**Nazwa przedmiotu:**

Pompy Ciepła

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Dorota Chwieduk, prof. PW.

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Energetyka

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NS540

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2017/2018

**Liczba punktów ECTS:**

2

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin kontaktowych- 30, w tym:
a) udział w wykładach - 15 godz.,
b) udział w ćwiczeniach - 15 godz., ćwiczenia polegają na rozwiązywaniu przedstawionego przez prowadzącego problemu teoretycznego i praktycznego oraz na rozwiązywaniu zadań obliczeniowych. Student może w ramach ćwiczeń przygotować i zaprezentować wybrane zagadnienie z zakresu pomp ciepła.
2) Praca własna studenta - 20 godz., w tym:
a) bieżące przygotowywanie się do ćwiczeń - 15 godz.,
b) przygotowywanie się do kolokwium - 5 godz.
Razem – 50 godz.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1,2 punktu ECTS - liczba godzin kontaktowych 30, w tym::
a) udział w wykładach - 15 godz.,
b) udział w ćwiczeniach - 15 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1, 2 punktu ECTS - 30 godz., w tym:
a) udział w ćwiczeniach - 15 godz., ćwiczenia polegając na rozwiązywaniu przedstawionego przez prowadzącego problemu teoretycznego i praktycznego, oraz na rozwiązywaniu zadań obliczeniowych, student w ramach ćwiczeń przygotowuje i prezentuje wybrane zagadnienie z zakresu pomp ciepła,
b) bieżące przygotowywanie się do ćwiczeń - 15 godz.

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 225h |
| Ćwiczenia:  | 225h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Przedmioty prerekwizyty: „Termodynamika”, „Wymiana ciepła”.

**Limit liczby studentów:**

150 – wykład, 30 osób/grupę – ćwiczenia.

**Cel przedmiotu:**

Cele przedmiotu:
1) Przedstawienie podstaw teoretycznych działania pomp ciepła, rodzajów i własności czynników roboczych oraz podstawowych elementów pomp ciepła.
2) Nauczenie formułowania bilansów energetycznych budynków i innych obiektów oraz wyznaczania ich zapotrzebowania na ciepło i chłód.
3) Zaprezentowanie podstawowych typów pomp ciepła: sprężarkowych, absorpcyjnych, adsorpcyjnych, termoelektrycznych, strumieniowych.
4) Nauczenie sposobu wyznaczania parametrów ilościowych i jakościowych dolnych źródeł ciepła.
5) Zapoznanie się z tworzeniem koncepcji technicznej układów oszczędzających zużycie energii z wykorzystaniem pomp ciepła.
6) Nauczenie się sposobu wyznaczania efektywności energetycznej pomp ciepła (wydajności grzewczej, chłodniczej, sprawności egzegetycznej, efektywności wykorzystania paliwa pierwotnego).
7) Przedstawienie koncepcji projektowanie pionowych i poziomych gruntowych wymienników ciepła.

**Treści kształcenia:**

Treści merytoryczne przedmiotu:
Wykład: Podstawy termodynamiczne działania pomp ciepła różnego typu i stosowanych czynników roboczych. W trakcie wykładu studenci nabywają podstawowych informacji o budowie pomp ciepła różnych typów: sprężarkowych, sorpcyjnych, termoelektrycznych, strumienicowych. Analiza jakościowa i ilościowa warunków odbioru ciepła z dolnych źródeł różnego rodzaju. Przegląd górnych źródeł ciepła. Bilans cieplny budynków i innych obiektów. Koherentność dolnych źródeł z górnymi – obciążenia grzewcze/ chłodnicze, rozkład w czasie. Analiza funkcjonowania różnych typów pomp ciepła pod kątem zużycia energii końcowej, pierwotnej, wydajności grzewczej, chłodniczej, sprawności egzegetycznej. Studenci także zapoznają się z modelem wymiany ciepła w gruntowych pionowych i poziomych wymiennikach ciepła i z zasadami ich projektowania.
Ćwiczenia: Prowadzą obliczenia termodynamiczne różnych obiegów pomp ciepła. Wyznaczają ich parametry pracy, ciepło przekazywane w dolnym i górnym źródle ciepła, współczynniki wydajności grzewczą oraz chłodniczą. Uczą się porównywać efektywność energetyczną rozwiązań technicznych na podstawie zużycia energii pierwotnej i sprawność egzegetycznej systemu. Poznają zasady projektowania najczęściej spotykanych instalacji wykorzystujące pompy ciepła z typowymi urządzeniami sprężarkowymi i sorpcyjnymi. Dla wybranych przykładów formułują bilanse energetyczne budynków i innych obiektów oraz wyznaczają ich zapotrzebowania na ciepło i chłód. Poznają zasady projektowania gruntowych poziomych i pionowych wymienników ciepła. Mają okazję zapoznać się z pracą pompy ciepła w rzeczywistych warunkach – ćwiczenia wyjazdowe w postaci wycieczki technicznej.

