

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2022/2023

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Inżynieria Środowiska

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: IŚ2

Stopień studiów: II

Specjalności: Ciepłownictwo, ogrzewnictwo, wentylacja i klimatyzacja

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Kogeneracja
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Co-generation of heat and electricity
KOD PRZEDMIOTU	WIŚIE IŚ2 oIIS D16 22/23
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty specjalnościowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	2.00
SEMESTRY	2

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	CWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
2	15	15	0	0	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Zapoznanie studentów z równaniami zachowania masy, pędu i energii.

Cel 2 Zapoznanie studentów z układami cieplnymi elektrowni kondensacyjnych, upustowo-kondensacyjnych i upustowo-przeciwprężnych.

- Cel 3** Przedstawienie niskotemperaturowych obiegów Rankinea - elektrownie i elektrociepłownie, których czynnikiem roboczym są czynniki organiczne (ORC - Organic Rankine Cycle).
- Cel 4** Obliczanie sprawności netto i brutto elektrowni i elektrociepłowni.
- Cel 5** Sposoby poprawy sprawności obiegu Rankinea: podwyższanie parametrów pary przed turbiną i obniżanie parametrów pary przed kondensatorem, regeneracyjne podgrzewanie wody zasilającej (karnotyzacja obiegu Rankinea), międzystopniowe przegrzewanie pary.
- Cel 6** Elektrownie i elektrociepłownie parowo-gazowe - sprawność obiegu Joule-Braytona. Analiza wybranych układów cieplnych i elektrociepłowni parowo-gazowych.
- Cel 7** Zasada działania i konstrukcja podstawowych elementów elektrociepłowni - kotły i turbiny parowe, kondensatory, podgrzewacze regeneracyjne, odgazowywacze, pompy wody zasilającej, rozprężacze, stacje redukcyjno-schładzające
- Cel 8** Elektrociepłownie z silnikami spalinowymi.
- Cel 9** Elektrownie i elektrociepłownie jądrowe.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Podstawowe wiadomości z termodynamiki i techniki cieplnej.
- 2 Podstawowe wiadomości z matematyki.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

- EK1 Kompetencje społeczne** Student uzyskuje kompetencje społeczne w zakresie oceny wykorzystania różnych źródeł energii, sprawności energetycznej elektrowni i elektrociepłowni bazujących na różnych źródłach energii. Jest również kompetentny w zakresie oceny oddziaływania elektrowni i elektrociepłowni na środowisko naturalne.
- EK2 Kompetencje społeczne** Student jest kompetentny w zakresie wyboru sposobu zaopatrzenia w ciepło i energię elektryczną budynków mieszkalnych lub obiektów przemysłowych uwzględniając sprawność energetyczną oraz szkodliwość oddziaływania na środowisko. Student posiada umiejętności w zakresie obliczania i projektowania obiegów cieplnych elektrowni i elektrociepłowni konwencjonalnych, elektrociepłowni, w których czynnikiem roboczym jest czynnik niskowrzący oraz elektrociepłowni parowo-gazowych i elektrociepłowni z silnikami spalinowymi.
- EK3 Umiejętności** Student posiada umiejętności w zakresie obliczania i projektowania obiegów cieplnych elektrowni i elektrociepłowni konwencjonalnych, elektrociepłowni, w których czynnikiem roboczym jest czynnik niskowrzący oraz elektrociepłowni parowo-gazowych i elektrociepłowni z silnikami spalinowymi.
- EK4 Wiedza** Student posiada wiedzę dotyczącą różnych źródeł energii cieplnej i elektrycznej, w tym odnawialnych źródeł energii. Uzyskuje wiedzę w zakresie sprawności i efektywności energetycznej różnych rodzajów elektrowni i elektrociepłowni bazujących na paliwach konwencjonalnych, jądrowych oraz na odnawialnych źródłach energii.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Konwencjonalne i odnawialne źródła energii. Zasoby surowców energetycznych.	2
W2	Równania zachowania masy, pędu i energii dla układów energetycznych.	2
W3	Elektrownie i elektrociepłownie konwencjonalne oraz jądrowe. Elektrociepłownie na czynniki organiczne. Sprawność brutto i netto.	3
W4	Sposoby poprawy sprawności obiegu Rankinea.	3
W5	Elektrownie i elektrociepłownie parowo-gazowe. Obieg termodynamiczny Joulea-Braytona i sposoby podwyższania jego sprawności.	3
W6	Elektrociepłownie z silnikami spalinowymi.	2

CWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Zasady zachowania masy, pędu i energii. Przykłady zachowania masy i energii do wyznaczania sprawności kotła parowego i wodnego, mocy turbiny gazowej i parowej, mocy silnika napędzającego pompę, przepływowych i pojemnościowych podgrzewaczy wody oraz zaworu redukcyjnego.	3
C2	Obliczanie sprawności obiegu Rankinea. Obliczanie sprawności netto i brutto elektrowni i elektrociepłowni oraz pompy ciepła. Obliczanie jednostkowego zużycia ciepła, paliwa i energii.	3
C3	Obliczanie przyrostu sprawności obiegu Rankinea w wyniku podwyższania parametrów pary przed turbiną i obniżenie parametrów pary przed kondensatorem, podgrzewania regeneracyjnego wody zasilającej i międzystopniowego podgrzewania pary.	3
C4	Układy parowo-gazowe. Obliczanie sprawności obiegu Joulea-Braytona. Obliczanie przyrostu sprawności w wyniku zastosowania regeneracji ciepła spalin wylotowych turbiny, zastosowania dwóch komór spalania i międzystopniowego chłodzenia powietrza w sprężarce.	3
C5	Elektrociepłownie z silnikami spalinowymi. Sprawność silnika spalinowego. Sprawność termodynamiczna i cieplna silnika spalinowego.	3

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady, prezentacje multimedialne

N2 Zadania tablicowe z wykorzystaniem programów do obliczania właściwości fizycznych wody i pary wodnej, powietrza i spalin.

N3 Konsultacje dotyczące wykładów i ćwiczeń tablicowych

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	30
Konsultacje przedmiotowe	5
Egzaminy i zaliczenia w sesji	5
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	5
Opracowanie wyników	5
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	5
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	55
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	2.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Zadanie tablicowe

F2 Test

F3 Kolokwium

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Obecność na zajęciach

W2 Pozytywna ocena z testu

W3 Pozytywna ocena z kolokwium

W4 Pozytywna ocena z egzaminu pisemnego

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potra podać denicji sprawności netto i brutto elektrowni oraz denicji sprawności elektrociepłowni konwencjonalnej.
NA OCENĘ 3.0	Student powinien podać denicję sprawności netto i brutto elektrowni oraz elektrociepłowni konwencjonalnej.
NA OCENĘ 3.5	Student powinien podać denicję sprawności netto i brutto elektrowni oraz elektrociepłowni konwencjonalnej. Student powinien wymienić substancje szkodliwe emitowane przez elektrownie konwencjonalne, elektrownie i elektrociepłownie parowo-gazowe.
NA OCENĘ 4.0	Student powinien wymienić substancje szkodliwe emitowane przez elektrownie konwencjonalne, elektrownie i elektrociepłownie parowo-gazowe oraz przez elektrociepłownie z silnikami spalinowymi.
NA OCENĘ 4.5	Student powinien wymienić substancje szkodliwe emitowane przez elektrownie konwencjonalne, elektrownie i elektrociepłownie parowo-gazowe oraz przez elektrociepłownie z silnikami spalinowymi oraz student powinien znać aktualne dopuszczalne stężenia w spalinach substancji szkodliwych.
NA OCENĘ 5.0	Student powinien znać aktualne dopuszczalne stężenia w spalinach substancji szkodliwych, takich jak tlenki azotu, dwutlenku siarki, pyłu oraz oszacować emisje dwutlenku węgla z elektrowni konwencjonalnych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potra porównać różnych sposobów wytwarzania ciepła i energii elektrycznej biorąc pod uwagę sprawność, koszty inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne a także wartość wytwarzanej mocy cieplnej i elektrycznej.
NA OCENĘ 3.0	Porównać różne sposoby wytwarzania ciepła i energii elektrycznej biorąc pod uwagę sprawność, koszty inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne a także wartość wytwarzanej mocy cieplnej i elektrycznej.
NA OCENĘ 3.5	Student potra porównać różne sposoby wytwarzania ciepła i energii elektrycznej biorąc pod uwagę sprawność, koszty inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne a także wartość wytwarzanej mocy cieplnej i elektrycznej. Student potra wymienić zakresy osiąganych sprawności elektrowni konwencjonalnych.
NA OCENĘ 4.0	Wymienić zakresy osiąganych sprawności elektrowni konwencjonalnych, jądrowych, parowo-gazowych i z silnikami spalinowym.
NA OCENĘ 4.5	Student potra wymienić zakresy osiąganych sprawności elektrowni konwencjonalnych, jądrowych, parowo-gazowych i z silnikami spalinowym. Student potra wymienić wady i zalety centralnego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej
NA OCENĘ 5.0	Porównać wady i zalety centralnego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej z układami rozproszonymi wykorzystującymi energię słońca, wiatru i ziemi - pompy ciepła i elektrociepłownie geotermalne.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	

