



Nazwa modułu: Technologie uzdatniania wody

Rok akademicki: 2015/2016 Kod: DIS-2-242-IW-s Punkty ECTS: 4

Wydział: Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska Specjalność: Inżynieria wodna

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 2

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: dr inż. Włodyka-Bergier Agnieszka (wlodyka@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: dr inż. Włodyka-Bergier Agnieszka (wlodyka@agh.edu.pl)  
dr inż. Kowalewski Zbigniew (kowalew@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
<b>Wiedza</b>			
M_W001	zna i rozumie podstawowe oraz zaawansowane procesy zachodzące w urządzeniach do oczyszczania wody oraz zasady doboru odpowiednich technologii oczyszczania wody	IS2A_W05, IS2A_W06	Egzamin, Zaliczenie laboratorium, Wykonanie projektu
M_W002	ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę z zakresu mechanizmów procesów jednostkowych stosowanych w technologiach oczyszczania wody	IS2A_W05	Egzamin, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W003	zna przykłady rozwiązań układów technologicznych oczyszczania wody oraz warunków ich zastosowania	IS2A_W05, IS2A_W06, IS2A_W11	Egzamin, Wykonanie projektu
<b>Umiejętności</b>			
M_U001	potrafi dobrać schemat technologiczny uzdatniania wody	IS2A_U16, IS2A_U17	Wykonanie projektu
M_U002	potrafi doświadczalnie dobrać parametry procesów służących do oczyszczania wód, używając właściwych metod, technik i narzędzi	IS2A_U08, IS2A_U21	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium

M_U003	potrafi przeprowadzać eksperymenty, interpretować wyniki i wyciągać wnioski	IS2A_U08	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium
Kompetencje społeczne			
M_K001	potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role	IS2A_K03	Zaangażowanie w pracę zespołu
M_K002	potrafi określić priorytetowe cele wykonywanego zadania i sposoby jego realizacji	IS2A_K04	Wykonanie ćwiczeń
M_K003	ma świadomość skutków działalności inżynierskiej, jej wpływu na środowisko i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje; prawidłowo identyfikuje oraz rozstrzyga dylematy związane z wykonywaniem zawodu	IS2A_K02, IS2A_K05	Aktywność na zajęciach

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	zna i rozumie podstawowe oraz zaawansowane procesy zachodzące w urządzeniach do oczyszczania wody oraz zasady doboru odpowiednich technologii oczyszczania wody	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę z zakresu mechanizmów procesów jednostkowych stosowanych w technologiach oczyszczania wody	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	zna przykłady rozwiązań układów technologicznych oczyszczania wody oraz warunków ich zastosowania	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	potrafi dobrać schemat technologiczny uzdatniania wody	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi doświadczalnie dobrać parametry procesów służących do oczyszczania wód, używając właściwych metod, technik i narzędzi	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U003	potrafi przeprowadzać eksperymenty, interpretować wyniki i wyciągać wnioski	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	potrafi określić priorytetowe cele wykonywanego zadania i sposoby jego realizacji	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
M_K003	ma świadomość skutków działalności inżynierskiej, jej wpływu na środowisko i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje; prawidłowo identyfikuje oraz rozstrzyga dylematy związane z wykonywaniem zawodu	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Procesy fizyczne stosowane w uzdatnianiu wody

Procesy separacji fazy stałej – cedzenie, sedymentacja, flotacja, filtracja. Procesy membranowe w uzdatnianiu wody – membrany i moduły membranowe, ciśnieniowe procesy membranowe, inne procesy membranowe stosowane w uzdatnianiu wody. Koagulacja jako chemiczno-fizyczny proces usuwania fazy stałej z wody – przebieg procesu koagulacji, chemizm koagulantów hydrolizujących, flokulacja.

#### Metody sorpcyjne w uzdatnianiu wody

Adsorbenty stosowane w uzdatnianiu wody – węgle aktywne, adsorbenty nie węglowe. Izoterma adsorpcji. Usuwanie naturalnej materii organicznej, innych zanieczyszczeń organicznych, metali ciężkich i zanieczyszczeń nieorganicznych z wody z wykorzystaniem metod sorpcyjnych. Praktyczne rozwiązania z zastosowaniem węgla aktywnych do oczyszczania wody – wyznaczanie dawek pylistego węgla aktywnego oraz parametrów złoża z granulowanym węglem aktywnym.

#### Procesy chemiczne stosowane w uzdatnianiu wody

Utlenianie w technologii uzdatniania wód – utlenianie zanieczyszczeń powietrzem i związkami chemicznymi (chlorem, chloraminowanie, dwutlenkiem chloru, nadmanganianem potasu, ozonem). Zaawansowane procesy utleniania – reakcje wolnorodnikowe, homogeniczne i heterogeniczne procesy utleniania, ozonowanie katalityczne. Wymiana jonowa – istota procesu, wymiennicze jonowe, technologiczna charakterystyka procesu wymiany jonowej, zastosowanie wymiany jonowej w technologii uzdatniania wody. Metody strąceniowe w uzdatnianiu wody.

#### Biologiczne metody uzdatniania wody

Podstawy biologicznych metod uzdatniania. Procesy biochemiczne wykorzystywane w uzdatnianiu wody – aerobowe utlenianie materii organicznej, nityfikacja, denityfikacja, biologiczne utlenianie żelaza i manganu. Uzdatnianie wody w reaktorach do nityfikacji i denityfikacji. Filtry powolne. Procesy biochemiczne w filtrach pospiesznych. Biologicznie aktywne filtry węglowe. Infiltracja jako metoda

oczyszczania wód powierzchniowych. Uzdatnianie wody w warstwie wodonośnej.

#### Mikrobiologia wód i dezynfekcja

Organizmy uciążliwe dla ujęć wodociągowych. Rodzaje zagrożeń wywołanych przez organizmy wodne. Organizmy w urządzeniach wodociągowych. Metody zwalczania organizmów i zapobiegania ich rozwojowi. Organizmy chorobotwórcze w wodach powierzchniowych i podziemnych. Dezynfekcja wody – kinetyka dezynfekcji, metody chemiczne, fizyczne. Produkty uboczne dezynfekcji.

#### Schematy technologiczne uzdatniania wody

Zasady doboru schematów technologicznych i urządzeń do uzdatniania wód. Przykładowe układy technologiczne, efektywność oczyszczania, problemy eksploatacji. Rozwiązania alternatywne.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

#### Uzdatnianie wody domowymi sposobami

Wykorzystanie procesu adsorpcji na węglach aktywnych do usuwania mikrozanieczyszczeń z wody i procesu wymiany jonowej do usuwania związków żelaza i obniżenia twardości wody.

#### Wymiana jonowa w technologii uzdatniania wód

Zapoznanie się z procesem wymiany jonowej jako metody uzdatniania wody. Wymiana jonowa na różnego rodzaju jonitach. Wyznaczenie zdolności wymiennej jonitów dla jonów wapnia na kationitach i chlorków na anionitach.

#### Proces utleniania zanieczyszczeń w technologii uzdatniania wód

Utlenianie zanieczyszczeń różnymi utleniaczami. Wyznaczenie optymalnej dawki, czasu kontaktu i odczynu podczas utleniania zanieczyszczeń wybranymi utleniaczami.

#### Dezynfekcja wody

Zastosowanie metod fizycznych w dezynfekcji wody. Wyznaczenie efektywności usuwania mikroorganizmów z wykorzystaniem promieniowania ultrafioletowego. Określenie ogólnej liczby mikroorganizmów metodą posiewu wgłębnego.

#### Uboczne produkty dezynfekcji

Potencjał tworzenia trihalogenometanów – produktów ubocznych chlorowania wody. Zastosowanie chromatografii gazowej do oznaczania organicznych związków halogenowych. Wpływ ilości i jakości materii organicznej na potencjał tworzenia się produktów ubocznych dezynfekcji.

#### Koagulacja zanieczyszczeń organicznych

Praktyczne zapoznanie się z wpływem procesu koagulacji na usuwanie zanieczyszczeń organicznych z wody. Usuwanie barwy i materii organicznej (ChZTMn) w procesie koagulacji związkami glinu.

### **Ćwiczenia projektowe**

#### Semestralny projekt technologii uzdatniania wody

Dobór i wymiarowanie elementów układu technologicznego uzdatniania wody, zaplanowanie parametrów eksploatacji oraz optymalizacja poszczególnych procesów.

#### Obliczenia elementów układu technologicznego

- Techniki membranowe
- Dobór membran w zależności od jakości wody surowej oraz planowanego wykorzystania wody, projektowanie instalacji.
- Wymienniki jonowe

Dobór żywic w zależności od jakości wody surowej oraz planowanego wykorzystania wody, dobór ilości złożeń jonowymiennych w zależności od wymaganej pojemności jonowymiennej do usuwania różnych zanieczyszczeń, koncepcja instalacji i parametry eksploatacji.

- Metody dezynfekcji

Dobór dezynfektantów do skutecznego usuwania zanieczyszczeń mikrobiologicznych, optymalizacja parametrów procesu dezynfekcji, dobór urządzeń.

- Sedymentacja i filtracja

Projekt instalacji, modelowanie parametrów eksploatacji.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocenę końcową (OK) modułu oblicza się według wzoru:

$$OK = 0,4 \cdot E + 0,3 \cdot L + 0,3 \cdot P$$

gdzie:

E - ocena uzyskana z egzaminu;

L - ocena uzyskana z laboratoriów;

P - ocena uzyskana z ćwiczeń projektowych.

Ocena z egzaminu E to średnia arytmetyczna z ocen z kolejnych terminów.

W przypadku zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych i projektowych oraz uzyskania pozytywnej oceny z egzaminu, ocena końcowa wynosi co najmniej 3,0.

W przypadku braku pozytywnej oceny z ćwiczeń laboratoryjnych lub projektowych lub z egzaminu wystawiana jest ocena końcowa: nzal.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Znajomość podstaw z zakresu chemii wód oraz systemów zaopatrzenia w wodę i usuwania ścieków.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Kowal A., Świdzka-Bróz M.: Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Wrocław 1998.
2. Nawrocki J., Uzdatnianie wody. Procesy Fizyczne, Chemiczne i Biologiczne. Tom 1 i 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
3. Anielak A.: Wysokoefektywne metody oczyszczania wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.
4. Kwietniewski M., Olszewski W., Osuch-Pajdzińska E., Projektowanie elementów systemu zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
5. Osuch-Pajdzińska E., Roman M.: Sieci i obiekty wodociągowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
6. Włodyka-Bergier A., Bergier T.: Lotne organiczne produkty uboczne chlorowania w wodzie z krakowskich systemów dystrybucji. Wydawnictwo AGH, Kraków 2015.

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

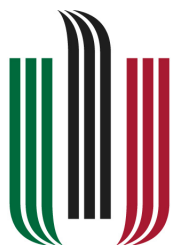
1. Włodyka-Bergier A., Bergier T.: Trihalomethanes Formation during Different Types of Water Chlorination with Sodium Hypochlorite and Chlorine Produced in Electrolyzers. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 20, No. 4A (2011), pp. 335-339.
2. Włodyka-Bergier A., Bergier T.: The Occurrence of Haloacetic Acids in Krakow Water Distribution System. Archives of Environmental Protection, Vol. 37, No. 3 (2011), pp. 21-29.
3. Włodyka-Bergier A., Bergier T.: Wpływ dezynfekcji wody promieniami nadfioletowymi na potencjał tworzenia halogenowych produktów chlorowania w sieci wodociągowej. Ochrona Środowiska 35(3) (2013), ss.53-57.
4. Włodyka-Bergier A., Rajca M., Bergier T.: Removal of halogenated by-products precursors in photocatalysis process enhanced with membrane filtration. Desalination and Water Treatment, 52 (19-21) (2014), ss. 3698-3707.
5. Włodyka-Bergier A., Bergier T.: Lotne organiczne produkty uboczne chlorowania w wodzie z krakowskich systemów dystrybucji. Wydawnictwo AGH, Kraków 2015.

**Informacje dodatkowe**

Obecność na wszystkich laboratoriach jest obowiązkowa. W przypadku usprawiedliwionej nieobecności jedne zajęcia można odrobić pod koniec semestru.

**Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)**

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Przygotowanie do zajęć	8 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	1 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	20 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	15 godz
Wykonanie projektu	14 godz
Udział w wykładach	14 godz
Udział w ćwiczeniach projektowych	14 godz
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	14 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	102 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Technologie oczyszczania ścieków

Rok akademicki: 2015/2016 Kod: DIS-2-243-IW-s Punkty ECTS: 5

Wydział: Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska Specjalność: Inżynieria wodna

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 2

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: prof. dr hab. inż. Neverova-Dziopak Elena (elenad@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: prof. dr hab. inż. Neverova-Dziopak Elena (elenad@agh.edu.pl)  
dr inż. Włodyka-Bergier Agnieszka (wlodyka@agh.edu.pl)  
dr inż. Kowalewski Zbigniew (kowalew@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	zna i rozumie podstawowe oraz zaawansowane procesy zachodzące w urządzeniach do oczyszczania ścieków	IS2A_W05, IS2A_W06	Egzamin, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W002	ma podbudowaną teoretycznie wiedzę na temat celów i zadań procesów oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych i zagrożeń związanych z ich oddziaływaniem na środowisko	IS2A_W05, IS2A_W06, IS2A_W07, IS2A_W10	Egzamin, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W003	ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę z zakresu podstaw projektowania oczyszczalni ścieków i doboru optymalnych technologii oczyszczania ścieków; zna przykłady rozwiązań układów technologicznych oczyszczania ścieków oraz warunków ich zastosowania	IS2A_W05, IS2A_W06, IS2A_W09, IS2A_W11	Egzamin, Wykonanie projektu

M_W004	ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę na temat oceny oddziaływania oczyszczalni ścieków na odbiorniki oraz oceny efektywności ekonomicznej inwestycji w zakresie odprowadzania i oczyszczania ścieków	IS2A_W04, IS2A_W07, IS2A_W11, IS2A_W12, IS2A_W13	Egzamin, Wykonanie projektu
<b>Umiejętności</b>			
M_U001	potrafi doświadczalnie dobrać parametry procesów służących do oczyszczania ścieków, używając właściwych metod, technik i narzędzi	IS2A_U08, IS2A_U21	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium
M_U002	potrafi przeprowadzać eksperymenty, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	IS2A_U08	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium
M_U003	potrafi wykonać obliczenia technologii osadu czynnego, potrafi obsłużyć model matematyczny procesu oczyszczania ścieków	IS2A_U17, IS2A_U20, IS2A_U21	Projekt
M_U004	potrafi ocenić technologię oczyszczania dla określonego rodzaju ścieków przemysłowych	IS2A_U15, IS2A_U17	Esej
<b>Kompetencje społeczne</b>			
M_K001	potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role	IS2A_K03	Zaangażowanie w pracę zespołu
M_K002	potrafi określić priorytetowe cele wykonywanego zadania i sposoby jego realizacji	IS2A_K04	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wykonanie ćwiczeń

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
<b>Wiedza</b>												
M_W001	zna i rozumie podstawowe oraz zaawansowane procesy zachodzące w urządzeniach do oczyszczania ścieków	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	ma podbudowaną teoretycznie wiedzę na temat celów i zadań procesów oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych i zagrożeń związanych z ich oddziaływaniem na środowisko	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-



M_W003	ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę z zakresu podstaw projektowania oczyszczalni ścieków i doboru optymalnych technologii oczyszczania ścieków; zna przykłady rozwiązań układów technologicznych oczyszczania ścieków oraz warunków ich zastosowania	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W004	ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę na temat oceny oddziaływania oczyszczalni ścieków na odbiorniki oraz oceny efektywności ekonomicznej inwestycji w zakresie odprowadzania i oczyszczania ścieków	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	potrafi doświadczalnie dobrać parametry procesów służących do oczyszczania ścieków, używając właściwych metod, technik i narzędzi	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi przeprowadzać eksperymenty, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	potrafi wykonać obliczenia technologii osadu czynnego, potrafi obsłużyć model matematyczny procesu oczyszczania ścieków	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	potrafi ocenić technologię oczyszczania dla określonego rodzaju ścieków przemysłowych	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	potrafi określić priorytetowe cele wykonywanego zadania i sposoby jego realizacji	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Aspekty prawne

Podstawy prawne i organizacyjne odprowadzania i oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych w Unii Europejskiej i Polsce. Dyrektywy unijne i ich transpozycja do ustawodawstwa polskiego; ustawy i rozporządzenia wykonawcze. Krajowy Program oczyszczania ścieków komunalnych. Cele i zadania Krajowego programu oczyszczania

ścieków komunalnych, etapy wdrażania i realizacji zadań; oczekiwane efekty ekologiczne; skala inwestycji. Podstawowe definicje z zakresu oczyszczania ścieków.

#### Charakterystyka ilościowa i jakościowa ścieków

Podstawowe parametry jakościowe i ilościowe. Czynniki wpływające na ilość i jakość odprowadzanych ścieków; nierównomierność dopływu ścieków; zasady obliczenia ilości ścieków komunalnych, jednostkowe ilości ścieków i jednostkowe ładunki zanieczyszczeń. Przykładowy skład ścieków bytowo-gospodarczych, przemysłowych i opadowych.

#### Zbiór i odprowadzanie ścieków z terenów zurbanizowanych i o zabudowie rozproszonej.

Zbiorowe odprowadzanie ścieków. Alternatywne sposoby gospodarowania ściekami. Zbiornice oczyszczalnie ścieków, lokalne oczyszczalnie ścieków, przydomowe oczyszczalnie ścieków: warunki zastosowania. Dobór technologii oczyszczania ścieków z uwzględnieniem RLM oraz rodzaju odbiornika. Klasyfikacja oczyszczalni ścieków pod względem ich przepustowości i stosowanych technologii.

#### Procesy jednostkowe, schematy technologiczne i urządzenia w oczyszczalniach ścieków

Oczyszczanie mechaniczne, konwencjonalne biologiczne i ze wzmożonym usuwaniem związków biogenych. Podstawy teoretyczne biologicznego usuwania azotu i fosforu. Układy technologiczne w oczyszczalniach ścieków, typy urządzeń i problemy eksploatacyjne. Nanotechnologie w oczyszczaniu ścieków. Osady ściekowe jako produkt uboczny procesów oczyszczania ścieków. Wody poosadowe. Sposoby oczyszczania ścieków przemysłowych wybranych zakładów.

#### Podstawy projektowania oczyszczalni ścieków

Podstawowe parametry projektowe i technologiczne. Dobór technologii oczyszczania ścieków z uwzględnieniem RLM oraz rodzaju odbiornika. Przykłady doboru technologii biologicznego oczyszczania z wykorzystaniem programów komputerowych. Zasady doboru optymalnych schematów technologicznych.

#### Ocena efektywności funkcjonowania oczyszczalni i jej oddziaływanie na odbiornik

Obliczenia wymaganego stopnia redukcji zanieczyszczeń. Ocena efektywności pracy oczyszczalni i prawidłowości przebiegu procesów oczyszczania. Sposoby oceny oddziaływania oczyszczalni ścieków na odbiornik. Obliczenia przykładowe.

#### Aspekty ekonomiczne oczyszczania ścieków

Koszty oczyszczania ścieków w jednostkowych procesach technologicznych. Wskaźniki ekonomicznej efektywności inwestycji w zakresie odprowadzania i oczyszczania ścieków. Kryteria wyboru optymalnych wariantów inwestycyjnych.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

#### Podstawowe parametry procesów oczyszczania ścieków

Parametry fizyko-chemiczne ścieków w poszczególnych etapach oczyszczania. Pomiar zawartości tlenu, pH, temperatury ścieków w jednostkowych procesach oczyszczania na rzeczywistym obiekcie. Metodyka poboru próbek.

#### Mechaniczne oczyszczanie ścieków

Badanie efektu oczyszczania ścieków w wyniku sedymentacji. Efektywność usuwania zawiesin ogólnych oraz BZT5. Oznaczanie objętości zawiesin łatwo opadających i efektywności ich sedymentacji w czasie w leju Imhoffa. Efektywność usuwania materii organicznej w procesie sedymentacji.

#### Podstawowe parametry fizyczne oraz mikrobiologia osadu czynnego

Oznaczanie podstawowych parametrów osadu czynnego. Oznaczenie objętości i suchej masy osadu czynnego. Wyznaczanie indeksu osadu czynnego. Praktyczne

zapoznanie się z oceną mikroskopową osadu czynnego – rozróżnianie dominujących rodzajów mikroorganizmów, oznaczanie organizmów nitkowatych w osadzie, ocena stanu osadu czynnego na podstawie oznaczonych mikroorganizmów.

#### Biologiczne oczyszczanie ścieków

Badanie efektu oczyszczania ścieków w komorach osadu czynnego. Efektywność usuwania związków azotu. Wyznaczanie efektywności usuwania zanieczyszczeń dla różnych czasów kontaktu ścieków z osadem czynnym.

#### Chemiczne metody oczyszczania ścieków

Metody strąceniowe w procesie doczyszczania ścieków. Badanie efektu usuwania związków fosforu w procesie koagulacji.

### **Ćwiczenia projektowe**

#### Parametry projektowe i technologiczne oczyszczalni ścieków. Projekt jednostopniowej biologicznej oczyszczalni

Obliczenie podstawowych parametrów pracy oczyszczalni. Projekt jednostopniowej biologicznej oczyszczalni z wykorzystaniem programu Ekspert Osadu Czynnego. Obliczenia ilości osadów wstępnych i nadmiernych zgodnie z normą ATV-DWA. Obliczenia zapotrzebowania na tlen w procesach biologicznego oczyszczania.

#### Model matematyczny procesu biologicznego oczyszczania ścieków. Modelowanie procesów oczyszczania za pomocą programów symulacyjnych

Konstrukcja modelu i przygotowanie do obliczeń w programie symulacyjnych BioWin. Model podstawowego bioreaktora, modelowanie pracy SBR. Własne parametry modelu oraz proces optymalizacji obliczeń – wykorzystanie programu ASIM.

#### Koncepcja doboru schematu technologii oczyszczania dla różnego rodzaju ścieków

Analiza możliwości wykorzystania nowoczesnych technik oczyszczania ścieków do wybranego typu ścieków przemysłowych – esej.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocenę końcową (OK) modułu oblicza się według wzoru:

$$OK = 0,4 \cdot E + 0,3 \cdot L + 0,3 \cdot P$$

gdzie

E – ocena uzyskana z egzaminu

L – ocena uzyskana z laboratoriów

P – ocena uzyskana z ćwiczeń projektowych

Ocena z egzaminu E to średnia arytmetyczna z ocen z kolejnych terminów.

W przypadku uzyskania oceny pozytywnej z ćwiczeń laboratoryjnych lub projektowych dopiero w terminie poprawkowym, jako ocenę L lub P przyjmowana jest ocena ostateczna (z terminu poprawkowego).

W przypadku zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych i projektowych oraz uzyskania pozytywnej oceny z egzaminu, ocena końcowa wynosi co najmniej 3,0.

W przypadku braku pozytywnej oceny z ćwiczeń laboratoryjnych lub projektowych lub z egzaminu wystawiana jest ocena końcowa: nie zal.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Znajomość podstaw z zakresu chemii wód oraz systemów zaopatrzenia w wodę i usuwania ścieków

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Anielak A.: Fizyczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków, Wyd. PWN, 2000.
2. Bartkiewicz B. Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Wyd. PWN, 2007.
2. Bauer A.: Poradnik eksploatatora systemów zaopatrzenia w wodę. Wyd. "Seidel-Przywecki",

Warszawa 2005.

3. Dymaczewski Z., Oleszkiewicz J.A., Sozański M.M. (red.): Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. PZITS 1997.
4. Imhoff K. R., Bode H., Evers P.: Przykłady projektów komunalnych oczyszczalni ścieków. Wyd. "Seidel-Przywecki", Szczecin 2000.
5. Heidrich Z.: Gospodarka wodno-ściekowa, Wyd. Verlag Dashofer, 2007.
6. Heidrich Z., Witowski A.: Urządzenia do oczyszczania ścieków - projektowanie, przykłady obliczeń. Wyd. "Seidel-Przywecki", Warszawa 2005.
7. Jędrzak A.: Biologiczne przetwarzanie odpadów, PWN, 2008.
8. Kowal A.L., Świdorska-Bróż M.: Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.
9. Miksch K., Sikora J.: Biotechnologia Ścieków. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
10. Nowakowski T.: Zakres i metodyka sporządzenia raportów oddziaływania na środowisko przedsięwzięć z zakresu gospodarki ściekowej. Księgarnia techniczna Fachowa.pl, 2008.
11. Obarska-Pempkowiak H.: Oczyszczalnie hydrofitowe. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2002.
12. Rosik-Dulewska C.: Podstawy gospodarki odpadami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
13. Szpindor A., Piotrowski J.: Gospodarka wodna. PWN, Warszawa, 1986.
14. Nawrocki J.: Uzdatnianie wody. Procesy Fizyczne, Chemiczne i Biologiczne. Tom 1 i 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
15. Eikelboom D., van Buijsen H.: Podręcznik mikroskopowego badania osadu czynnego. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Szczecin 1999.
16. Buck H.: Mikroorganizmy w osadzie czynnym. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Szczecin 1999.

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. Neverova E.: Determination of ecologically permissible nutrient discharge on the base of regional standarts. 51st Scientific Conference, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 1994, s. 24-39.
2. Neverova-Dziopak E.: Rozwój zrównoważony w gospodarce wodno-ściekowej. V Konferencja Naukowa Rzeszowsko-Lwowsko-Koszycka nt. „Aktualne problemy budownictwa i inżynierii środowiska”. Rzeszów, September 2000, s. 263-270.
3. Dziopak J., Neverova-Dziopak E.: O efektywnych sposobach odprowadzania wód opadowych ze zlewni miejskich. VI Konferencja Naukowa Rzeszowsko-Lwowsko-Koszycka nt. „Aktualne problemy budownictwa i inżynierii środowiska”, Lwów, 12-15 września, 2001, s. 79-85.
4. Neverova-Dziopak E.: Możliwości praktycznego wykorzystania kryterium integralnego do oceny stanu troficzności wód powierzchniowych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 11/2002, s. 412-414.
5. Dziopak J., Neverova-Dziopak E.: Możliwości modernizacji systemów kanalizacyjnych w centrach historycznych polskich miast. International scientific and Engineer Conference „Reconstruction -St-Petersburg”, 1-3 october 2002.
6. Dziopak J., Neverova-Dziopak E., Słyś D.: Grawitacyjno-pompowe zbiorniki retencyjne w systemach kanalizacji: Infrastruktura podziemna miast. Prace naukowe Instytutu Inżynierii Łądowej Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002, s. 61-72.
7. Dziopak J., Neverova-Dziopak E.: Nowe spojrzenie na problemy gospodarki wodno-ściekowej. Materiały XII Konferencji naukowo-technicznej nt. „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych”, Politechnika Białostocka, Białystok 2003, s. 34-40.
8. Neverova-Dziopak E., Wajda A.: Analiza stanu troficzności rzeki Warty w obszarze Częstochowy. Czasopismo Uczelniane WSP „Chemia i Ochrona Środowiska”, 2003, s. 153-158.
9. Neverova-Dziopak E., Tsvetkova L.I., Alexejev M.I.: Ecological Capacity of Water Body as a Criterion of Permissible Discharges of Nutrients. Book of Proceedings of 3rd Symposium “Quality and Management of Water Resources”, Italian-Russian Institute of Ecological Researches and St. Petersburg State University, St. Petersburg, June 16-18, 2005, p. 379-384.
10. Neverova-Dziopak E.: New Approaches to Estimation of Permissible Discharges of Biogenic Matters of Water Bodies (example of the Neva Estuary of the Baltic Sea). Environment Protection Engineering (EPE), Wrocław, 2007, vol. 33, No 1, p. 121-128.
11. Neverova-Dziopak E., 2008. New Approaches to Estimation of Permissible Biogenic Loads to Water Bodies. The Annual International Environmental Forum "Baltic Sea Day 2008" in Saint Petersburg, 12-13 March 2008, s. 274-277.
12. Bergier T., Włodyka-Bergier A.: Efektywność oczyszczania ścieków w przydomowej hybrydowej oczyszczalni hydrofitowo-biologicznej. Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie, t. 12, z. 1 (2012), ss. 25-36.
13. Słoboda M., Włodyka-Bergier A.: Analiza możliwości zastosowania zaawansowanych metod utleniania do dezynfekcji ścieków komunalnych. Logistyka, nr 4 (2015), ss. 9773-9779.
14. Słoboda M., Włodyka-Bergier A.: Analysis of possibility of using the process of photocatalysis for disinfection of municipal wastewater. Logistyka, nr 4 (2014), ss. 4891-4896.

