**Nazwa przedmiotu:**

Energetyka Słoneczna

**Koordynator przedmiotu:**

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

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Energetyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty obieralne

**Kod przedmiotu:**

ML.NS728

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin kontaktowych: 45 godzin, w tym:
a) udział w wykładach - 30 godz.,
b) udział w ćwiczeniach - 15 godzin, w których student powinien aktywnie uczestniczyć. Ćwiczenia polegają na rozwiązywaniu przedstawionego przez prowadzącego problemu teoretycznego i praktycznego, oraz na rozwiązywaniu zadań obliczeniowych. Student w ramach ćwiczeń ma przygotować zespołową prezentację dotyczącą wybranego zagadnienia, jedna osoba przedstawia teoretycznie dane zagadnienie, druga pozytywne strony aplikacji, trzecia szanse i wyzwania dla aplikacji, ewentualnie negatywne strony.
2) Praca własna studenta: 20 godzin;
a) studenci w grupach w ramach prac domowych przygotowują projekt systemu słonecznego - 15 godz.,
b) przygotowanie się do zaliczenia kolokwium - 5 godzin.,
Razem: 75 godz. - 3 punkty ECTS.

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

1,8 punktu ECTS - liczba godzin kontaktowych: 45 godzin, w tym:
a) udział w wykładach - 30 godz.,
b) udział w ćwiczeniach - 15 godzin.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Przedmiot prerekwizyt: "Wymiana ciepła".

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Poznanie podstaw fizycznych zjawisk powstawania energii promieniowania słonecznego, jej dotarcia do powierzchni Ziemi, w tym: przejścia przez atmosferę ziemską i oddziaływania na Ziemię.
Poznanie podstawy geometrii sferycznej Słońca względem Ziemi oraz metod pomiaru wielkości promieniowania słonecznego. Zrozumienie natury promieniowania słonecznego, jego własności, a także uwarunkowań umożliwiających wykorzystanie energii tego promieniowania do celów użytkowych. Poznanie podstaw teoretycznych zjawisk zachodzących przy pozyskiwaniu i konwersji energii promieniowania słonecznego w ciepło użyteczne, a także przy magazynowaniu i wykorzystaniu pozyskanego ciepła.
Nauczenie się rozwiązywania bilansów energetycznych różnych odbiorników energii promieniowania słonecznego i analizowania możliwości pozyskiwania energii słonecznej oraz konwersji fototermicznej w kolektorach słonecznych różnego typu oraz w aktywnych i pasywnych systemach słonecznych. Zrozumienie zasad i celów magazynowania pozyskanego ciepła oraz sposobu jego wyznaczania. Zdobycie umiejętności wyznaczania sprawności cieplnej kolektorów słonecznych, ich charakterystyki cieplnej i przepływowej oraz wymiarowania kolektorów słonecznych, jak i całych kompleksowych słonecznych instalacji grzewczych do zadanych warunków użytkowania.
Nauczenie się tworzenia koncepcji słonecznych instalacji grzewczych w zależności od warunków odbioru energii słonecznej i dostarczania energii użytkowej do odbiorcy końcowego. Poznanie podstaw konwersji fotoelektrycznej i jej zastosowania w systemach fotowoltaicznych różnej skali. Poznanie podstaw teoretycznych koncentracji wiązki promieniowania słonecznego i wykorzystania zjawiska koncentracji w systemach małej i dużej skali. Zaznajomienie się z technologiami słonecznych elektrowni cieplnych, pieców słonecznych, elektrowni kominowych. Przedstawienie nowoczesnych technologii energetyki słonecznej służących wytwarzaniu energii elektrycznej, ciepła i chłodu w małej, średniej i dużej skali. Zrozumienie istoty kogeneracji i poligeneracji w energetycznych systemach słonecznych i stosowania systemów hybrydowych, zintegrowanych.
Zapoznanie się z podstawami prawnymi wykorzystania energii słonecznej do celów użytkowych w warunkach krajowych.

