prawa, warunkami społecznymi i problemami środowiskowymi dotyczącymi zasobów geotermalnych. Wykłady te służą poznaniu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Podstawowych pojęć poszukiwań i eksploatacji</li> <li>● zasobów geotermalnych, charakterystyki magazynów energii geotermalnych oraz produkcji energii cieplnej i elektrycznej ze źródeł geotermalnych</li> <li>● Zintegrowanych technik zarządzania realizacją inwestycji w energetykę geotermalną</li> <li>● Obecnych i przyszłych możliwości zastosowania energii geotermalnej w portfolio zasobów energetycznych na szczeblu globalnym i regionalnym</li> <li>● Pojęcia, inwestycje i najlepsze praktyki z zakresu wytwarzania energii elektrycznej oraz ciepłownictwa i chłodnictwa miejskiego</li> <li>● Aspekty środowiskowe eksploatacji wód i energii geotermalnej</li> </ul>
Okres planowania	5-ty miesiąc
Czas trwania modułu	4 dni
Częstotliwość odbywania modułu	Na żądanie
Liczba przydzielonych punktów ECTS	1
Łączny czas i rodzaj pracy (studia indywidualne + konsultacje)	32 godziny (konsultacje: 16 h = 50%)
Rodzaj wykładu (obowiązkowy, fakultatywny itp.)	Obowiązkowy
Przydatność modułu w innych programach nauki	brak
Warunki wstępne zapisu	Ukończenie z zaliczeniem wykładów z M1 oraz M3-21 pt. „Wprowadzenie do zagadnień dystrybucji energii” i M3-23 pt. „Wprowadzenie do zagadnień energetyki i ciepłownictwa opartych na energii słonecznej oraz jej magazynowania”.
Koordynator właściwy	Dyrektor programowy
Imię i nazwisko wykładowcy	NN
Język nauczania	Angielski / niemiecki / węgierski / polski / rumuński

Kategoria egzaminów / warunki przyznania punktów	Obecność i praca zaliczeniowa
Udział w ocenie ostatecznej	2,1%
Metody wykładania i uczenia się modułu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informacje praktyczne od wykładowców</li> <li>• Czynny udział słuchaczy w formie dyskusji i opracowań</li> <li>• Ćwiczenia i praca zaliczeniowa</li> </ul>
Zajęcia specjalne (np. nauka zdalna, zajęcia terenowe, wykłady gościnne itp.)	Wycieczka do elektrowni geotermalnej lub zakładu ciepłownictwa miejskiego lub uzdrowiska geotermalnego w regionie
Literatura (lektury obowiązkowe i uzupełniające)	<p>Wykładowca przekaże słuchaczom artykuły i opisy przypadków związanych z przedmiotem wykładów.</p> <p>Literatura zalecana:</p> <p>Mary H. Dickson and Mario Fanelli; Geothermal energy: utilization and technology; UNESCO Publishing by John Wiley &amp; Sons; 1995</p> <p>William E. Glassley; Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment, Second Edition; 2014, CRC Press; ISBN-13: 9781482221749</p> <p>Ingrid Stober, Kurt Bucher; Geothermal Energy: From Theoretical Models to Exploration and Development; 2013; Springer Verlag</p> <p>Colin Harvey, Graeme Beardsmore. Inga Moeck and Horst Rüter; Geothermal Exploration - Global Strategies and Applications; 2016; IGA Academy Books; ISBN: 978-3-9818045-0-8</p> <p>Billy C. Langley; Heat Pump Technology 3rd Edition; 2001, Pearson; ISBN: 978-0130339652</p> <p>Keith E. Herold; Absorption Chillers and Heat Pumps; 2016, Productivity Press; ISBN: 9781498714341</p> <p>Jay Egg; Geothermal HVAC: Green Heating and Cooling; 2010, McGraw-Hill Education ISBN: 9780071746106</p> <p>Marc A. Rosen, Seama Koohi-Fayegh; Geothermal Energy: Sustainable Heating and Cooling Using the Ground; 2017; John Wiley &amp; Sons Inc.; ISBN: 9781119180982</p> <p>Sven Werner; International review of district heating and cooling; Science direct <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421730614X">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421730614X</a></p> <p>Dietrich Schmidt, Anna Kallert, Markus Blesl; Sven Svendsen, Hongwei Li, Natasa Nord, Kari Sipilä; Low Temperature District Heating for Future Energy Systems; <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187</a></p>

6610217322592

Dietrich Schmidt, Anna Kallert, Janybek Orozaliev, Isabelle Best, Klaus Vajen, Oliver Reul, Jochen Bennewitz, Petra Gerhold; Development of an Innovative Low Temperature Heat Supply Concept for a New Housing Area;  
Energy Procedia, Volume 116, 2017, pp. 39-47

