



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Bezpieczeństwo energetyki jądrowej [S1Energ2>BEJ]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Energetyka

Rok/Semestr  
4/7

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obieralny

### Liczba godzin

Wykład  
30

Laboratorium  
15

Inne  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
15

### Liczba punktów ECTS

5,00

### Koordynatorzy

prof. dr hab. inż. Janusz Wojtkowiak  
janusz.wojtkowiak@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Matematyka: algebra - funkcje, równania i nierówności, równania i układy równań algebraicznych, podstawy rachunku prawdopodobieństwa, podstawy rachunku różniczkowego i całkowego na poziomie 6 PRK. Fizyka: podstawowe prawa i zasady zachowania w fizyce, statyka, kinematyka, dynamika, hydraulika na poziomie 6 PRK, podstawy fizyki jądrowej. Rozwiązywanie równań i układów równań algebraicznych, rozwiązywanie prostych równań różniczkowych, zastosowanie rachunku całkowego do obliczania wielkości geometrycznych i fizycznych, rozwiązywanie zadań z mechaniki klasycznej - statyki, kinematyki, dynamiki i hydrauliki.

### Cel przedmiotu

Opanowanie podstawowej wiedzy i umiejętności z zakresu teorii i zasad bezpieczeństwa w energetyce jądrowej, budowy i działania systemów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych, oddziaływania elektrowni jądrowej na środowisko, metod oceny ryzyka.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. Student zna zasady bezpieczeństwa stosowane w energetyce jądrowej.

2. Student zna budowę układu bezpieczeństwa elektrowni jądrowej (EJ) i rozumie działanie systemów bezpieczeństwa EJ.
3. Student ma elementarną wiedzę w zakresie oddziaływania elektrowni jądrowej na środowisko podczas normalnej eksploatacji i w sytuacjach awaryjnych.
4. Student ma podstawową wiedzę w zakresie niezawodności i bezpieczeństwa systemów technicznych, a zwłaszcza na temat metodyki probabilistycznej oceny ryzyka (PRA).
5. Student zna rodzaje i właściwości promieniowania jonizującego oraz jego wpływ na organizmy żywe i materiały konstrukcyjne.

#### Umiejętności:

1. Student potrafi oszacować niezawodność prostego systemu bezpieczeństwa EJ stosując metodykę „drzew zdarzeń” lub „drzew uszkodzeń”.
2. Student potrafi obliczyć strumień wody niezbędny do odbioru ciepła powyłaczeniowego EJ w sytuacjach awaryjnych oraz strumień wody niezbędny do chłodzenia skraplaczy turbin podczas normalnej eksploatacji.
3. Student potrafi obliczać, stosując metody uproszczone, charakterystyki przepływowe systemów awaryjnego chłodzenia rdzenia EJ.
4. Student potrafi wyznaczyć rozkłady temperatury w paliwie jądrowym podczas normalnej eksploatacji i w sytuacjach awaryjnych.
5. Student potrafi stosować i przeliczać jednostki wielkości fizycznych stosowanych w ochronie przed promieniowaniem jonizującym.

#### Kompetencje społeczne:

1. Student rozumie potrzebę pracy zespołowej w rozwiązywaniu problemów teoretycznych i praktycznych.
2. Student rozumie konieczność systematycznego pogłębiania i rozszerzania swoich kompetencji.
3. Student ma świadomość kontrowersyjności energetyki jądrowej w odbiorze indywidualnym i społecznym.

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

#### Wykłady

60-minutowy egzamin pisemny w terminie podanym na początku semestru. Egzamin ma na celu sprawdzenie wiedzy studenta i polega na udzieleniu odpowiedzi na 4 pytania. W przypadkach wątpliwych egzamin rozszerzany jest o część ustną. Na każdym wykładzie oceniana jest aktywność studentów.

#### Ćw. audytoryjne

45-minutowe pisemne kolokwium zaliczeniowe w ostatnim tygodniu semestru. Kolokwium polega na rozwiązaniu 2 zadań. Kolokwium ma na celu sprawdzenie umiejętności studenta.