**Treści kształcenia:**

Podstawy fizyczne powstawania energii promieniowania słonecznego – zjawiska syntezy termojądrowej. Promieniowanie słoneczne na zewnątrz atmosfery ziemskiej i jego osłabienie w wyników procesów pochłaniania i promieniowania słonecznego. Składowe promieniowania i tworzenie modeli promieniowania słonecznego, model izotropowy i anizotropowy. Zjawiska optyczne i cieplne zachodzące przy pozyskiwaniu i konwersji fototermicznej - energii promieniowania słonecznego w ciepło użyteczne. Zagadnienia magazynowania ciepła o charakterze krótko i długoterminowym. Efekt stratyfikacji ciepła w zasobnikach ciepła. Wyznaczanie energii użytecznej kolektorów słonecznych i słonecznych instalacji grzewczych. Podstawy fizyczne działania kolektorów słonecznych i innych nowoczesnych urządzeń energetyki słonecznej. Wyznaczanie sprawności cieplnej kolektorów słonecznych, ich charakterystyk cieplnych oraz wydajności cieplnej słonecznych systemów grzewczych. Podstawy konwersji fotoelektrycznej i jej zastosowanie w systemach fotowoltaicznych. Podstawy optyki związane z koncentracją wiązki promieniowania słonecznego (punktowe, liniowe, bezobrazowe) i wykorzystaniem zjawiska koncentracji w systemach o małym i dużym stopniu koncentracji. Procesy optyczne i cieplne zachodzące w słonecznych elektrowniach cieplnych, w tym: w słonecznych elektrowniach ORC, piecach słonecznych, elektrowniach kominowych. Wieloźródłowe skojarzone i poligeneracyjne systemy słoneczne, podstawy działania i zastosowanie. Energetyka słoneczna w inteligentnych miastach. Podstawy prawne w zakresie energetyki słonecznej systemów i urządzeń.

**Metody oceny:**

Zaliczenie na podstawie pozytywnych ocen z:
1. kolokwium zaliczeniowego,
2. projektu zespołowego wykonania koncepcji technicznej urządzenia lub instalacji słonecznej do zaspokojenia określonych potrzeb użytkowych w zadanych warunkach napromieniowania słonecznego w warunkach krajowych,
3. prezentacji zespołowej wybranej technologii energetyki słonecznej, z uwzględnieniem stanu jej technologicznego zaawansowania, jej zalet i wad.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Anderson B.: Solar Energy: Fundamentals in Building Design, Total Environmental Action, Inc., Harrisville, New Hampshire, 1975.
2. Balcomb J.D. (ed.): Passive Solar Buildings, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1992.
3. Chwieduk D., Budownictwo Ogólne, Fizyka budowli, red. P. Klemm, Warszawa, Arkady, 2008, ISBN 83-213-4408-9, Tom 2.
4. Chwieduk D., Energetyka Słoneczna Budynku. Warszawa. Arkady, 2011.
5. Duffie J. A., Beckman W. A. Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1991.
6. ISO/FDIS 13790 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling.
7. Jastrzębska G. Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia i zastosowania. WKŁ Warszawa 2013.
8. Pluta Z.: Podstawy teoretyczne fototermicznaj konwersji energii słonecznej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
9. Pluta Z.: Słoneczne instalacje energetyczne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
10. Quaschning V. Understanding Renewable Energy Systems, EARTHSCAN, London, UK,2006.
11. Sarniak M.: Podstawy fotowoltaiki. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2008.
12. Smolec W.: Fototermiczna konwersja energii słonecznej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
13. Twidell J., Weir T.: Renewable Energy Resources, E&FN SPON, London, University Press Cambridge,1996.
Dodatkowa literatura:
Materiały dostarczone przez wykładowcę w postaci elektronicznej i dostępne na stronie internetowej ITC.

**Witryna www przedmiotu:**

http://www.meil.pw.edu.pl/pl/MEiL/Studia katalog E I

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt ML.NS728\_W01:**

Zna podstawy fizyczne zjawisk powstawania energii promieniowania słonecznego, jej dotarcia do powierzchni Ziemi, w tym: przejścia przez atmosferę ziemską i oddziaływania na Ziemię. Zna podstawy geometrii sferycznej Słońca względem Ziemi oraz metod pomiaru wielkości promieniowania słonecznego.

Weryfikacja:

Kolokwium.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W02, E1\_W12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07

**Efekt ML.NS728\_W02:**

Zna zjawiska optyczne i cieplne zachodzących przy pozyskiwaniu i konwersji fototermicznej - energii promieniowania słonecznego w ciepło użyteczne, a także zagadnienia magazynowania ciepła o charakterze krótko i długoterminowym.

Weryfikacja:

Kolokwium, projekt zespołowy.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W02, E1\_W05, E1\_W12, E1\_W18

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W02, T1A\_W02, T1A\_W03, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W04, T1A\_W07

**Efekt ML.NS728\_W03:**

Rozumie zagadnienia wyznaczania sprawności cieplnej kolektorów słonecznych i innych odbiorników, ich charakterystyki cieplnej i przepływowej oraz wymiarowania kolektorów słonecznych, jak i całych kompleksowych słonecznych instalacji grzewczych do zadanych warunków użytkowania. Ma wiedzę tworzenia koncepcji słonecznych instalacji grzewczych w zależności od warunków odbioru energii słonecznej i dostarczania energii użytkowej do odbiorcy końcowego.