**Metody oceny:**

2 kolokwia, ocena pracy studenta podczas ćwiczeń - rozwiązywanie zadań obliczeniowych, rozwiązywanie przedstawionego przez prowadzącego problemu teoretycznego i praktycznego (zadania koncepcyjnego), ocena referatu.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Zalecana literatura:
1. Kazimierz Brodowicz, Tomasz Dyakowski: POMPY CIEPŁA, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1990.
2. Aleksander Paliwoda: URZĄDZENIA CHŁODNICZE STRUMIENICOWE, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1971.
3. Marian Rubik: POMPY CIEPŁA. PORADNIK, Ośrodek Informacji "Technika Instalacyjna w Budownictwie", 2006.
4. Wojciech Zalewski: POMPY CIEPŁA SPRĘŻARKOWE, SORPCYJNE I TERMOELEKTRYCZNE, IPPU Masta, 2001.
Dodatkowa literatura:
1. J. Berghmans: Heat Pump Fundamentals, Series E: Applied Sciences – No 53., Martinus Nijhof Publisher, The Hague, 1983.
2. H. Schulz, D. Chwieduk. Warme aus Sonne und Erde. Oekobuch Verlage, Stauen bei Freiburg, Germany, IV. 1995.
3. R. Radermacher, Y. Hwang. Vapor compression heat pumps with refrigerant mixes. Taylor & Francis Group, LLC, 2005.
4. Materiały dostarczone przez wykładowcę w postaci elektronicznej i dostępne na stronie internetowej ITC .

**Witryna www przedmiotu:**

http://estudia.meil.pw.edu.pl/ (dostęp chroniony)

**Uwagi:**

Przedmiot dotyczy z jednej strony fundamentalnych zagadnień termodynamiki i wymiany ciepła oraz pracy maszyn cieplnych, jakimi są pompy ciepła. Z drugiej strony dotyczy bardzo innowacyjnej technologii zapewniającej efektywność energetyczną stosowanych rozwiązań, oszczędność w zużyciu paliw kopalnych i zmniejszenie szkodliwych emisji do środowiska. Gwałtowny rozwój różnorodnych technologii pomp ciepła narzuca konieczność ciągłej modyfikacji i aktualizacji programu zajęć. Zainteresowanie studentów tą tematyką (przedmiotem) wzrasta z roku na rok.

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt ML.NS540\_W1:**

 Zna zasady wymiarowania pomp ciepła i dobór źródeł ciepła.

Weryfikacja:

Rozwiązywanie zadań problemowych i obliczeniowych w czasie zajęć 1, kolokwium 1.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W16, E1\_W17

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W04, T1A\_W07

**Efekt ML.NS540\_W2:**

Zna podstawy teoretyczne działania pomp ciepła, rodzaje, własności czynników roboczych.

Weryfikacja:

Rozwiązywanie zadań problemowych i obliczeniowych 2, kolokwium 1.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W05, E1\_W11, E1\_W12, E1\_W13

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W02, T1A\_W03, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W07

**Efekt ML.NS540\_W3:**

Posiada wiedzę tworzenia koncepcji technicznej systemów grzewczych mono i biwalentnych z pompą ciepła współpracującą z innymi odnawialnymi i konwencjonalnymi urządzeniami/ źródłami ciepła.