District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy;  
[www.unep.org/energy/des](http://www.unep.org/energy/des)

Bundschuh J. (ed.), Tomaszewska B (ed.);  
Geothermal Water Management; 2018; CRC Press  
Taylor&Francis Group

<https://www.crcpress.com/Geothermal-Water-Management/Bundschuh-Tomaszewska/p/book/9781138749009>

# Wykład 1: Wprowadzenie do energii geotermalnej

Podczas wykładu przekazane zostaną podstawowe wiadomości o energii geotermalnej, ze szczególnym uwzględnieniem obiegu wód geotermalnych w warunkach naturalnych oraz sposobach wykorzystania energii i wód ze źródeł geotermalnych. Wykłady uwzględniają wiedzę o wybranych metodach rozpoznawania, udostępniania i wykorzystywania źródeł energii geotermalnej.

## 1. Geologia i ciepło we wnętrzu Ziemi

Podstawowe wiadomości o geologii i hydrologii oraz mechanizmach termodynamiki (obiegu ciepła).

## 2. Podstawy systemów energetyki geotermalnej

Podstawowe pojęcia z zakresu energii geotermalnej. Podstawowe uwarunkowania geologiczne sprzyjające występowaniu szeregu rodzajów złóż geotermalnych. Podstawowe pojęcia związane z geotermią (gradient termiczny Ziemi i stopień geotermalny, oraz złoża wód i par geotermalnych). Gorące i zimne zasoby geotermalne oraz warunki ich występowania. Źródła ciepła w skorupie ziemskiej oraz procesy odpowiedzialne za przepływ ciepła.

Podstawowe metody eksploatacji energii geotermalnej — bezpośrednie wykorzystanie, geotermalne pompy ciepła (GHP), gruntowe i sprężone pompy ciepła (GSHP, GCH) oraz binarne generatory cieczone do produkcji energii elektrycznej.

Metody eksploatacji złóż geotermalnych.

Technologie wiercenia studni geotermalnych (odwierty pionowe, kierowane i poziome).

Metody produkcji wody do użytku geotermalnego.

Utylizacja odpadów ciekłych z procesów geotermalnych.

Ogólna charakterystyka systemów geotermalnych na świecie i w wybranych miejscach (Polsce, Niemczech, na Węgrzech i Rumunii).

## 3. Magazyny energii i sieci energetyczne

Metody oceny zasobów i rezerw geotermalnych.

Przykłady klasyfikacji rodzajów zasobów geotermalnych.

Metodologia oceny — czynniki kształtujące warstwy wodonośne i zasoby geotermalne.

Omówienie technik modelowania komputerowego przydatnych w poszukiwaniu i ocenie zasobów geotermalnych.

## 4. Inwestycje, koszty bieżące, koszty bieżącej produkcji i wydajność

Geologiczne i ekonomiczne aspekty wydobywania z głębokich odwiertów (koszty odwiertów, wydajność, temperatura, mineralizacja, skład chemiczny wód itp.).

Rentowność ekonomiczna budowy instalacji geotermalnych.

Przepisy prawa i środki zachęty finansowej na rzecz rozwoju geotermalnego.

Ryzyko i fundusze ryzyka dla energetyki geotermalnej — wyzwania i możliwości.

## 5. Potencjał zastosowania na skalę krajową i międzynarodową

Wykorzystanie wód geotermalnych w balneoterapii i rekreacji.

Podstawowe pojęcia z dziedziny balneoterapii.

Czynniki umożliwiające wykorzystanie wód do celów leczniczych i rekreacyjnych (np. temperatura, mineralizacja, skład chemiczny).

Ośrodki rekreacyjne i balneoterapeutyczne w Polsce / na Węgrzech / w Niemczech / w Rumunii oraz w innych krajach Europy i na świecie.

## 6. Studia przypadków i przykładowe inwestycje

Wody i energia geotermalna w Polsce / na Węgrzech / w Niemczech / Rumunii — zgodnie z krajem pochodzenia słuchaczy — przykłady.

Studia przypadków w Polsce: Podhale, Nizina Polska (Mszczonów, Pyrzyce, Poddębice, Uniejów)

Studia przypadków w Niemczech (Neustadt-Glewe: Waren und andere siehe [https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_von\\_Geothermiekraftwerken\\_in\\_Deutschland](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Geothermiekraftwerken_in_Deutschland))

Studia przypadków w Rumunii: (Oradea)

Studia przypadków na Węgrzech: (Miskolec, Tura)

**Czas trwania wykładu: 1-5 godz.**

**Ćwiczenia 3 godz.**

Ćwiczenia można poświęcić np. opracowaniu studium przypadku dla wybranych regionów (pkt. 6).