Ocenianie poprawności samodzielnych rozwiązań zadań (praca własna studenta).

Ocenianie ciągłe na każdych zajęciach (premiowanie aktywności).

#### Ćw. projektowe

Ocenianie ciągłe na każdych zajęciach (premiowanie aktywności). 10-minutowa prezentacja końcowa projektu i jego obrona

Warunkiem zdania egzaminu oraz uzyskania zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych jest zdobycie minimum 50% z maksymalnej liczby punktów wynoszącej 20.

Skala ocen: 0-9 pkt = 2,0; 10-12 pkt = 3,0; 13-14 pkt = 3,5; 15-16 pkt = 4,0; 17-18 pkt = 4,5; 19-20 pkt = 5,0

### Treści programowe

Program modułu obejmuje następujące zagadnienia:

1. strategia bezpieczeństwa w energetyce jądrowej,
2. obliczenia cieplno-przepływowe systemów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych,
3. wpływ elektrowni jądrowej na otoczenie podczas normalnej eksploatacji,
4. zagrożenia ze strony EJ w sytuacjach awaryjnych,
5. analiza przyczyn i przebiegu wybranych awarii.

### Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. zapotrzebowanie na wodę do chłodzenia skraplaczy turbin EJ,
2. ciepło powyłaczeniowe,
3. układ funkcjonalny i układ bezpieczeństwa EJ,
4. systemy natychmiastowego wyłączenia reaktora,
5. systemy awaryjnego chłodzenia rdzenia,
6. obudowa bezpieczeństwa i jej awaryjne systemy.

Program laboratorium (komputerowego) obejmuje następujące zagadnienia:

1. obliczenia systemów awaryjnego chłodzenia rdzenia,
2. obliczenia awaryjnych systemów obudowy bezpieczeństwa,
3. obliczenia rozkładu temperatury w paliwie jądrowym podczas awarii,
4. obliczenia zmian ciśnienia w obiegu pierwotnym podczas awarii typu LOCA,
5. obliczenia zmian ciśnienia w obudowie bezpieczeństwa podczas awarii typu LOCA.

Program ćwiczeń projektowych obejmuje następujące zagadnienia:

1. projekt wstępny wysokociśnieniowego systemu awaryjnego chłodzenia rdzenia,
2. projekt wstępny niskociśnieniowego systemu awaryjnego chłodzenia rdzenia,
3. projekt wstępny system zraszania obudowy bezpieczeństwa.

## Metody dydaktyczne

Wykłady: wykład z prezentacją multimedialną (w tym: rysunki, zdjęcia, animacje) uzupełniany przykładami podawanymi na tablicy, uwzględnianie różnych aspektów przedstawianych zagadnień, w tym: ekonomicznych, ekologicznych, prawnych i społecznych.

Ćwiczenia: rozwiązywanie przykładowych zadań na tablicy, inicjowanie dyskusji nad rozwiązaniami.

Zajęcia projektowe: omawianie typowych przypadków, dyskusja proponowanych założeń i rozwiązań, szczegółowa ocena projektów przez prowadzącego, prezentacje przez studentów, praca w zespołach, kształcenie przez rozwiązywanie problemów.

## Literatura

Podstawowa:

1. Ablewicz Z., Dąbrowski W.B. Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Arkady, W-wa 1986.
2. Ackermann G., Eksploatacja elektrowni jądrowych. WNT, W-wa 1987.
3. Hrynkiewicz Z. (Red.): Człowiek i promieniowanie jonizujące. PWN, W-wa, 2001.
4. Kielkiewicz M. Jądrowe reaktory energetyczne. WNT, W-wa 1978.
5. Petrangeli G.: Nuclear Safety. 1st Ed. Butterworth-Heinemann, 2006
6. Elkmann P.: Emergency Planning for Nuclear Power Plants. CRC Press, 2009

Uzupełniająca:

Murray R.L., Nuclear Energy (6th Ed.), Elsevier, Amsterdam 2009.

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	132	5,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	62	2,50
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwii/egzaminu, wykonanie projektu)	70	2,50