Weryfikacja:

Zadania problemowe 3, weryfikacja na rzeczywistych działających systemach 1, kolokwium 2.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W11, E1\_W12, E1\_W13, E1\_W14, E1\_W18

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W04, T1A\_W07

**Efekt ML.NS540\_W4:**

Zna zasady wyznaczania efektywności energetycznej i redukcji emisji pomp ciepła i kompleksowych systemów grzewczych z pompą ciepła.

Weryfikacja:

Zadania koncepcyjne 1, zadania obliczeniowe 3, kolokwium 2.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W10, E1\_W11, E1\_W12, E1\_W13, E1\_W14, E1\_W18, E1\_W20

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W04

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt ML.NS540\_U1:**

 Posiada umiejętność stworzenia koncepcji technicznej systemów grzewczych z pompą ciepła skojarzoną z analizą ekonomiczną.

Weryfikacja:

Zadania koncepcyjne 1, kolokwium 2.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U01, E1\_U02, E1\_U03, E1\_U07, E1\_U14, E1\_U15, E1\_U16, E1\_U17, E1\_U22, E1\_U27

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U01, T1A\_U02, T1A\_U03, T1A\_U06, T1A\_U10, T1A\_U11, T1A\_U12, T1A\_U12, T1A\_U13, T1A\_U09, T1A\_U14, T1A\_U09, T1A\_U15, T1A\_U16

**Efekt ML.NS540\_U2:**

Potrafi wymiarować pompy ciepła i dokonywać wyboru źródeł ciepła.

Weryfikacja:

Zadania obliczeniowe 1, kolokwium 1.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U03, E1\_U07, E1\_U17, E1\_U22, E1\_U28, E1\_U29

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U03, T1A\_U06, T1A\_U12, T1A\_U13, T1A\_U09, T1A\_U14, T1A\_U09, T1A\_U16, T1A\_U09, T1A\_U15, T1A\_U16

**Efekt ML.NS540\_U3:**

Potrafi analizować efektywność działania pomp ciepła.

Weryfikacja:

Zadania koncepcyjne 2, kolokwium 1.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U01, E1\_U03, E1\_U07, E1\_U17, E1\_U22, E1\_U29

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U01, T1A\_U03, T1A\_U06, T1A\_U12, T1A\_U13, T1A\_U09, T1A\_U14, T1A\_U09, T1A\_U15, T1A\_U16

**Efekt ML.NS540\_U4:**

 Potrafi przeprowadzić analizę techniczną i ekonomiczną możliwości współpracy systemów grzewczych mono i biwalentnych z pompą ciepła przy wykorzystaniu innych odnawialnych i konwencjonalnych urządzeń/ źródeł ciepła.

Weryfikacja:

Zadania koncepcyjne 3, kolokwium 2.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U01, E1\_U03, E1\_U07, E1\_U17, E1\_U28, E1\_U29

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U01, T1A\_U03, T1A\_U06, T1A\_U12, T1A\_U13, T1A\_U09, T1A\_U16, T1A\_U09, T1A\_U15, T1A\_U16

**Efekt ML.NS540\_U5:**

Potrafi wyznaczać efektywność energetyczną i redukcję emisji zanieczyszczeń przy stosowaniu pomp ciepła i kompleksowych systemów grzewczych z pompą ciepła.

Weryfikacja:

Zadania obliczeniowe 2, kolokwium 2.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U01, E1\_U07, E1\_U17, E1\_U28

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U01, T1A\_U06, T1A\_U12, T1A\_U13, T1A\_U09, T1A\_U16

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt ML.NS540\_K1:**

Potrafi prezentować na forum wyniki pracy.

Weryfikacja:

Opracowanie i prezentacja wybranego zagadnienia 1.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_K01, E1\_K02, E1\_K05, E1\_K07

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K01, T1A\_K02, T1A\_K05, T1A\_K07