## **Wykład 2: Wprowadzenie do energetyki, ciepłownictwa i chłodnictwa opartych na geotermii**

Celem wykładu jest wprowadzenie słuchaczy do podstawowych zagadnień związanych z produkcją energii elektrycznej, ciepła i chłodu z zasobów geotermalnych.

### **1. Wytwarzanie energii elektrycznej ze źródeł geotermalnych**

Omówienie wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł geotermalnych na świecie.

Wstęp do zagadnień wytwarzania energii elektrycznej w oparciu o geotermię.

Omówienie technologii geotermii gorącej i zimnej

### **2. Koncepcje i części składowe miejskich sieci ciepłowniczych i chłodniczych**

Omówienie systemów grzewczych, ich części składowych, oddziaływań i kooperacji międzysystemowej.

Geotermia — charakterystyka źródła energii.

Geotermia jako składnik źródła ciepła dla ciepłownictwa.

Optymalizacja geotermalnych systemów ciepłowniczych (hybrydowe źródła energii, kaskadowe wykorzystanie energii, pompy ciepła).

Chłodnictwo geotermalne.

### **3. Skojarzona produkcja ciepła i energii elektrycznej**

Skojarzona produkcja ciepła i energii elektrycznej oraz

skojarzona produkcja ciepła, chłody i energii elektrycznej.

### **4. Obliczanie cen energii i rentowności**

Szeroko zakrojone zastosowania produktów geotermii (energii, wody i innych) — omówienie ze studiami przypadków.

### **5. Studia przypadków i przykładowe inwestycje**

Projekt Turawell Orka — Węgry

Ciepłownie na Podhalu i w Mszczonowie — Polska

Projekt Oradea — Rumunia

Projekt Neustadt-Glewe — Niemcy

### **6. Potencjał zastosowania na szczeblu lokalnym i regionalnym**

Perspektywiczne obszary w Polsce (potencjał lokalny, rozpoznawanie zasobów)

**Czas trwania wykładu: 1-6 godz.**

**Ćwiczenia 2 godz.**



## **Wykład 3: Najlepsza praktyka (zasady sztuki) i oddziaływanie na środowisko zastosowań geotermii w systemach energetycznych**

Podstawowym celem tego wykładu jest przedstawienie najlepszych praktyk zastosowania wód i energii ze źródeł geotermalnych w różnych miejscach na świecie. Celem drugorzędym jest wprowadzenie słuchaczy do szeregu aspektów oddziaływania geotermii na gospodarkę i środowisko naturalne. Słuchacze poznają problematykę oddziaływania poszukiwań i eksploatacji wód geotermalnych na środowisko naturalne i gospodarkę, a także podobne oddziaływania ze strony zastosowań energii geotermalnej w ciepłownictwie miejskim i instalacjach chłodniczych.

1. Doświadczenia z najlepszej praktyki zastosowań wód i energii geotermalnych na świecie

Przykłady z całego świata i UE.

Uwarunkowania ustawowo-wykonawcze dotyczące wykorzystania wód i energii ze źródeł geotermalnych.

2. Analiza ekologiczna i cyklu życia

3. Oddziaływanie poszukiwań złóż geotermalnych na środowisko

Wpływ poszukiwań i eksploatacji w geotermii na środowisko — poszukiwanie złóż (np. badania geofizyczne),

odwierty, hałas, emisje, oddzielanie warstw wodonośnych i zbiorników.

4. Oddziaływanie eksploatacji energii geotermalnej na środowisko

Wpływ wykorzystania energii geotermalnej na środowisko — gospodarka zbiornikami, dystrybucja zasobu, zrzut

wód, eksploatacja wieloletnia.

Efekty ekologiczne wypracowane podczas eksploatacji energii geotermalnej. Rentowność i efekty ekologiczne.

5. Oddziaływanie projektów ciepłowniczych i chłodniczych na środowisko

Koszty, budowa instalacji, możliwości wieloletniej eksploatacji, ciśnienie w odwiertach, wtrysk wody.

6. Oddziaływanie eksploatacji wód geotermalnych na środowisko

Uzdatnianie i oczyszczanie wód geotermalnych (przykłady zastosowania technologii; odwrócona osmoza,

ultrafiltracja, napowietrzanie, odżelazianie i inne technologie oczyszczania).

**Czas trwania wykładu: 1-5 godz.**

**Ćwiczenia 3 godz.**

## **Wyniki kształcenia**

### **Wiedza**

- Słuchacz zna i i umie przedstawić podstawowe definicje, pojęcia i przepisy prawa dotyczące energetyki geotermalnej, a także zna wybrane metody geologiczne i technologie grzewcze stosowane w diagnozowaniu zasobów geotermalnych, udostępnianiu ich i ich gospodarce.
- Słuchacz posiada podstawową wiedzę z zakresu geologii różnych regionów geotermalnych i związanych z nimi rodzajów złóż geotermalnych.
- Słuchacz jest świadomy problematyki odnawialności zasobów geotermalnych i posiada podstawowe informacje na temat technologii wierceń geotermalnych.
- Słuchacz posiada podstawową wiedzę z zakresu fizyki i termodynamiki w geotermii.
- Słuchacz posiada wiedzę na temat środowiskowych aspektów wykorzystania zasobów energii.