15. Cvetkova L.I., [et al.], Neverova-Dziopak E.: Influence of wastewater discharge from Saint-Petersburg on eutrophication of the Neva Bay. Vestnik Graždanskih Inženerov = Bulletin of Civil Engineers, 2012, no 1, s. 178-187.
16. Odwodnieniowy wpust separacyjny - wynalazca: Słyś Daniel, Neverova-Dziopak Elena. Int.Cl.: E03F 5/046\textsuperscript{(2006.01)}. Opis zgłoszeniowy wynalazku; PL 395752 A1; Opubl. 2013-02-04. Zgłosz. nr P.395752 z dn. 2011-07-25 // Biuletyn Urzędu Patentowego; 2013, nr 3, s. 23.
17. Dziopak E., Cierlikowska P., 2014. Wpływ modernizacji wybranej oczyszczalni ścieków na stan troficzny wód odbiornika. Ochrona Środowiska, 2014, vol. 36, nr 2, s. 53-58.
18. Neverova-Dziopak E., Preisner M., 2015. Analiza metod ustalania warunków wprowadzania ścieków komunalnych do odbiorników w wybranych państwach. Ochrona Środowiska, 2015, vol. 37, nr 1, s. 3-9.

### Informacje dodatkowe

Obecność na wszystkich zajęciach projektowych i laboratoriach jest obowiązkowa. W przypadku usprawiedliwionej nieobecności jedne zajęcia można odrobić pod koniec semestru.

### Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	4 godz
Przygotowanie do zajęć	8 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	15 godz
Wykonanie projektu	15 godz
Udział w wykładach	28 godz
Udział w ćwiczeniach projektowych	14 godz
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	14 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	130 godz
Punkty ECTS za moduł	5 ECTS

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Gospodarka osadami ściekowymi

Rok akademicki: 2015/2016 Kod: DIS-2-244-IW-s Punkty ECTS: 2

Wydział: Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska Specjalność: Inżynieria wodna

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 2

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: dr inż. Oleniacz Robert (oleniacz@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: dr inż. Oleniacz Robert (oleniacz@agh.edu.pl)  
dr inż. Wójcik Jerzy (jwojcik@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	rozumie sposób powstawania osadów ściekowych i zna ich właściwości, metody przetwarzania oraz możliwości kontroli i wykorzystania	IS2A_W05	Aktywność na zajęciach, Kolokwium
M_W002	zna najlepsze dostępne techniki z zakresu termicznego przekształcania osadów ściekowych oraz aktualne trendy ich rozwoju	IS2A_W06, IS2A_W09	Aktywność na zajęciach, Wykonanie projektu
M_W003	zna podstawowe zasady i przepisy dotyczące wprowadzania ścieków i osadów do środowiska oraz rozumie zagrożenia związane z ich przyrodniczym wykorzystaniem	IS2A_W12	Aktywność na zajęciach, Wykonanie projektu, Kolokwium
M_W004	zna zasady projektowania obiektów związanych z przyrodniczą utylizacją ścieków i odpadów organicznych i rozumie potrzebę zamykania obiegu materii i wykorzystania substancji odpadowej do produkcji biomasy	IS2A_W11	Udział w dyskusji, Wykonanie projektu
Umiejętności			

M_U001	umie obliczać ilości powstających osadów ściekowych i projektować wybrane procesy ich przetwarzania	IS2A_U11, IS2A_U21	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń
M_U002	potrafi ocenić funkcjonowanie wybranej instalacji przetwarzania osadów ściekowych	IS2A_U17	Aktywność na zajęciach, Sprawozdanie, Udział w dyskusji
M_U003	potrafi ocenić możliwości i skutki przyrodniczej utylizacji substancji odpadowych w aspekcie środowiskowym i prawnym	IS2A_U14, IS2A_U15	Udział w dyskusji, Wykonanie projektu
M_U004	potrafi zaprojektować podstawowe technologie wykorzystania wybranych odpadów organicznych w rolnictwie i w rekultywacji terenów przemysłowych	IS2A_U22	Projekt
Kompetencje społeczne			
M_K001	rozumie społeczną odpowiedzialność związaną z negatywnymi skutkami niewłaściwej eksploatacji instalacji przetwarzania osadów ściekowych i przyrodniczego wykorzystania substancji niebezpiecznych	IS2A_K02	Sprawozdanie, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu
M_K002	potrafi realizować postawione cele oraz pracować indywidualnie i w zespole, przyjmując w nim różne role	IS2A_K03, IS2A_K04	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie projektu, Wykonanie ćwiczeń, Zaangażowanie w pracę zespołu

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	rozumie sposób powstawania osadów ściekowych i zna ich właściwości, metody przetwarzania oraz możliwości kontroli i wykorzystania	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	zna najlepsze dostępne techniki z zakresu termicznego przekształcania osadów ściekowych oraz aktualne trendy ich rozwoju	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	zna podstawowe zasady i przepisy dotyczące wprowadzania ścieków i osadów do środowiska oraz rozumie zagrożenia związane z ich przyrodniczym wykorzystaniem	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

M_W004	zna zasady projektowania obiektów związanych z przyrodniczą utylizacją ścieków i odpadów organicznych i rozumie potrzebę zamykania obiegu materii i wykorzystania substancji odpadowej do produkcji biomasy	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	umie obliczać ilości powstających osadów ściekowych i projektować wybrane procesy ich przetwarzania	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi ocenić funkcjonowanie wybranej instalacji przetwarzania osadów ściekowych	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	potrafi ocenić możliwości i skutki przyrodniczej utylizacji substancji odpadowych w aspekcie środowiskowym i prawnym	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	potrafi zaprojektować podstawowe technologie wykorzystania wybranych odpadów organicznych w rolnictwie i w rekultywacji terenów przemysłowych	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	rozumie społeczną odpowiedzialność związaną z negatywnymi skutkami niewłaściwej eksploatacji instalacji przetwarzania osadów ściekowych i przyrodniczego wykorzystania substancji niebezpiecznych	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	potrafi realizować postawione cele oraz pracować indywidualnie i w zespole, przyjmując w nim różne role	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

Powstawanie i ogólna charakterystyka osadów ściekowych oraz metod ich przetwarzania

Definicja i klasyfikacja osadów ściekowych. Powstawanie i bilans masowy osadów ściekowych. Właściwości osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych i metody ich badania. Osady ściekowe jako odpady oraz możliwości ich odzysku i unieszkodliwiania. Zasady wyboru sposobu zagospodarowania osadów ściekowych. Gospodarka osadami ściekowymi w Polsce.

Przetwarzanie osadów na terenie oczyszczalni ścieków



Klasyfikacja metod przetwarzania osadów ściekowych. Procesy jednostkowe i urządzenia stosowane do wstępnego przetwarzania osadów ściekowych – zagęszczanie, kondycjonowanie, stabilizacja tlenowa, fermentacja metanowa, higienizacja, odwadnianie. Właściwości i możliwości wykorzystania biogazu fermentacyjnego oraz ustabilizowanych osadów ciekowych. Granulacja osadów ściekowych z dodatkami. Właściwości i możliwości wykorzystania formowanych osadów ściekowych. Suszenie osadów ściekowych. Właściwości i możliwości wykorzystania wysuszonych osadów ściekowych. Przykłady instalacji zagęszczania, stabilizacji, odwadniania i suszenia osadów ściekowych.

#### Termiczne przekształcanie osadów ściekowych

Prawne uwarunkowania termicznego przekształcania odpadów. Klasyfikacja metod termicznego przekształcania osadów. Spalanie osadów ściekowych w piecach fluidalnych, półkowych, rusztowych i obrotowych. Oczyszczanie spalin i postępowanie z pozostałościami po procesie spalania i oczyszczania spalin. Przykłady instalacji spalania osadów ściekowych i ich wpływ na środowisko. Współspalanie osadów ściekowych w piecach cementowych i kotłach energetycznych. Przykłady instalacji współspalania osadów ściekowych i ich wpływ na środowisko. Piroliza i zgazowanie osadów ściekowych i ich produkty. Inne metody termicznego przekształcania osadów ściekowych.

#### Kompostowanie osadów ściekowych

Podstawy procesu kompostowania. Kompostowanie osadów ściekowych metodą pryzmową i stosu napowietrzanego. Kompostownie osadów ściekowych w urządzeniach mechanicznych. Przykłady bioreaktorów stosowanych do kompostowania osadów ściekowych. Właściwości kompostu z osadów ściekowych. Wpływ wybranych czynników na przebieg procesu kompostowania osadów ściekowych i jakość kompostu.

#### Przyrodnicze wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych i ścieków

Uwarunkowania prawne i zagrożenia związane z przyrodniczym wykorzystaniem komunalnych osadów ściekowych i ścieków. Nawozy organiczno-mineralne. Nawożenie gruntów rolnych – zasady. Oczyszczalnie roślinno-glebowe.

#### Zastosowanie osadów ściekowych do rekultywacji gruntów przemysłowych

Rola osadów ściekowych w odtwarzaniu gleb. Zasady stosowania osadów ściekowych w rekultywacji. Przykłady wykorzystania osadów ściekowych w rekultywacji terenów zdegradowanych i zdewastowanych.

### **Ćwiczenia projektowe**

Wyznaczanie ilości powstających osadów na oczyszczalni ścieków

Projektowanie procesów zagęszczania i odwadniania osadów ściekowych

Obliczenia komór fermentacyjnych

Dobór i ocena funkcjonowania instalacji suszenia lub spalania osadów ściekowych

Projekt zastosowania osadów ściekowych w rekultywacji rolniczej i leśnej wybranego obiektu przemysłowego

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocenę końcową (OK) modułu oblicza się według wzoru:

$$OK = 0,3 \cdot W + 0,7 \cdot P$$

gdzie:

W - ocena uzyskana z wykładu (kolokwium zaliczeniowego)

P - ocena uzyskana z ćwiczeń projektowych

W przypadku uzyskania oceny pozytywnej z kolokwium zaliczeniowego wykładu lub z ćwiczeń projektowych dopiero w terminie poprawkowym, jako ocenę W lub P przyjmowana jest ocena ostateczna (z terminu poprawkowego).

W przypadku zaliczenia ćwiczeń projektowych oraz uzyskania pozytywnej oceny z kolokwium zaliczeniowego wykładu, ocena końcowa wynosi co najmniej 3,0.

W przypadku braku pozytywnej oceny z ćwiczeń projektowych lub z kolokwium zaliczeniowego wykładu wystawiana jest ocena końcowa: nie zal.

## **Wymagania wstępne i dodatkowe**

### **Wymagania wstępne:**

Znajomość podstaw gospodarki odpadami i technologii oczyszczania ścieków.

### **Wymagania dodatkowe:**

Warunkiem niezbędnym do zaliczenia ćwiczeń projektowych jest:

- obecność na co najmniej 70% zajęć,
- co najwyżej 1 nieobecność nieusprawiedliwiona,
- wykonanie i zaliczenie wymaganych projektów.

Do zaliczenia wykładów niezbędne jest uzyskanie pozytywnych ocen z dwuczęściowego kolokwium zaliczeniowego, obejmującego treści wykładów 1-4 i 5-7.

## **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

### **Literatura podstawowa:**

1. Baran S., Łabętowicz J., Krzywy E. (red.): Przyrodnicze wykorzystanie odpadów. Podstawy teoretyczne i praktyczne. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 2011.
2. Bień J.B., Wystalska K.: Osady ściekowe. Teoria i praktyka. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2011.
3. Bień J.B., Wystalska K.: Przekształcanie osadów ściekowych w procesach termicznych. Wyd. „Seidel-Przywecki” Sp. z o.o., Warszawa 2009.
4. Bień J.B., Pająk T., Wystalska K.: Unieszkodliwianie komunalnych osadów ściekowych. Monografia nr 302. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2014.
5. Jędrzak A.: Biologiczne przetwarzanie odpadów. Wys. PWN, Warszawa 2007.
6. Kacprzak M.: Wspomaganie procesów remediacji gleb zdegradowanych. Monografia nr 128, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007.
7. Kutera J.: Wykorzystanie ścieków w rolnictwie. PWRiL, Warszawa 1988.
8. Oleszkiewicz J.: Gospodarka osadami ściekowymi. Poradnik decydenta. LEM s.c., Kraków 1998.
9. Paluch J., Paruch A., Pulikowski K.: Przyrodnicze wykorzystanie ścieków i osadów. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 2006.
10. Siuta J.: Odpady w rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna 2007, nr 19.
11. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach. Dz.U. 2013, poz. 21.
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów. Dz.U. 2013, poz. 523.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów. Dz.U. 2014, poz. 1546.
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. 2014, poz. 1800.
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Dz.U. 2015, poz. 257.

### **Literatura uzupełniająca:**

16. Bernacka J., Pawłowska L.: Przeróbka i zagospodarowanie osadów z miejskich oczyszczalni ścieków. Ocena sposobów oraz kierunki rozwiązań. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1996.
17. Głowiak B., Kempa E., Winnicki T.: Podstawy ochrony środowiska. PWN, Warszawa 1985.
18. Klimiuk E., Łebkowska M.: Biotechnologia w ochronie środowiska. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2003.
19. Nadziakiewicz J., Waclawiak K., Stelmach S.: Procesy termiczne utylizacji odpadów. Wyd. Politechniki Śląskiej. Gliwice 2012.
20. Rosik-Dulewska C.: Podstawy gospodarki odpadami. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2002.
21. Siuta J., Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. W: Rekultywacyjne i nawozowe użytkowanie odpadów organicznych. Inżynieria Ekologiczna Nr 9, Warszawa

2003.