NA OCENĘ 2.0	Student nie potra narysować układu cieplnego elektrowni kondensacyjnej, elektrociepłowni upustowo-kondensacyjnej i upustowo-przeciwprężnej. Nie potra zapisać wzoru na sprawność elektrowni i omówić poszczególnych jego składników, a w szczególności wyprowadzić wzoru na sprawność obiegu Rankinea.
NA OCENĘ 3.0	Student potra narysować układy cieplne elektrowni kondensacyjnej, elektrociepłowni upustowo-kondensacyjnej i upustowo-przeciwprężnej. Potra zapisać wzór na sprawność elektrowni i omówić poszczególne jego składniki, a w szczególności wyprowadzić wzór na sprawność obiegu Rankinea.
NA OCENĘ 3.5	Student potra narysować układy cieplne elektrowni kondensacyjnej, elektrociepłowni upustowo-kondensacyjnej i upustowo-przeciwprężnej. Potra zapisać wzór na sprawność elektrowni i omówić poszczególne jego składniki, a w szczególności wyprowadzić wzór na sprawność obiegu Rankinea. Student umie narysować różne układy chłodzenia kondensatorów turbin oraz obliczyć strumień wody chłodzącej kondensator.
NA OCENĘ 4.0	Dodatkowo student umie narysować różne układy chłodzenia kondensatorów turbin oraz obliczyć strumień wody chłodzącej kondensator. Umie omówić i wyprowadzić wzory na poprawę sprawności obiegu Rankinea poprzez zmianę parametrów pary, podgrzewanie regeneracyjne wody zasilającej i międzystopniowe przegrzewanie pary.
NA OCENĘ 4.5	Student umie narysować różne układy chłodzenia kondensatorów turbin oraz obliczyć strumień wody chłodzącej kondensator. Umie omówić i wyprowadzić wzory na poprawę sprawności obiegu Rankinea poprzez zmianę parametrów pary, podgrzewanie regeneracyjne wody zasilającej i międzystopniowe przegrzewanie pary. Student umie narysować obiegi termodynamiczne i układy cieplne różnych rodzaju elektrowni parowo-gazowych.
NA OCENĘ 5.0	Student umie narysować obiegi termodynamiczne i układy cieplne różnych rodzaju elektrowni parowo-gazowych, w tym wyprowadzić wzór na sprawność obiegu Joulea-Braytona. Umie narysować schemat elektrowni jądrowej i elektrowni z silnikiem spalinowym. Potra narysować obieg termodynamiczny Otto i wyprowadzić wzór na sprawność termodynamiczną obiegu.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie posiada wiedzy o różnych źródłach energii konwencjonalnych i odnawialnych. Nie potra wskazać zakresu ich zastosowań.
NA OCENĘ 3.0	Student posiada wiedzę o różnych źródłach energii konwencjonalnych i odnawialnych. Potra wskazać zakres ich zastosowań.
NA OCENĘ 3.5	Student posiada wiedzę o różnych źródłach energii konwencjonalnych i odnawialnych. Potra wskazać zakres ich zastosowań. Posiada wiedzę dotyczącą sprawności, kosztów eksploatacyjnych różnych sposobów wytwarzania ciepła i energii elektrycznej.
NA OCENĘ 4.0	Student posiada wiedzę o różnych źródłach energii konwencjonalnych i odnawialnych. Potra wskazać zakres ich zastosowań. Posiada wiedzę dotyczącą sprawności, kosztów eksploatacyjnych różnych sposobów wytwarzania ciepła i energii elektrycznej.

NA OCENĘ 4.5	Posiada wiedzę z zakresu obliczania sprawności obiegów termodynamicznych występujących w elektrowniach i elektrociepłowniach, w tym obiegu Rankinea, Joulea-Braytona i obiegu Otto. Ma wiedzę dotyczącą poprawy sprawności obiegów termodynamicznych, potra wymienić różne sposoby poprawy sprawności oraz wyprowadzić odpowiednie wzory.
NA OCENĘ 5.0	Student ma wiedzę w zakresie projektowania układów cieplnych elektrowni i elektrociepłowni, w tym elektrowni kondensacyjnych, elektrociepłowni upustowo-kondensacyjnych i upustowo-przeciwprężnych. Ma wiedzę z zakresu obiegów ORC, układów cieplnych elektrowni parowo-gazowych i elektrowni z silnikami spalinowymi. Dysponuje wiedza z zakresu pomp ciepła i ich zastosowania do ogrzewania budynków. Ma wiedzę związaną z zasadą działania i konstrukcja urządzeń elektrociepłowni: kotłów, turbin, podgrzewaczy regeneracyjnych, kondensatorów, pomp wody zasilającej, pomp wody chłodzącej, stacji redukcyjno-schładzających, odgazowyczy i rozprężaczy.

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1		Cel 2 Cel 3 Cel 4 Cel 5 Cel 6 Cel 7 Cel 8	W1 W3 W4 W5 W6 C2 C3 C5	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1
EK2		Cel 1 Cel 2 Cel 3 Cel 4	W1 W2 W3 W4 W5 W6 C1 C2 C3 C4 C5	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1
EK3		Cel 3 Cel 4 Cel 5	W3 W4 C2 C3 C4 C5	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1
EK4		Cel 2 Cel 3 Cel 4 Cel 5 Cel 6 Cel 8	C2 C3 C4 C5	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Pawlik M., Strzelczyk F. — *Elektrownie*, Warszawa, 2010, Wydawnictwo Naukowo Techniczne
- [2] | Marecki Jacek — *Podstawy przemian energetycznych*, Warszawa, 2017, Wydawnictwo Naukowe PWN

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

[1 | Jinzue Yan — *Handbook of clean energy systems*, Chichester, 2015, John Wiley and Sons

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH**OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ**

prof. dr hab. inż. Dawid Taler (kontakt: dtaler@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 prof. dr hab. inż. Dawid Taler (kontakt: dtaler@pk.edu.pl)

2 dr inż. Jan Wrona (kontakt: jwrona@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....
.....