### **Umiejętności**

- Słuchacz umie analizować warunki występowania wód geotermalnych i oceniać ich przydatność do określonych celów na podstawie materiałów źródłowych i literatury.
- Słuchacz potrafi przeprowadzać proste oceny zasobów i interpretować wyniki pomiarów hydrogeotermalnych w prostych warunkach geologicznych.
- Słuchacz umie poszerzyć swoją wiedzę o energii geotermalnej.
- Słuchacz potrafi oszacować opłacalność zastosowania technologii energii geotermalnej.
- Słuchacz potrafi zbierać i analizować istotne dane i na ich podstawie określać wpływ eksploatacji na środowisko.

### **Postawy / kompetencje społeczne**

- Słuchacz jest świadomy i rozumie ekonomiczne, społeczne i ekologiczne oddziaływanie działalności technicznej w dziedzinie poszukiwania i eksploatacji złóż geotermalnych.
- Słuchacz jest świadomy konieczności podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych oraz poszerzania wiedzy poprzez samokształcenie.
- Słuchacz rozumie wartość pracy badawczej i potrafi krytycznie rozpatrywać informacje z różnych źródeł.

## **Zalecenia wobec pracy zaliczeniowej i jej szablon**

Każdy ze słuchaczy wybiera zasób geotermalny lub region takich zasobów, dla którego przygotować ma sprawozdanie ze studium przypadku. Termin opracowania: koniec kursu.

Praca zaliczeniowa ma mieć ok. 5 stron (zakładając czcionkę Times New Roman o wielkości 12 pkt., interlinia 1,5), z tabelami i ilustracjami włącznie. W każdej pracy zaliczeniowej — sprawozdaniu należy podać literaturę będącą podstawą opracowania.

## Literatura

Mary H. Dickson and Mario Fanelli;

Geothermal energy: utilization and technology; UNESCO Publishing by John Wiley & Sons; 1995

William E. Glassley; Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment, Second Edition; 2014, CRC Press; ISBN-13: 9781482221749

Ingrid Stober, Kurt Bucher; Geothermal Energy: From Theoretical Models to Exploration and Development; 2013; Springer Verlag

Colin Harvey, Graeme Beardsmore, Inga Moeck and Horst Rüter; Geothermal Exploration - Global Strategies and Applications; 2016;

IGA Academy Books; ISBN: 978-3-9818045-0-8

Billy C. Langley; Heat Pump Technology 3rd Edition;

2001, Pearson; ISBN: 978-0130339652

Keith E. Herold; Absorption Chillers and Heat Pumps; 2016, Productivity Press;

ISBN: 9781498714341

Jay Egg; Geothermal HVAC: Green Heating and Cooling; 2010, McGraw-Hill Education

ISBN: 9780071746106

Marc A. Rosen, Seama Koochi-Fayegh; Geothermal Energy: Sustainable Heating and Cooling Using the Ground;

2017; John Wiley & Sons Inc.; ISBN: 9781119180982

Sven Werner; International review of district heating and cooling; Science direct

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421730614X>

Dietrich Schmidt, Anna Kallert, Markus Blesl; Sven Svendsen, Hongwei Li, Natasa Nord, Kari Sipilä; Low Temperature District Heating for Future Energy Systems;

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322592>

Dietrich Schmidt, Anna Kallert, Janybek Orozaliev, Isabelle Best, Klaus Vajen, Oliver Reul, Jochen Bennewitz, Petra Gerhold; Development of an Innovative Low Temperature Heat Supply Concept for a New Housing Area; Energy Procedia, Volume 116, 2017, pp. 39-47

District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy;

[www.unep.org/energy/des](http://www.unep.org/energy/des)

Popovski K. et al., 2010 – Geothermal energy.

Bundschuh J. (ed.), Tomaszewska B (ed.) 2018 - Geothermal Water Management; CRC Press Taylor&Francis Group

<https://www.crcpress.com/Geothermal-Water-Management/Bundschuh-Tomaszewska/p/book/9781138749009>

Lund J., Boyd T.L., 2016 – Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review. Geothermics, vol. 60, pp. 66-93. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.11.004>

DiPippo R., 2015 – Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact, Butterworth Heinemann, 4th Ed.

Studia przypadków dla słuchaczy z Polski:

Górecki W. (red.), 2006 – Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznych i paleozoicznych na Niżu Polskim

Górecki W. (red.), 2011 – Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich

Górecki W. (red.), 2013 – Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Wschodnich