22. Suchy M. (red.): Gospodarka osadami ściekowymi. Seminarium krajowe PIOŚ. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, WIOŚ w Rzeszowie. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów 1997.
23. Szwabowska E.: Projektowanie procesów odwadniania osadów ściekowych. Wyd. Politechniki Śląskiej, Skrypty Uczelniane Nr 1845, Gliwice 1994.
24. Wandrasz J.W.: Paliwa formowane. Biopaliwa i paliwa z odpadów w procesach termicznych. Wyd. „Seidel-Przywecki” Sp. z o.o., Warszawa 2006.

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. Krzaklewski W., Kowalik S., Wójcik J.: Application of sludge in the reclamation of ashes dumps. International Symposium on the Reclamation, Treatment and Utilization of Coal Mining Wastes. VSB-Technical University, Ostrawa 1996.
2. Oleniacz R., Mazur M., Bogacki M.: Emisja zanieczyszczeń ze spalania odpadów ściekowych w piecu półkowym. *Ekologia i Technika*, 1996, nr 5/6, 36-39.
3. Oleniacz R., Mazur M., Bogacki M.: Emisja zanieczyszczeń podczas składowania i termicznej utylizacji osadów ściekowych z przemysłu koksochemicznego. Materiały z III Międzynarodowej Konferencji „Spalanie odpadów – technologie i problemy”. Szczyrk 30.09-2.10.1997, s. 299-308.
4. Oleniacz R.: Piece cementowe – konkurencja dla spalarni odpadów. *Aura*, 1998, nr 2, 13-15.
5. Oleniacz R.: Zastosowanie procesów pirolizy i zgazowania do termicznej utylizacji odpadów. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 1999, vol. 33, nr 3, 101-105.
6. Oleniacz R.: Spalanie odpadów w procesie skojarzonym z produkcją klinkieru cementowego – problem emisji zanieczyszczeń. *Inżynieria Środowiska*, 1998, tom 3, 107-132.
7. Oleniacz R.: Pirolityczne metody utylizacji odpadów niebezpiecznych – przykładowe rozwiązania i emisja zanieczyszczeń. *Inżynieria Środowiska*, 1999, tom 4, z. 2, 257-281.
8. Oleniacz R.: Oczyszczanie gazów odlotowych ze spalania odpadów niebezpiecznych. *Inżynieria Środowiska*, 2000, tom 5, z. 2, 363-382.
9. Kowalik S., Wójcik J., Tymieńska-Zawora K.: Wpływ uwodnionych osadów ściekowych na właściwości chemiczne popiołów ze spalania węgla kamiennego. *Inżynieria Środowiska*, 2001, T. 6, z. 1, 183-194.
10. Tymieńska-Zawora K., Krzaklewski W., Kowalik S., Wójcik J.: Sukcesja spontaniczna roślinności na osadnikach popiołowych Zakładów Azotowych w Tarnowie. *Inżynieria Środowiska*, 2003, t. 8, z. 1, 15-27.
11. Oleniacz R.: Metoda oceny trudności oczyszczania i toksyczności spalin powstających podczas spalania odpadów. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 2004, vol. 38, nr 6, 203-209.
12. Oleniacz R.: Ocena oddziaływania na środowisko instalacji spalania odpadów – wybrane problemy. Materiały z II Konferencji z cyklu Instrumenty Zarządzania Ochroną Środowiska nt. „Ocena oddziaływania na środowisko na szczeblu krajowym i regionalnym”, Kraków, 20-22 października 2005 r. ZKIOŚ, WGGiŚ AGH w Krakowie, Wyd. AGH, Kraków 2005, s. 327-335.
13. Wójcik J., Krzaklewski W.: Metody rekultywacji leśnej terenów bezglebowych w górnictwie odkrywkowym. *Przegląd Górniczy*, 2010, t. 66, nr 10, s. 115-119.
14. Oleniacz R.: Assessment of the impact of using alternative fuels in a cement kiln on the emissions of selected substances into the air. In: *Waste to Energy and Environment* (ed. J.W. Wandrasz, K. Pikoń i Z. Czekalska). Department of Technologies and Installations for Waste Management Silesian University of Technology, 2010, pp. 37-49.
15. Oleniacz R., Rataj L., Wyrostek M.: Produkcja stałego paliwa wtórnego na przykładzie Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych „Empol” sp. z o.o. W: *Paliwa z odpadów. Technologie tworzenia i wykorzystania paliw z odpadów* (red. A.J. Wandrasz). PZITS Oddział Wielkopolski, Poznań 2011, s. 133-142.
16. Oleniacz R., Kasietczuk M.: Wpływ procesu współspalania odpadów w piecu cementowym na jakość powietrza. W: *Paliwa z odpadów. Technologie tworzenia i wykorzystania paliw z odpadów* (red. A.J. Wandrasz). PZITS Oddział Wielkopolski, Poznań 2011, s. 197-209.
17. Krzaklewski W., Wójcik J., Kubiak B., Dymitrowicz J.: Problemy rekultywacji leśnej zwałowiska zewnętrznego Pola Szczerców. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 2011, R. 35, z. 3, 193-202.
18. Kowalik S., Wójcik J.: Analysis of chemical properties of the incineration wastes and the possibilities of their biological reclamation. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna A*, 2011, vol. 18, no. 9-10, 1271-1278.
19. Kasietczuk M., Oleniacz R.: Energetyczne wykorzystanie stałych paliw wtórnych z odpadów (SRF) na przykładzie instalacji współspalania paliw w Cementowni Chełm. Materiały z X Konferencji „Dla miasta i środowiska – Problemy unieszkodliwiania odpadów”. Politechnika Warszawska, WICHiP, Warszawa, 26 listopada 2012, s. 39-44.
20. Oleniacz R., Kasietczuk M.: Co-incineration of large quantities of alternative fuels in a cement kiln – the problem of air pollutant emissions. *Geomatics and Environmental Engineering*, 2012, Vol. 6, No. 4, 47-59.
21. Kasietczuk M., Oleniacz R., Mazur M.: Emisja dioksyn i furanów z procesu współspalania paliw alternatywnych w piecach cementowych. W: *Inżynieria i ochrona powietrza* (red. J. Kuroпка, A. Musialik-

Piotrowska). Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014, s. 214-223.

22. Oleniacz R.: Assessment of the impact of municipal waste incineration plants on air quality and the possibilities of its reduction. Polish Journal of Environmental Studies, 2014, vol. 23, No. 3A, 95-104.

23. Oleniacz R.: Wpływ instalacji termicznego przekształcania odpadów komunalnych na jakość powietrza. Nowa Energia, 2015, Nr 2-3 (44-45), 49-57.

### Informacje dodatkowe

Ocena ostateczna z ćwiczeń projektowych wystawiana jest na podstawie średniej arytmetycznej z ocen z wymaganych projektów z uwzględnieniem aktywności na zajęciach.

Ocena ostateczna z kolokwium zaliczeniowego wykładu wystawiana jest na podstawie ocen uzyskanych z dwuczęściowego kolokwium z wagami: część I – 0,6, część II – 0,4.

### Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	14 godz
Udział w ćwiczeniach projektowych	14 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	6 godz
Przygotowanie do zajęć	4 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	4 godz
Wykonanie projektu	12 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	1 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	55 godz
Punkty ECTS za moduł	2 ECTS

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Sieci i instalacje wodociągowo-kanalizacyjne

Rok akademicki: 2015/2016      Kod: DIS-2-245-IW-s      Punkty ECTS: 3

Wydział: Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska      Specjalność: Inżynieria wodna

Poziom studiów: Studia II stopnia      Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski      Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A)      Semestr: 2

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: prof. nadzw. dr hab. inż. Opyrchal Leszek (opyrchal@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: prof. nadzw. dr hab. inż. Opyrchal Leszek (opyrchal@agh.edu.pl)  
dr inż. Kowalewski Zbigniew (kowalew@agh.edu.pl)  
dr inż. Lach Stanisław (slach@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	zna podstawowe urządzenia systemu zaopatrzenia w wodę oraz funkcje jaką one spełniają, a także obowiązujące przepisy prawne w tym zakresie	IS2A_W05	Kolokwium
M_W002	zna rodzaje kanalizacji oraz elementy składowe systemu kanalizacyjnego, zna obowiązujące przepisy prawne w tym zakresie	IS2A_W05	Kolokwium
M_W003	zna rodzaje armatury stosowanej w instalacjach i sieciach sanitarnych oraz trendy rozwojowe w tym zakresie	IS2A_W09	Kolokwium, Wykonanie projektu
Umiejętności			
M_U001	potrafi zaprojektować układ sieci wodociągowej	IS2A_U04, IS2A_U22	Projekt, Wykonanie ćwiczeń
M_U002	potrafi zaprojektować układ sieci kanalizacyjnej	IS2A_U04, IS2A_U22	Projekt, Wykonanie ćwiczeń
M_U003	potrafi zaprojektować instalację wodociągowo-kanalizacyjną w budynku mieszkalnym	IS2A_U04, IS2A_U22	Projekt

Kompetencje społeczne			
M_K001	ma świadomość dużego znaczenia systemu wodociągowego i kanalizacyjnego w egzystencji nowoczesnego społeczeństwa	IS2A_K02	Projekt, Udział w dyskusji

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	zna podstawowe urządzenia systemu zaopatrzenia w wodę oraz funkcje jaką one spełniają, a także obowiązujące przepisy prawne w tym zakresie	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	zna rodzaje kanalizacji oraz elementy składowe systemu kanalizacyjnego, zna obowiązujące przepisy prawne w tym zakresie	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	zna rodzaje armatury stosowanej w instalacjach i sieciach sanitarnych oraz trendy rozwojowe w tym zakresie	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	potrafi zaprojektować układ sieci wodociągowej	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi zaprojektować układ sieci kanalizacyjnej	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	potrafi zaprojektować instalację wodociągowo-kanalizacyjną w budynku mieszkalnym	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	ma świadomość dużego znaczenia systemu wodociągowego i kanalizacyjnego w egzystencji nowoczesnego społeczeństwa	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

## **Wykład**

### System zaopatrzenia w wodę

Budowa systemu zaopatrzenia w wodę (SZW). Zadania i cele SZW. Rola poszczególnych elementów SZW. Charakterystyki zapotrzebowania na wodę. Omówienie obowiązujących aktów prawnych.

### Ujęcia wody

Rodzaje omówienie rodzajów i charakterystyk poszczególnych ujęć wody oraz ich zakresów stosowania.

### Systemy wodociągowe.

Omówienie systemów wodociągowych i sposobu rozprowadzania wody. Obliczanie systemów wodociągowych. Zasady prowadzenia przewodów kanalizacyjnych.

### Rodzaje kanalizacji.

Rodzaje kanalizacji, charakterystyki opadowe, obliczanie odwodnienia terenu i natężenia przepływu w sieci kanalizacyjnej.

### Rodzaje przewodów kanalizacyjnych

Rodzaje przewodów stosowanych w kanalizacji, podział ze względu na kształt pola przekroju, podział ze względu na stosowany materiał do budowy przewodów kanalizacyjnych. Metody obliczania sieci kanalizacyjnej. Wady i zalety poszczególnych rodzajów przewodów.

### Budowa sieci kanalizacyjnej

Rodzaje elementów składowych i armatury stosowanych przy projektowaniu i budowie sieci kanalizacyjnej. Syfony, kaskady i przelewy burzowe. Zasady układania przewodów kanalizacyjnych.

### Eksploatacja sieci kanalizacyjnej i wodociągowej

Naprężenia ścinające na granicy kanał-ścieki, metody usuwania osadów, płukanie kanalizacji.

### Instalacje wodne i kanalizacyjne

Instalacje sanitarne. Zasady projektowania instalacji wodnych i kanalizacyjnych.

## **Ćwiczenia projektowe**

### Projektowanie sieci wodociągowej

Projekt sieci wodociągowej w oprogramowaniu bazującym na modelu EPANET.

### Projektowanie instalacji sanitarnej

Obowiązujące normy i przepisy prawne. Zasady projektowania instalacji wewnętrznej. Wykonanie koncepcji instalacji.

### Projektowanie kanalizacji

Projekt kanalizacji określonego typu. Modelowanie jakości ścieków. Modelowanie powodzi miejskich.

### Projektowanie sieci deszczowej

Projekt kanalizacji w oparciu o model SWMM. Nowoczesne metody odprowadzania ścieków deszczowych.

## **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocenę końcową (OK) modułu oblicza się według wzoru:

$$OK = 0,4 \cdot W + 0,6 \cdot P$$

gdzie

W - ocena uzyskana z wykładu (kolokwium zaliczeniowego)

P - ocena uzyskana z ćwiczeń projektowych

W przypadku uzyskania oceny pozytywnej z kolokwium zaliczeniowego wykładu dopiero w terminie poprawkowym, ocena W przyjmowana będzie jako średnia arytmetyczna z ocen uzyskanych w terminie podstawowym i poprawkowym.

W przypadku uzyskania oceny pozytywnej z ćwiczeń projektowych dopiero w terminie poprawkowym, jako ocenę P przyjmowana będzie ocena ostateczna (z terminu poprawkowego).

W przypadku zaliczenia ćwiczeń projektowych oraz uzyskania pozytywnej oceny z kolokwium zaliczeniowego wykładu, ocena końcowa wynosi co najmniej 3,0.

W przypadku braku pozytywnej oceny z ćwiczeń projektowych lub z kolokwium zaliczeniowego wykładu wystawiana jest ocena końcowa: nie zal.

## **Wymagania wstępne i dodatkowe**

### **Wymagania wstępne:**

Student zna podstawy mechaniki płynów, potrafi obliczać straty liniowe i miejscowe. Potrafi korzystać z arkusza kalkulacyjnego oraz programów do grafiki inżynierskiej.

### **Wymagania dodatkowe:**

Do zaliczenia ćwiczeń projektowych niezbędne jest uzyskanie zaliczenia na oceny pozytywne trzech projektów. Ocena ostateczna z tych ćwiczeń wystawiana jest na podstawie średniej arytmetycznej z ocen uzyskanych z poszczególnych projektów. Wymagana jest obecność na co najmniej 70 % zajęć, w tym dopuszczalna jest co najwyżej jedna nieobecność nieusprawiedliwiona.