Weryfikacja:

Kolokwium, projekt zespołowy, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W05, E1\_W11, E1\_W12, E1\_W18

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

**Efekt ML.NS728\_W04:**

Zna podstawy konwersji fotoelektrycznej i jej zastosowanie w systemach fotowoltaicznych, podstawy optyki związane z koncentracją wiązki promieniowania słonecznego (punktowe, liniowe, bezobrazowe) i zastosowanie zjawisk optycznych i cieplnych zachodzące w słonecznych elektrowniach cieplnych, w tym: w słonecznych elektrowniach ORC, piecach słonecznych, elektrowniach kominowych.

Weryfikacja:

Kolokwium, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W02, E1\_W05, E1\_W11, E1\_W12, E1\_W18, E1\_W25

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W02, T1A\_W02, T1A\_W03, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W05

**Efekt ML.NS728\_W05:**

Zna zasady poligeneracji w energetycznych systemach słonecznych, stosowania systemów hybrydowych, zintegrowanych i ich zastosowanie w inteligentnych miastach, z uwzględnieniem samowystarczalności energetycznej budynków i osiedli.

Weryfikacja:

Kolokwium, projekt zespołowy, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_W05, E1\_W11, E1\_W12, E1\_W18, E1\_W23, E1\_W25, E1\_W31

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W02, T1A\_W03, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W05, T1A\_W05, T1A\_W08

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt ML.NS728\_U01:**

Potrafi modelować zjawiska fizyczne zachodzące w odbiornikach energii promieniowania słonecznego i instalacjach słonecznych, w tym: w słonecznych układach hybrydowych PVT (cieplno – fotowoltaicznych) oraz przeprowadzać symulacje ich funkcjonowania, a także określać efektywność energetyczną.

Weryfikacja:

Kolokwium, projekt zespołowy, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U01, E1\_U09, E1\_U11, E1\_U21, E1\_U22, E1\_U24

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U01, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U14, T1A\_U09, T1A\_U14, T1A\_U09, T1A\_U15

**Efekt ML.NS728\_U02:**

Posiada umiejętność określania oszczędności energetycznych eksploatacyjnych i efektów środowiskowych wynikających z odpowiedniej koncepcji rozwiązań instalacyjnych energetyki słonecznej i skojarzenia ich z tradycyjnymi systemami wytwarzania ciepła, chłodu i energii elektrycznej.

Weryfikacja:

Kolokwium, projekt zespołowy, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U01, E1\_U16, E1\_U17, E1\_U28, E1\_U29, E1\_U24

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

**Efekt ML.NS728\_U03:**

Posiada umiejętność kompleksowego podejścia do wyznaczania zużycia energii w wielofunkcyjnych słonecznych systemach energetycznych z uwzględnieniem energii wbudowanej i metody LCA. Umie tworzyć koncepcje systemowo–instalacyjne wykorzystania energii słonecznej w różnej skali.

Weryfikacja:

Kolokwium, projekt zespołowy, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U02, E1\_U05, E1\_U17, E1\_U28, E1\_U29, E1\_U24

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U02, T1A\_U05, T1A\_U12, T1A\_U13, T1A\_U09, T1A\_U16, T1A\_U09, T1A\_U15, T1A\_U16, T1A\_U09, T1A\_U15

**Efekt ML.NS728\_U04:**

Zna unormowania prawne w zakresie energetyki słonecznej.

Weryfikacja:

Projekt zespołowy, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_U04, E1\_U05, E1\_U07, E1\_U15

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U04, T1A\_U05, T1A\_U06, T1A\_U11

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt ML.NS728\_K01:**

Posiada kompetencje w zakresie wykonywania koncepcji technicznych, projektowych i studium wykonalności systemów energetyki słonecznej.

Weryfikacja:

Kolokwium, projekt zespołowy, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_K02, E1\_K03, E1\_K04

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K02, T1A\_K03, T1A\_K04

**Efekt ML.NS728\_K02:**

Potrafi opracowywać w grupie wspólne prezentacje i projekty koncepcyjne wybranej technologii energetyki słonecznej, z uwzględnieniem stanu jej technologicznego zaawansowania, jej zalet i wad.

Weryfikacja:

Projekt zespołowy, prezentacja zespołowa.

**Powiązane efekty kierunkowe:** E1\_K02, E1\_K03, E1\_K04, E1\_K05, E1\_K07

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K02, T1A\_K03, T1A\_K04, T1A\_K05, T1A\_K07