## **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

### **Literatura podstawowa:**

1. Bajer J., Knapik K. 2011. Wodociągi: podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, Kraków.
2. Chudzicki J., Sosnowski S. 2011. Instalacje kanalizacyjne: projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa.
3. Chudzicki J., Sosnowski S. 2013. Instalacje wodociągowe: projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa.
4. Guzik J. 2014. Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne. Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe”, Krosno.
5. Heidrich Z. 1985. Projektowanie instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz.U. 2002 nr 8 poz. 70).
7. Sosnowski S., Tabernacki J., Chudzicki J. 2002. Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne. Instalator Polski, Warszawa.
8. Szpindor A. 1998. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
9. Ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. (tekst jednolity – Dz.U. 2015, poz. 469 z późn. zm.).
10. Żuchowicki A.W. 2002. Instalacje wodociągowe. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin.

### **Literatura uzupełniająca:**

11. Chucki Sz., Staszewski Z. 2011. Problemy światowego deficytu wody. Zeszyty Naukowe. Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska. Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „Euroexbud”. Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej Zarząd Oddziału Ziemi Kaliskiej, nr 4, 59-68.
12. Dąbrowski W. 2000. Dokąd zmierza zapotrzebowanie na wodę. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Wydawnictwo SIGMA-NOT, nr 10, 394-397.
13. Dąbrowski W., Dąbrowska B., Kaniewska M. 2013. Tendencje w zużyciu wody. Gospodarka Wodna. Wydawnictwo SIGMA-NOT, nr 11, 437-442.
14. Kuś K. (red.). 1995. Podstawy projektowania układów i obiektów wodociągowych, wybrane zagadnienia. 15. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
16. Kwietniewski M., Olszewski W., Osuch-Pajdzińska E. 1998. Projektowanie elementów systemu zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
17. Pawłowski A., Pawłowski L. 2013. Zaopatrzenie w wodę w świetle zrównoważonego rozwoju. Gospodarka Wodna. Wydawnictwo SIGMA-NOT, nr 4, 133-136.

## **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**



1. Lach S., Opyrchał L.: Ocena pracy oczyszczalni ścieków w Żywcu po wykonanej rozbudowie i modernizacji, *Gospodarka Wodna*, 6, 2014, s. 217-221.
2. Bąk A., Opyrchał L.: Nowatorska metodyka określania naprężeń ścinających koryt wielodzielnych, samoczyszczenie kanałów ściekowych, *AQUA 2014: Problemy inżynierii środowiska: XXXIV międzynarodowe sympozjum im. Bolesława Krzywoustego* 29 i 30 maja 2014, Płock, Politechnika Warszawska. s. 102-108.
3. Opyrchał L.: Funkcja niezawodności i czas bezawaryjnej pracy odpowiadający liniowej funkcji intensywności uszkodzeń. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*, T. XXXI, 61, 2014. s. 173-182.
4. Rak J., Opyrchał L.: Koncepcje analizy bezpieczeństwa systemu zaopatrzenia w wodę. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2009, 12, s. 17-20.

### Informacje dodatkowe

Obecność na wykładach nie jest obowiązkowa.

Zaległości student może nadrobić przychodząc na konsultacje.

### Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	14 godz
Udział w ćwiczeniach projektowych	28 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	2 godz
Wykonanie projektu	30 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	1 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	85 godz
Punkty ECTS za moduł	3 ECTS

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Zapory i elektrownie wodne

Rok akademicki: 2015/2016 Kod: DIS-2-246-IW-s Punkty ECTS: 4

Wydział: Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska Specjalność: Inżynieria wodna

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 2

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: prof. nadzw. dr hab. inż. Opyrchal Leszek (opyrchal@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: prof. nadzw. dr hab. inż. Opyrchal Leszek (opyrchal@agh.edu.pl)  
dr inż. Lach Stanisław (slach@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
<b>Wiedza</b>			
M_W001	posiada wiedzę niezbędną do właściwego doboru parametrów projektowanych urządzeń wodnych	IS2A_W09, IS2A_W11	Egzamin, Wykonanie projektu, Odpowiedź ustna
M_W002	zna metody obliczeniowe niezbędne do zaprojektowania zapory i elektrowni wodnej	IS2A_W11	Wykonanie projektu, Aktywność na zajęciach, Egzamin
M_W003	zna energetyczny i hydrauliczny podział elektrowni wodnych, rozumie zasadę ich działania i funkcje sztucznych zbiorników wodnych	IS2A_W05, IS2A_W06	Egzamin, Aktywność na zajęciach
<b>Umiejętności</b>			
M_U001	potrafi samodzielnie wykonać uproszczony projekt zapory	IS2A_U22	Projekt
M_U002	posiada umiejętność wykonania samodzielnych obliczeń niezbędnych do wykonania projektu zapory	IS2A_U21	Wykonanie projektu
<b>Kompetencje społeczne</b>			

M_K001	zna rolę energetyki wodnej w OZE oraz znaczenie zbiorników energetycznych w zabezpieczeniu przeciwpowodziowym	IS2A_K02	Udział w dyskusji
--------	---	----------	-------------------

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	posiada wiedzę niezbędną do właściwego doboru parametrów projektowanych urządzeń wodnych	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	zna metody obliczeniowe niezbędne do zaprojektowania zapory i elektrowni wodnej	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	zna energetyczny i hydrauliczny podział elektrowni wodnych, rozumie zasadę ich działania i funkcje sztucznych zbiorników wodnych	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	potrafi samodzielnie wykonać uproszczony projekt zapory	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	posiada umiejętność wykonania samodzielnych obliczeń niezbędnych do wykonania projektu zapory	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	zna rolę energetyki wodnej w OZE oraz znaczenie zbiorników energetycznych w zabezpieczeniu przeciwpowodziowym	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Zapory

Pojęcie zapory, rodzaje zapór, szczegółowe omówienie budowy zapór ziemnych, betonowych ciężkich, oszczędnościowych i lekkich, rozkład sił w korpusie zapory, przykłady zapór zlokalizowanych na terenie Polski, funkcje sztucznego zbiornika,

pojęcia związane z zaporą, rodzaje urządzeń upustowych.

#### Budowa i funkcje zapory

Omówienie budowy i funkcji zapory na przykładzie Zapory Hoovera.

#### Elektrownie wodne

Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną, energetyczny podział elektrowni wodnych wraz z ich charakterystyką, elektrownie podstawowe, podszczytowe, szczytowe, szczytowo-pompowe; hydrauliczny podział elektrowni wodnych, elektrownie przepływowe, derywacyjne, zbiornikowe, zbiornikowe z dopompowaniem, pompowe; rodzaje turbin wodnych oraz zakres ich stosowania, przykłady elektrowni wodnych zlokalizowanych na terenie Polski.

#### Obliczenia zapory - 1

Obliczenia wydatku przelewu, spustu dennego, sztolni odpływowej oraz parametrów niecki wypadowej, obliczanie stanów wody zbiornika przy przejściu wezbrania miarodajnego i kontrolnego.

#### Obliczenia zapory - 2

Obliczanie spiętrzenia eolicznego oraz wysokości falowania, obliczanie bezpiecznego wzniesienia spodu konstrukcji hydrotechnicznej.

#### Obliczenia zapory - 3

Hydrogram odpływu fali powodziowej, obliczanie pojemności powodziowej zbiornika, stanu Max PP, obliczanie bezpiecznego wzniesienia korony budowli ziemnej i betonowej, obliczanie bystrotoku.

#### Projekt zapory

Omówienie zakresu prac przystudialnych, omówienie projektu zapory, rysunków oraz zawartości opisu technicznego.

### **Ćwiczenia projektowe**

#### Wstęp

Omówienie na czym będzie polegał projekt samodzielnie wykonywany przez studenta. Przedstawienie zakresu wymagań oraz sposobu oceny projektu.

#### Wydanie projektu

Wydanie studentom projektu zapory.

#### Wykonanie wstępnych rysunków

Wykonanie przekroju przez dolinę oraz przekroju projektowanego koryta odpływowego.

#### Obliczenia zapory - 1

Obliczanie krzywej konsumcyjnej koryta odpływowego. Zaznaczenie stanów wody odpowiadających przepływowom  $Q_m$  i  $Q_k$ .

#### Obliczenia zapory - 2

Obliczenia wydatku przelewu, spustu dennego oraz parametrów niecki wypadowej.

#### Obliczenia zapory - 3

Obliczenia wydatku przelewu oraz spustu dennego oraz parametrów niecki wypadowej – ciąg dalszy. Obliczanie wydatku bystrotoku oraz sztolni odpływowej.

#### Obliczenia zapory - 4

Obliczanie pojemności powodziowej zbiornika i stanu: MaxPP.

#### Obliczenia zapory - 5

Obliczanie stanu wody w zbiorniku przy przejściu wezbrania miarodajnego i kontrolnego.

Obliczenia zapory - 6

Obliczanie spiętrzenia eolicznego oraz wysokości falowania, obliczanie bezpiecznego wzniesienia spodu konstrukcji hydrotechnicznej.

Obliczenia zapory - 7

Obliczanie bezpiecznego wzniesienia korony budowli ziemnej i betonowej.

Rysunki zapory - 1

Wykonanie przekroju typowego budowli wraz z wybranymi szczegółami.

Rysunki zapory - 2

Wykonanie przekroju przez urządzenia upustowe budowli.

Rysunki zapory - 3

Wykonanie rysunku budowli w planie oraz wybranych przekrojów.

Opis techniczny

Wykonanie opisu technicznego projektowanej budowli.

Odbiór projektów

Odbiór prac projektowych wykonanych przez studentów.

## **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocenę końcową (OK) modułu oblicza się według wzoru:

$$OK = 0,4 \cdot E + 0,6 \cdot P$$

gdzie

E - ocena uzyskana z egzaminu

P - ocena uzyskana z ćwiczeń projektowych

W przypadku braku pozytywnej oceny z ćwiczeń laboratoryjnych lub projektowych lub z egzaminu wystawiana jest ocena końcowa: nie zal.

Ocena E jest wystawiana na podstawie średniej arytmetycznej z ocen uzyskanych w poszczególnych terminach egzaminu.

W przypadku uzyskania oceny pozytywnej z ćwiczeń projektowych dopiero w terminie poprawkowym, jako ocenę P przyjmuje się ocenę ostateczną (z terminu poprawkowego).

W przypadku zaliczenia ćwiczeń projektowych oraz uzyskania pozytywnej oceny z egzaminu, ocena końcowa wynosi co najmniej 3,0.

## **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Student zna podstawy inżynierii wodnej oraz mechaniki płynów.

## **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

### **Literatura podstawowa:**

1. Bednarczyk S., Bolt A., Mackiewicz S. 2009. Stateczność oraz bezpieczeństwo jazów i zapór. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
2. Czetwertyński E., Urysko B. 1969. Hydraulika i hydromechanika. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
3. Czyżewski K., Wolski W., Wójcicki S., Żbikowski A. 1973. Zapory ziemne. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
4. Depczyński W., Szamowski A. 1999. Budowle i zbiorniki wodne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
5. Gołębiowski S., Krzemień Z. 1998. Przewodnik inwestora małej elektrowni wodnej. Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii. Fundacja Poszanowania Energii, Warszawa (<http://www.filem.zut.edu.pl/dydaktyka/idpeo/pimew.pdf>).
6. Kiełbik M. 1984. Budownictwo wodne. Tom II. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

7. Kisiel A. (red.) 2012. Poradnik hydromechanika i hydrotechnika. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
8. Łaski A. 1971. Elektrownie wodne. WNT, Warszawa.
9. Michałowski S. 1955. Eksploatacja elektrowni wodnych. PWN, Łódź.
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 86 poz. 579).
11. Warań K., Wójcik R., Kołacki M. 2010. Elektrownie wodne. Ich funkcjonowanie i oddziaływanie na najbliższe środowisko. Słupsk, ([http://www.gumienny.edu.pl/projekty/\\_odnawialna/elektrownie%20wodne.pdf](http://www.gumienny.edu.pl/projekty/_odnawialna/elektrownie%20wodne.pdf)).

#### **Literatura uzupełniająca:**

12. Dams and the World Water. 2007. Biuletyn wydany przez Międzynarodową Komisję Wielkich Zapór (ICOLD).
13. Depczyński W., Jankowski W. 2006. Kontrola bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych – przepisy i praktyka. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej, Budownictwo Lądowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, nr 57, s. 43-58.
14. Dunicliff J. 1981. Long-Term Performance of Embankment Dam Instrumentation. Recent Development in Geotechnical Engineering for Hydro Projects. The American Society of Civil Engineers, s. 1-22.
15. Fell R., Foster M., Spannagle M. 2000. The statistics of embankment dam failures and accidents. Canadian Geotechnical Journal Vol. 37, Canadian Science Publishing (NRC Research Press), nr 5, s. 1000-1024.
16. Fiedler K., Hrabowski W. 1980. Bezpieczeństwo budowli wodnych. Wydawnictwo Prasa ZSL, Warszawa.
17. Fiedler K. 1981. Bezpieczeństwo budowli wodnych. Wydawnictwo Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych, Warszawa.
18. Fiedler K., Jankowski M., Kloze J., Ozga-Zielińska M. i in. 2003. Przyczyny i skutki katastrof zapór oraz systemy ostrzegawcze i alarmowe, w tym ASTKZ, jako elementy technicznej kontroli zapór. Wydawnictwo Ośrodka Technicznej Kontroli Zapór IMGW, Warszawa.
19. Jankowski W. 2008. Światowe zasoby wodne. Zasadność budowy zapór i zbiorników wodnych. Gospodarka Wodna, Wydawnictwo SIGMA-NOT, nr 1, s. 30-33.
20. Jankowski W. 2008. Ogólne wytyczne kontroli bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
21. Jansen R. B. 2011. Dams and Public Safety (A Water Resources Technical Publication). Books Express Publishing, United Kingdom.
22. Katastrofy zapór. Analiza statystyczna. 2000. Biuletyn 99 ICOLD/CIGB. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
23. Kłedyński Z. 2006. Remonty budowli wodnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
24. Kłedyński Z. 2011. Monitoring i diagnostyka budowli hydrotechnicznych. cz. 1. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, nr 2, s. 54-61.
25. Kłedyński Z. 2011. Monitoring i diagnostyka budowli hydrotechnicznych. cz. 2. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, nr 3, s. 36-38.
26. Lecornu J. 1998. Dam safety: from the engineer's duty to risk management. The International Journal on Hydropower & Dams, Aqua-Media International Ltd United Kingdom, nr 6, s. 53-56.
27. Molski T. 2012. Ziemne budowle hydrotechniczne i ich podłoże w warunkach filtracji naporowej. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Wydawca - Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi PAN w Krakowie, Stowarzyszenie Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 3/III, s. 221-233.
28. Naprawy i modernizacja zapór oraz budowli towarzyszących. Przegląd metod i przykłady. Rozdział 3 - Zapory betonowe i murowane (kamienne). 2002. Biuletyn 119 ICOLD/CIGB. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
29. Sherard J. L. 1981. Piezometers in Earth Dam Impervious Sections. Recent Development in Geotechnical Engineering for Hydro Projects. The American Society of Civil Engineers, s. 125-165.

#### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. L. Opyrchał, Ryzyko utraty stateczności budowli piętrzącej, Materiały Badawcze IMGW, Seria: Inżynieria Wodna, (2002), 14, s. 15-18.
2. J.M. Dłużewski, W. Hrabowski, L. Opyrchał, A. Tomaszewicz, Interaktywny system kontroli stateczności prawego przyczółka zapory Wisła-Czarne, Materiały Badawcze IMGW, Seria: Inżynieria Wodna, (2002), 14, s. 33-38.
3. L. Opyrchał, K. Fiedler, W. Jankowski, A. Mazurczyk, Analiza ryzyka budowli piętrzącej metodą „drzewa zdarzeń” na przykładzie zapory Klimkówka, XIV Konferencja Naukowa “Metody Numeryczne do Projektowania i Analizy Konstrukcji Hydrotechnicznych”, 4-7 marca Korbiewów’2002, s. 147-160.

4. L. Opyrchał, W. Jankowski, K. Fiedler, Klimkówka Dam Qualitative Risk Analysis, Międzynarodowa Konferencja Niezawodności i Bezpieczeństwa KONBiN 2003, 27-30 maj 2003 Gdynia, T1, s 119-126.
5. L. Opyrchał, W. Jankowski, K. Fiedler, J.M. Dłużewski, Ocena prawdopodobieństwa poślizgu skarpy zapory ziemnej - sposób uproszczony oparty na metodzie elementów skończonych, X Jubileuszowa Konferencja Technicznej Kontroli Zapór, 16-18 czerwca 2003 r. Kielce, s. 325-332.
6. L. Opyrchał, W. Jankowski, The application of risk indices in an economic assessment of the need for and the results of repair of dams, Twenty-First International Congress on Large Dams 16-20 June 2003 Montreal, Q.81-R.3, p. 269-275.
7. L. Opyrchał, Applying a Fuzzy Sets Method to Description the Seepage Process through a Dam, Journal of Hydraulic Engineering ASCE, 129, 7, July 2003, p. 546-548.
8. L. Opyrchał, W. Hrabowski, W. Jankowski, The likelihood of a failure of a damming structure, Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics, 2003, vol, 50, nr 2, s 141-146.
9. M. Wanat, M. Łągiewka, L. Opyrchał, Porównanie wyników analizy przemieszczeń względnych dla zapory Besko i Solina, Inżynieria środowiska - młodym okiem: IV międzynarodowa konferencja naukowa: Białystok 2015: Monografie. T. 15, Uwarunkowania techniczno-inżynierskie. s 70-89.
10. L. Opyrchał, S. Lach, Badania kierunku filtracji w zaporach ziemnych z wykorzystaniem metody iloczynu skalarnego, [w:] G. Mazurkiewicz-Boroń, B. Marczevska (red.), Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych, Wyd. KUL, Lublin 2014, s. 289-300.
11. M. Łągiewka, L. Opyrchał, S. Lach, Zastosowanie termowizji w badaniach filtracji przez zapory ziemne, [w:] G. Mazurkiewicz-Boroń, B. Marczevska (red.), Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych, Wyd. KUL, Lublin 2014, s. 301-310.
12. L. Opyrchał, S. Lach, M. Wanat, Problem wydatku urządzeń upustowych, [w:] G. Mazurkiewicz-Boroń, B. Marczevska (red.), Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych, Wyd. KUL, Lublin 2014, s. 311-322.
13. M. Wanat, L. Opyrchał, T. Bruzda, Klasyfikacja wyników pomiarów wahadeł i pochyłomierzy zapory Solina, [w:] G. Mazurkiewicz-Boroń, B. Marczevska (red.), Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych, Wyd. KUL, Lublin 2014, s. 275-288.
14. L. Opyrchał, M. Łągiewka, M. Wanat, Filtracja w rejonie lewego przyczółka Zapory Dębe. AQUA 2014 : problemy inżynierii środowiska: 29 i 30 maja 2014, Płock: XXXIV Międzynarodowe Sympozjum im. Bolesława Krzysztofika / red. pod kierunkiem Bożeny Piątkowskiej; Politechnika Warszawska. Filia w Płocku. Instytut Budownictwa, Koło Naukowe Inżynierii Środowiska, Zakład Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska. 2014, s. 43-46.
15. D. Bojarski, S. Lach, L. Opyrchał, Problem zastosowania norm w budownictwie wodnym, Gospodarka Wodna 2, 2013, s. 58-60.
16. L. Opyrchał, S. Lach, M. Łągiewka, Obszary Sieci Natura 2000 na zbiornikach wodnych w Polsce, Polska inżynieria środowiska: prace, T. 2, Lublin: Komitet Inżynierii Środowiska PAN, Politechnika Lubelska, 2012, s. 317-321.
17. L. Opyrchał, S. Lach, A. Kosik, The computational problem of slope stability, Sowierniennyj Naucznyj Wiestnik, 2, 2011, s. 119-125.

## Informacje dodatkowe

Student może nadrobić zaległości przychodząc na konsultacje.

Wykłady nie są obowiązkowe.

**Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)**

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	14 godz
Udział w ćwiczeniach projektowych	28 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	4 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	20 godz
Wykonanie projektu	36 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	104 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS



**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Regulacja stosunków wodnych i ochrona przeciwpowodziowa

Rok akademicki: 2015/2016      Kod: DIS-2-247-IW-s      Punkty ECTS: 3

Wydział: Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska      Specjalność: Inżynieria wodna

Poziom studiów: Studia II stopnia      Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski      Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A)      Semestr: 2

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: dr inż. Lach Stanisław (slach@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: prof. nadzw. dr hab. inż. Opyrchal Leszek (opyrchal@agh.edu.pl)  
dr inż. Lach Stanisław (slach@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
<b>Wiedza</b>			
M_W001	zna metody obliczeniowe stosowane przy projektowaniu urządzeń przeciwpowodziowych oraz ich budowę	IS2A_W05, IS2A_W11	Kolokwium, Wykonanie projektu
M_W002	zna metody: czynne i bierne, techniczne i nietechniczne zabezpieczenia przed powodzią oraz nowoczesne metody modelowania fali powodziowej i skutków powodzi	IS2A_W05, IS2A_W06, IS2A_W07	Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium
M_W003	zna pojęcie melioracji oraz klasyfikację metod melioracyjnych wraz z przykładami budowli	IS2A_W05, IS2A_W11	Kolokwium
<b>Umiejętności</b>			
M_U001	potrafi zaprojektować trasę rowu melioracyjnego oraz wykonać uproszczony projekt budowlany wału przeciwpowodziowego	IS2A_U22	Wykonanie projektu
M_U002	potrafi wykonać obliczenia inżynierskie niezbędne do zaprojektowania rowu melioracyjnego oraz wału przeciwpowodziowego	IS2A_U21	Wykonanie projektu
<b>Kompetencje społeczne</b>			

M_K001	ma świadomość znaczenia zabezpieczenia przeciwpowodziowego dla bezpieczeństwa społecznego	IS2A_K02	Udział w dyskusji
--------	---	----------	-------------------

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	zna metody obliczeniowe stosowane przy projektowaniu urządzeń przeciwpowodziowych oraz ich budowę	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	zna metody: czynne i bierne, techniczne i nietechniczne zabezpieczenia przed powodzią oraz nowoczesne metody modelowania fali powodziowej i skutków powodzi	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	zna pojęcie melioracji oraz klasyfikację metod melioracyjnych wraz z przykładami budowli	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	potrafi zaprojektować trasę rowu melioracyjnego oraz wykonać uproszczony projekt budowlany wału przeciwpowodziowego	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi wykonać obliczenia inżynierskie niezbędne do zaprojektowania rowu melioracyjnego oraz wału przeciwpowodziowego	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	ma świadomość znaczenia zabezpieczenia przeciwpowodziowego dla bezpieczeństwa społecznego	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

Zjawisko powodzi

Omówienie powodzi. Powódź jako zjawisko przyrodnicze oraz powódź spowodowana awarią budowli hydrotechnicznej. Rodzaje powodzi naturalnych, powodzie występujące w Polsce: opadowa, roztopowa, zatorowa. Powódź o charakterze lokalnym oraz powódź w skali dorzecza. Straty powodowane przez powódź.

#### Sposoby zapobiegania powodziom

Typowe, powodziowe hydrogramy odpływu. Rodzaje sposobów zapobiegania: techniczne i nietechniczne, bierne i czynne. Sposoby oddziałujące na kształt fali powodziowej, sposoby minimalizujące straty spowodowane powodzią.

#### Pomiary hydrologiczne

Rodzaje wykonywanych pomiarów hydrologicznych, znaki powodziowe. Prognozowanie powodzi.

#### Wał przeciwpowodziowy

Wał przeciwpowodziowy jako najczęstszy sposób ochrony przed powodzią. Budowa wału przeciwpowodziowego, elementy uszczelniające i odwadniające wał. Urządzenia towarzyszące. Obliczenia inżynierskie przy projektowaniu wału przeciwpowodziowego.

#### Zbiorniki

Zbiorniki retencyjne oraz suche zbiorniki. Sposób obliczania redukcji fali powodziowej przez zbiornik retencyjny.

#### Zarządzanie kryzysowe, powódź a inne zjawiska ekstremalne

Likwidacja skutków powodzi jako zadanie służb antykryzysowych. Organizacja i zadania służb antykryzysowych w Polsce. Omówienie innych rodzajów zjawisk ekstremalnych, częstości ich występowania oraz wielkości strat jakie one powodują.

#### Rola melioracji w inżynierii środowiska

Potrzeba oraz efekty melioracji. Melioracje dolin rzecznych oraz obszarów pozadolinowych. Eksploatacja urządzeń i systemów melioracyjnych.

### **Ćwiczenia projektowe**

#### Wstęp

Omówienie, na czym będą polegać projekty, przypomnienie podstawowych przepisów prawnych oraz wymogów jakie powinien spełniać projekt budowlany.

#### Wydanie projektów

Rozdanie studentom tematów projektów.

#### Przekroje

Wykonanie na podstawie mapy przekrojów przez rzekę.

#### Obliczenia stanów wody dla istniejącego koryta

Obliczenia krzywej konsumpcyjnej dla istniejącego koryta rzeki w wyznaczonych przekrojach. Modelowanie fali powodziowej i jej skutków.

#### Proponowanie rozmieszczenia wałów

Na podstawie uzyskanych wcześniej wyników proponuje się rozstęp oraz kształt wałów.

#### Obliczenia stanów wody

Obliczenia krzywej konsumpcyjnej w wytypowanych przekrojach z uwzględnieniem wałów, kontrola czy rozstęp wałów jest prawidłowy, nie może być ani zbyt mały ani zbyt duży. Ewentualna poprawa trasy przebiegu wałów.

#### Obliczenia stanów wody

Wyznaczenie stanów wody  $Q_m$  i  $Q_k$  w poszczególnych przekrojach. Obliczenie

minimalnego wzniesienia korony budowli.

#### Przekroje

Wykreślenie przekrojów przez rzekę z uwzględnieniem wałów, zaznaczenie stanów wody  $Q_m$  i  $Q_k$ .

#### Uszczelnienie wału

Analiza materiałów oraz możliwości wykorzystania gruntów rodzimych, dobór sposobu uszczelnienia wału.

#### Filtarcja

Analiza i obliczenia filtracji przez wał, dobór urządzeń drenażowych.

#### Przekrój typowy oraz profil

Wykonanie przekroju typowego wału. Wykonanie profilu rzeki z uwzględnieniem brzegów oraz projektowanego obwałowania.

#### Trasa przebiegu wału

Wykreślenie na mapie trasy przebiegu wału z uwzględnieniem miejsc wjazdu i zjazdu z wału.

#### Projektowanie trasy rowu melioracyjnego

Obliczanie przepływów miarodajnych, ustalenie głębokości rowu melioracyjnego, wykonanie profilu terenu w osi rowu oraz zaprojektowanie niwelety dna rowu melioracyjnego.

#### Przekrój poprzeczny rowu melioracyjnego

Obliczanie przekroju poprzecznego oraz spadku dna rowu melioracyjnego na podstawie kryterium prędkości granicznej dla przyjętego typu umocnienia skarp. Rysowanie przekrojów poprzecznych oraz obliczanie objętości robót ziemnych.

## **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocenę końcową (OK) modułu oblicza się według wzoru:

$$OK = 0,5 \cdot W + 0,5 \cdot P$$

gdzie

W - ocena uzyskana z wykładu (kolokwium zaliczeniowego)

P - ocena uzyskana z ćwiczeń projektowych

W przypadku uzyskania oceny pozytywnej z kolokwium zaliczeniowego wykładu dopiero w terminie poprawkowym, ocena W przyjmowana będzie jako średnia arytmetyczna z ocen uzyskanych w terminie podstawowym i poprawkowym.

W przypadku uzyskania oceny pozytywnej z ćwiczeń projektowych dopiero w terminie poprawkowym, jako ocenę P przyjmowana będzie ocena ostateczna (z terminu poprawkowego).

W przypadku zaliczenia ćwiczeń projektowych oraz uzyskania pozytywnej oceny z kolokwium zaliczeniowego wykładu, ocena końcowa wynosi co najmniej 3,0.

W przypadku braku pozytywnej oceny z ćwiczeń projektowych lub z kolokwium zaliczeniowego wykładu wystawiana jest ocena końcowa: nie zal.

## **Wymagania wstępne i dodatkowe**

### **Wymagania wstępne:**

Student zna podstawy hydrologii i inżynierii wodnej.

### **Wymagania dodatkowe:**

Do zaliczenia ćwiczeń projektowych niezbędne jest uzyskanie zaliczenia na oceny pozytywne dwóch projektów. Ocena ostateczna z tych ćwiczeń wystawiana jest na podstawie średniej ważonej z ocen uzyskanych z projektu wału przeciwpowodziowego (z wagą 0,7) i z projektu rowu melioracyjnego (z wagą 0,3). Wymagana jest obecność na co najmniej 70 % zajęć, w tym dopuszczalna jest co najwyżej jedna nieobecność nieusprawiedliwiona.

## **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

### **Literatura podstawowa:**

1. Czetwertyński E., Urysko B. 1969. Hydraulika i hydromechanika. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
2. Depczyński W., Szamowski A. 1997. Budowle i zbiorniki wodne. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
3. Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim.
4. Kisiel A. (red.). 2012. Poradnik hydromechanika i hydrotechnika. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
5. Marciłonek S. 1994. Eksploatacja urządzeń melioracyjnych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław.
6. Ostromecki J. 1960. Odwodnienia w melioracjach użytków zielonych. Wiad. IMUZ, Falenty.
7. Prochal P. (red.) . 1986. Podstawy melioracji rolnych. Tom I oraz Tom II. Państw. Wydaw. Rolnicze i Leśne, Warszawa.
8. Ratomski J. 2006. Podstawy projektowania zabudowy potoków górskich. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz.U. 2007, nr 86 poz. 579).
10. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. - Prawo wodne (tekst jednolity - Dz.U. 2015, poz. 469 z późn. zm.).
11. Wołoszyn J. i in. 1974. Regulacja rzek i potoków. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
12. Zakaszewski Cz. 1964. Melioracje rolne. Tom I, . Państw. Wydaw. Rolnicze i Leśne, Warszawa.
13. Zapory a powódzie. Wytyczne i przykłady. 2005. Biuletyn 125 ICOLD/CIGB. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.

### **Literatura uzupełniająca:**

14. Ambrożewski Z. J. 2006. Zbiorniki wodne w Polsce i ich funkcje przeciwpowodziowe. Gospodarka Wodna, Wydawnictwo SIGMA-NOT, nr 2, s. 65-72.
15. Depczyński W., Jankowski W. 2006. Kontrola bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych - przepisy i praktyka. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej, Budownictwo Lądowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, nr 57, s. 43-58.
16. Fiedler K., Hrabowski W. 1980. Bezpieczeństwo budowli wodnych. Wydawnictwo Prasa ZSL, Warszawa.
17. Kledyński Z., Nachlik E. 2006. Gospodarka wodna i budownictwo wodne - stan obecny i perspektywy. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej. Budownictwo Lądowe. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, nr 57, s. 13-28.
18. Kledyński Z. 2011. Monitoring i diagnostyka budowli hydrotechnicznych. cz. 1. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, nr 2, s. 54-61.
19. Kledyński Z. 2011. Monitoring i diagnostyka budowli hydrotechnicznych. cz. 2. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, nr 3, s. 36-38.
20. Kledyński Z. 2011. Ochrona przed powodzią i jej infrastruktura w Polsce. Materiały konferencji: „Awaryjne budowle: zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje”. Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, s. 243-254.
21. Kledyński Z. 2012. Awaria i katastrofa obiektu hydrotechnicznego. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, nr 5, s. 32-35.
22. Schroeder G. 1972. Melioracje wodne w rolnictwie. Wydawnictwa Arkady, Warszawa.

## **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. L. OPYRCHAŁ, S. LACH. 2014. Badanie kierunku filtracji w zaporach ziemnych z wykorzystaniem metody iloczynu skalarnego. W: Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych / red. Grażyna Mazurkiewicz-Boroń, Barbara Marczevska ; Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II. Wydział Zamiejscowy Prawa i Nauk o Społeczeństwie w Stalowej Woli. Instytut Inżynierii Środowiska. Lublin: Wydawnictwo KUL, s. 289-300.
2. M. ŁĄGIEWKA, L. OPYRCHAŁ, S. LACH. 2014. Zastosowanie termowizji w badaniach filtracji przez zapory ziemne. W: Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych / red. Grażyna Mazurkiewicz-Boroń, Barbara Marczevska; Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II. Wydział Zamiejscowy Prawa i Nauk o Społeczeństwie w Stalowej Woli. Instytut Inżynierii Środowiska. Lublin: Wydawnictwo KUL, s. 301-309.
3. L. OPYRCHAŁ, S. LACH, M. WANAT. 2014. Problem wydatku urządzeń upustowych. W: Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych / red. Grażyna Mazurkiewicz-Boroń, Barbara Marczevska; Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II. Wydział Zamiejscowy Prawa i Nauk o Społeczeństwie w Stalowej Woli. Instytut Inżynierii Środowiska. Lublin: Wydawnictwo KUL, s. 311-321.
4. L. OPYRCHAŁ. 2014. Budowle i urządzenia hydrotechniczne w systemie obrony Kamieńca

Podolskiego. Gospodarka Wodna, R. 74, nr 3, s. 103-111.

5. Ł. BORSUK, L. OPYRCHAŁ. 2013. Using GIS in flood preventing analysis – based on the analysis of the catastrophe of a dam in Pieczyska. W: Environmental engineering – through a young eye, Vol. 3 / eds. Iwona Skoczko, Janina Piekutin, Elżbieta H. Grygorczuk-Petersons. Białystok: Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, s. 198-205.

6. L. OPYRCHAŁ., P. POPIELSKI, A. TOMASZEWICZ, W. JANKOWSKI 2005. Wpływ zmienności parametrów gruntu na współczynnik bezpieczeństwa skarpy oraz kształt krzywej poślizgu. Prace Naukowe Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej Vol. 75, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, nr 41, s. 415-420.

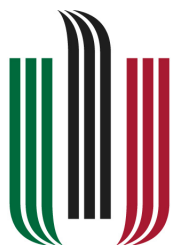
### Informacje dodatkowe

Obecność na wykładach nie jest obowiązkowa.

Zaległości student może nadrobić przychodząc na konsultacje.

### Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	14 godz
Udział w ćwiczeniach projektowych	28 godz
Wykonanie projektu	30 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	2 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	12 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	1 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	87 godz
Punkty ECTS za moduł	3 ECTS

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Zarządzanie wodami opadowymi

Rok akademicki: 2015/2016      Kod: DIS-2-248-IW-s      Punkty ECTS: 2

Wydział: Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska      Specjalność: Inżynieria Wodna

Poziom studiów: Studia II stopnia      Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski      Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A)      Semestr: 2

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: dr inż. Bergier Tomasz (tbergier@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: dr inż. Bergier Tomasz (tbergier@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W002	ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę niezbędną do zrozumienia problemów środowiskowych i technicznych związanych z wodami opadowymi, występujących w różnych skalach i sposobów ich rozwiązywania, a także kluczowych zagadnień z zakresu ograniczania i kontroli zanieczyszczeń	IS2A_W05	Aktywność na zajęciach, Projekt
M_W003	ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę dotyczącą technologii proekologicznych w zakresie gospodarki wodami deszczowymi	IS2A_W06	Aktywność na zajęciach, Projekt
M_W004	ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę z zakresu możliwych sposobów wykorzystania systemów informacji geograficznej w gospodarce wodami deszczowymi i zarządzaniu zlewniowym	IS2A_W08	Aktywność na zajęciach, Projekt
M_W006	potrafi zastosować systemowe podejście w dziedzinie zarządzania środowiskiem	IS2A_U13	Aktywność na zajęciach, Sprawozdanie
Umiejętności			

M_U001	potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie	IS2A_U01	
M_U002	potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (technik i technologii) w gospodarce wodami deszczowymi	IS2A_U15	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie
M_U005	potrafi posługiwać się technikami GIS i obrazami teledetekcyjnymi przy rozwiązywaniu zadań z zakresu gospodarki wodami deszczowymi, umie wykonywać podstawowe analizy GIS oraz przetwarzać obrazy cyfrowe	IS2A_U12	Aktywność na zajęciach, Projekt
Kompetencje społeczne			
M_K001	ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej, w tym jej wpływu na środowisko i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje; wykazuje postawę proekologiczną	IS2A_K02	Aktywność na zajęciach

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W002	ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę niezbędną do zrozumienia problemów środowiskowych i technicznych związanych z wodami opadowymi, występujących w różnych skalach i sposobów ich rozwiązywania, a także kluczowych zagadnień z zakresu ograniczania i kontroli zanieczyszczeń	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę dotyczącą technologii proekologicznych w zakresie gospodarki wodami deszczowymi	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-



M_W004	ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę z zakresu możliwych sposobów wykorzystania systemów informacji geograficznej w gospodarce wodami deszczowymi i zarządzaniu zlewniowym	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_W006	potrafi zastosować systemowe podejście w dziedzinie zarządzania środowiskiem	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (technik i technologii) w gospodarce wodami deszczowymi	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U005	potrafi posługiwać się technikami GIS i obrazami teledetekcyjnymi przy rozwiązywaniu zadań z zakresu gospodarki wodami deszczowymi, umie wykonywać podstawowe analizy GIS oraz przetwarzać obrazy cyfrowe	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej, w tym jej wpływu na środowisko i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje; wykazuje postawę proekologiczną	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Zarządzanie wodami opadowymi (deszczowymi) - wprowadzenie

Prognozowanie ilości wód opadowych powstających w różnych rodzajach zlewni. Jakość wód deszczowych. Zmiany ilości ścieków opadowych (w tym ich dystrybucji w czasie) na skutek zmian pokrycia i użytkowania terenu, zmian klimatycznych i innych czynników antropogenicznych. Regulacje prawne. Opłaty za deszczówkę.

#### Techniki gospodarki wodami opadowymi w mieście - stan obecny

Obecnie stosowane sposoby odprowadzania i zagospodarowania wód opadowych w zlewni zurbanizowanej. Odprowadzanie wód deszczowych za pomocą kanalizacji miejskiej (ogólnospławnej, rozdzielczej), konsekwencje dla systemu ściekowego i dla środowiska.

#### Zielona infrastruktura w gospodarce wodami opadowymi w mieście

Zastosowanie zielonej infrastruktury i innych osiągnięć inżynierii ekologicznej w gospodarce wodami opadowymi w miastach. Sposoby i formy łączenia zielonej i szarej infrastruktury.

#### Gospodarki wodami deszczowymi na terenach wiejskich

Sposoby odprowadzania i zagospodarowania wód opadowych w zlewni na terenach wiejskich (rozproszona zabudowa, użytkowanie rolnicze). Zagrożenie erozją, osuwiska, zanieczyszczenia obszarowe, wzbogacanie wód płynących w zawiesiny i związki biogenne. Metody i sposoby ograniczania tych niekorzystnych zjawisk.

#### Wody opadowe a zabezpieczenie przed powodzią

Zjawisko powodzi miejskich, uszczelnianie powierzchni w terenach zurbanizowanych. Sposoby i metody zapobiegania tym zjawiskom. Zintegrowane zarządzanie miastem – łączenie funkcji ochrony środowiska z ochroną przeciwpowodziową i poprawą jakości życia mieszkańców (rekreacja, dostęp do zieleni, poprawa mikroklimatu, ograniczanie efektu wyspy ciepła). Błękitno-zielone sieci. Integracja z planowaniem przestrzennym.

#### Komputerowe wspomaganie gospodarki wodami opadowymi

Komputerowe wspomaganie gospodarowania wodami opadowymi, w tym: obliczanie ilości wód opadowych, prognozowanie jakości tych wód, dobór i projektowanie urządzeń, projektowanie i zarządzanie siecią kanalizacji deszczowej. Pakiet Storm Water Management Model (US EPA).

#### Integracja gosp. wodami opadowymi z zarządzaniem zlewniowym

Zastosowania oprogramowania GIS do wspomaganie oceny wpływu gospodarki wodami opadowymi na obieg wody w zlewni. Zarządzanie wodami opadowymi jako element zintegrowanego zarządzania zlewnią. Pakiet JESAT.

### **Ćwiczenia projektowe**

#### Koncepcja porządkowania gospodarki wodami deszczowymi dla wybranego obszaru

Indywidualny projekt semestralny – opracowanie kompleksowej koncepcji uporządkowania gospodarki wodami deszczowymi dla wybranego obszaru, obejmującej obliczenie ilości wód opadowych, opis istniejącej infrastruktury deszczowej, dobór i zaprojektowanie urządzeń i rozwiązań zmniejszających zrzut ścieków opadowych i ich wpływ na środowisko.

#### Ilość i jakość wód opadowych

Różne metody obliczania ilości wód opadowych i prognozowania jakości wód.

#### Projekt oczyszczalni roślinnej

Projektowanie hydrofitowej oczyszczalni wód deszczowych: dobór typu, wymiarowanie, obliczanie parametrów eksploatacyjnych, lokalizacja.

#### Projektowanie zielonej infrastruktury

Dobór i projektowanie urządzeń zielonej infrastruktury do zagospodarowania wód opadowych na poziomie lokalnym (tzw. mikroretencja): ogrody deszczowe, pocket wetland itp.

#### Pakiet komputerowy Storm Water Management Model

Zastosowanie pakietu Storm Water Management Model (US EPA) do modelowania ilości i jakości wód opadowej, wspomaganie projektowania i zarządzania kanalizacją deszczową.

#### Pakiet komputerowy JESAT

Zastosowania pakietu JESAT do oceny skuteczności rozwiązań i urządzeń gospodarki wodami deszczowymi.

#### Koncepcja porządkowania gospodarki wodami deszczowymi dla wybranego obszaru

Indywidualny projekt semestralny – opracowanie kompleksowej koncepcji uporządkowania gospodarki wodami deszczowymi dla wybranego obszaru, obejmującej obliczenie ilości wód opadowych, opis istniejącej infrastruktury deszczowej, dobór i zaprojektowanie urządzeń i rozwiązań zmniejszających zrzut ścieków opadowych i ich wpływ na środowisko.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocenę końcową (OK) modułu oblicza się według wzoru:

$$OK = P$$

gdzie:

P – ocena uzyskana z ćwiczeń projektowych.

Ocena P będzie średnią ważoną z oceny z projektu semestralnego (50%) oraz ze średniej z ocen z projektów realizowanych na zajęciach (50%). W przypadku nieobecności/niezaliczenia pojedynczego projektu możliwe jest jego samodzielne wykonanie i poprawkowe zaliczenie (dotyczy nie więcej niż 1 projektu).

W przypadku braku pozytywnej oceny z ćwiczeń projektowych wystawiana jest ocena końcowa: nie zal.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Nie podano wymagań wstępnych lub dodatkowych.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Geiger W., Dreiseitl H., 1999. Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. Wydawnictwo Projprzem-EKO.
2. Królikowska J., Królikowski A., 2012. Wody opadowe – odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystanie. Wydawnictwo Seidel-Przywecki.
3. Wagner I., Krauze K., Zalewski M., 2013. Błękitne aspekty zielonej infrastruktury [w:] Bergier T., Kronenberg J., Lisicki P. (red.), Przyroda w mieście: rozwiązania. Seria Zrównoważony Rozwój – Zastosowania (4), Fundacja Sendzimira, s. 144-155.
4. Januchta-Szostak A. 2012. Usługi ekosystemów wodnych w miastach [w:] Bergier T., Kronenberg J. (red.), Przyroda w mieście. Seria Zrównoważony Rozwój – Zastosowania (3), Fundacja Sendzimira, s. 89-110.
5. Komisja Europejska, 2013. Zielona infrastruktura — zwiększanie kapitału naturalnego Europy. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów.
6. Soczyńska U. (red.), 1997. Hydrologia dynamiczna. Wydawnictwo Naukowe PWN.
7. Rossman L. A., 2010. Storm Water Management Model. User's Manual. Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory.

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. Bergier T., Kronenberg J., Wagner I. (red.), 2014. Woda w mieście. Seria Zrównoważony Rozwój – Zastosowania (5), Fundacja Sendzimira.
2. Bergier T., 2011. Dobre praktyki zintegrowanej gospodarki komunalnej w Szwecji. Zrównoważony Rozwój – Zastosowania, 2.
3. Drzewiecki W., Bergier T., Flügel W., Fink M., Pfenning B., Bernat K., 2013. Krajowa infrastruktura informacji przestrzennej jako źródło danych dla systemu informacji o zlewni (RBIS). Roczniki Geomatyki 11 (1), s. 45-56.

4. Wojtas E., Sawczak M., Bergier T., 2014. Zastosowanie pakietu Jena 2000 do wspomagania zarządzania zlewnią rzeczną. W: Zagrożenia jakości wód powierzchniowych i metody działań ochronnych (red. G. Mazurkiewicz-Boroń, B. Marczevska). Wydawnictwo KUL, s. 379-389.

### Informacje dodatkowe

Brak

### Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	14 godz
Udział w ćwiczeniach projektowych	14 godz
Wykonanie projektu	20 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	6 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	2 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	3 godz
Przygotowanie do zajęć	1 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	60 godz
Punkty ECTS za moduł	2 ECTS

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Inżynieria wód podziemnych

Rok akademicki: 2015/2016 Kod: DIS-2-249-IW-s Punkty ECTS: 2

Wydział: Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska Specjalność: Inżynieria Wodna

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 2

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: prof. nadzw. dr hab. inż. Barbacki Antoni (barbacki@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: prof. nadzw. dr hab. inż. Barbacki Antoni (barbacki@agh.edu.pl)  
dr inż. Pająk Leszek (pajakl@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	rozumie zjawiska związane z cyrkulacją wód podziemnych i zna właściwości fizyko-chemiczne wód podziemnych	IS2A_W02	Kolokwium
M_W002	zna dostępne techniki z zakresu modelowania przepływów wód podziemnych i energii cieplnej	IS2A_W07, IS2A_W11	Projekt
M_W003	zna dostępne techniki i technologie z zakresu wykorzystania, uzdatniania i odsalania wód podziemnych oraz trendy rozwojowe w tym zakresie	IS2A_W06, IS2A_W09	Projekt, Kolokwium
M_W004	zna podstawowe schematy technologiczne wykorzystania podziemnych wód termalnych dla celów ciepłowniczych, rekreacyjnych i balneologicznych	IS2A_W06	Projekt
M_W005	zna podstawowe zasady i przepisy związane z pozyskaniem, wykorzystaniem i utylizacją wód podziemnych	IS2A_W12	Kolokwium
Umiejętności			
M_U001	zna rodzaje i umie obliczyć zasoby wód podziemnych i energii z nimi związanej	IS2A_U10	Kolokwium

M_U002	potrafi ocenić funkcjonowanie wybranej instalacji wykorzystującej wody podziemne w celach: energetycznych, balneologicznych lub innych (np. pozyskanie wody pitnej)	IS2A_U17	Projekt
M_U003	potrafi ocenić możliwości i skutki pozyskiwania wód podziemnych w aspekcie środowiskowym i prawnym	IS2A_U14, IS2A_U15	Kolokwium
Kompetencje społeczne			
M_K001	rozumie znaczenie celowości wykorzystania zasobów wód podziemnych dla zrównoważonego rozwoju	IS2A_K02	Udział w dyskusji
M_K002	zna społeczne oddziaływanie inwestycji ekologicznych na jakość życia lokalnych społeczności	IS2A_K07	Udział w dyskusji

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	rozumie zjawiska związane z cyrkulacją wód podziemnych i zna właściwości fizykochemiczne wód podziemnych	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	zna dostępne techniki z zakresu modelowania przepływów wód podziemnych i energii cieplnej	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	zna dostępne techniki i technologie z zakresu wykorzystania, uzdatniania i odsalania wód podziemnych oraz trendy rozwojowe w tym zakresie	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W004	zna podstawowe schematy technologiczne wykorzystania podziemnych wód termalnych dla celów ciepłowniczych, rekreacyjnych i balneologicznych	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W005	zna podstawowe zasady i przepisy związane z pozyskaniem, wykorzystaniem i utylizacją wód podziemnych	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												

M_U001	zna rodzaje i umie obliczyć zasoby wód podziemnych i energii z nimi związanej	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi ocenić funkcjonowanie wybranej instalacji wykorzystującej wody podziemne w celach: energetycznych, balneologicznych lub innych (np. pozyskanie wody pitnej)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	potrafi ocenić możliwości i skutki pozyskiwania wód podziemnych w aspekcie środowiskowym i prawnym	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	rozumie znaczenie celowości wykorzystania zasobów wód podziemnych dla zrównoważonego rozwoju	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	zna społeczne oddziaływanie inwestycji ekologicznych na jakość życia lokalnych społeczności	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Wprowadzenie - pojęcia podstawowe

1. Pochodzenie wód podziemnych i ich podział
2. Podział i definicja zasobów wód podziemnych
3. Potencjał energetyczny wód podziemnych i sposób jego szacowania

#### Własności hydrogeologiczne skał zbiornikowych i wód podziemnych

1. Porowatość, szczelinowatość i krasowatość skał zbiornikowych
2. Przepuszczalność i filtracja (prawo Darcy'ego)
3. Parametry fizyczne wód podziemnych
4. Chemizm i stan bakteriologiczny wód podziemnych (odniesienie do przepisów)

#### Wody mineralne i lecznicze

1. Klasyfikacja wód mineralnych
2. Własności wód mineralnych i leczniczych
3. Eksploatacja wód mineralnych i leczniczych
4. Wody mineralne i lecznicze na obszarze Polski
5. Wykorzystanie wód termalnych w balneologii

#### Aspekty energetyczne związane z pozyskaniem wód i energii

1. Sposoby pozyskania wód, ujęcia - otwory wiertnicze
2. Ocena zasobów wód podziemnych - wydajność studni, krzywa depresji, pompowania próbne, wzajemne oddziaływanie, lej depresji, lej represji, "skin-efekt"
3. Ocena zasobów energetycznych i ekonomiczne aspekty pozyskania wód i energii

#### Prognozowanie ruchu wód podziemnych i przepływu energii

1. Modelowanie wymiany masy i ciepła
2. Przegląd oprogramowania służącego do skojarzonego modelowanie przepływu wód i

energii

### 3. Przykłady wykorzystania modelowania numerycznego

#### Uzdatnianie, oczyszczanie wód podziemnych

1. Przepisy dotyczące wymogów jakie powinny spełniać wody podziemne w zależności od sposobu wykorzystania
2. Odwrócona osmoza, ultrafiltracja, odżelazianie, napowietrzanie i inne stosowane technologie uzdatniania
3. Przykłady zastosowania technologii wraz z prezentacją osiągniętych efektów

### **Ćwiczenia projektowe**

#### Określanie zasobów wód podziemnych i zawartej w nich energii

Sposoby oceny zasobów wodnych na podstawie wyników pompowań próbnych oraz zasobów ciepła na podstawie wydajności i temperatury wód.

#### Ocena wpływu ciśnienia represji i depresji na efekty pozyskania wód i energii

Analityczne sposoby określanie leja depresji i represji w aspekcie doboru pompy i oceny zapotrzebowania na energię napędową.

#### Określanie parametrów wymaganych dla opracowania modelu numerycznego złoża

1. Ocena kierunków i szybkości przepływu wód i energii, "przebicie" frontu chłodnego, spadek/wzrost ciśnienia w warunkach zwierciadła napiętego.
2. Dobór pompy ciepła – podniesienie poziomu temperaturowego zasobów dla odbiorcy ustalonego typu (ocena konieczności i osiągniętych efektów).

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocenę końcową (OK) modułu oblicza się według wzoru:

$$OK = 0,5 \cdot W + 0,5 \cdot P$$

gdzie:

W - ocena uzyskana z wykładu (kolokwium zaliczeniowego)

P - ocena uzyskana z ćwiczeń projektowych

W przypadku uzyskania oceny pozytywnej z kolokwium zaliczeniowego wykładu lub z ćwiczeń projektowych dopiero w terminie poprawkowym, jako ocenę W lub P przyjmowana jest ocena ostateczna (z terminu poprawkowego).

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

#### **Wymagania wstępne:**

Znajomość elementarna fizyki w zakresie przepływu płynów i wymiany ciepła.

#### **Wymagania dodatkowe:**

Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest zaliczenie ćwiczeń projektowych na ocenę co najmniej 3,0 i kolokwium z wykładów na ocenę minimum 3,0.

Dopuszczalna jest jedna nieobecność nieusprawiedliwiona na zajęciach projektowych.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Chowaniec J., Poprawa D., Witek K., 2001. Występowanie wód termalnych w polskiej części Karpat. Przegląd Geologiczny, vol.49, nr 8: 734-742.
2. Dowgiało J., Karski A. & Potocki I., 1969. Geologia surowców balneologicznych. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
3. Dowgiało J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Rózkowski A., 2002. Słownik hydrogeologiczny. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
4. Górecki W., 1995. zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim. Towarzystwo Geosynoptyków GEOS, AGH, Kraków.
5. Malinowski J. i in., 1991. Budowa geologiczna Polski - Hydrogeologia. T. VII, Wydawnictwo Geologiczne PIG, Warszawa.



6. Plewa S., 1994. Rozkład parametrów geotermalnych na obszarze Polski. Wydawnictwo CPPGSMiE, PAN, Kraków: 1-138.
7. Plewa S., 1966. Regionalny obraz parametrów geotermicznych obszaru Polski. Prace Geofizyczne i Geologiczne, Kraków.
8. Sokołowski J., 1985. Ocena występowania wód termalnych w niecce podhalańskiej. Konferencja pt. „Ocena możliwości eksploatacji wód termalnych w niecce podhalańskiej” Zakopane: 25-46, Wydawnictwo AGH, Kraków.
9. Sokołowski J., 1995. Geothermal provinces and basins in Poland. Polish Geothermal Association and Polish Academy of Science, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków: 1-124.
10. Płochniewski Z., 1971. Hydrogeologia. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
11. Stachel A.A., 2013. Wykorzystanie energii wnętrza Ziemi. Wyd. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin.
12. Nowak W., Sobański R., Kabat M., Kujawa T., 2000. Systemy pozyskiwania i wykorzystania energii geotermicznej. Wyd. Politechniki Szczecińskiej, Szczecin.
13. Pazdro Z., Kozerski B., 1990. Hydrogeologia ogólna. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
14. Macioszczyk A., 1987. Hydrogeochemia. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
15. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002. Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
16. Witczak S., Kania J., Kmiecik E., 2013. Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Inspekcja Ochrony Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
17. Haładus A., Kulma R., 2012. Dynamika wód podziemnych. Przykłady obliczeń. Cz. 1. Przepływy filtracyjne jednowymiarowe. Wyd. AGH, Kraków.
18. Haładus A., Kulma R., 2014. Dynamika wód podziemnych. Przykłady Obliczeń. Cz. 2. Dopyły do ujęć wodnych. Wyd. AGH, Kraków.
19. Dąbrowski S., Kapuściński J., Nowicki K., Przybyłek J., Szczepański A., 2011. Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Wyd. Bogucki i Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
20. Górecki W. (red.), 2006. Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim – Formacje paleozoiku. Wyd. AGH, Kraków.
21. Górecki W. (red.), 2006. Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim – Formacje mezozoiku. Wyd. AGH-Kraków
22. Krawiec A. (red.), Jamroska I. (red.), 2014. Modele matematyczne w hydrogeologii. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
23. Bujakowski W., Tomaszewska B. (red.), 2014. Atlas wykorzystania wód termalnych do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepłej w układach binarnych w Polsce. Wyd. „Jak”, Kraków.
24. Górecki W. (red.), 2006. Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim – Formacje paleozoiku. Wyd. AGH, Kraków.
25. Kępińska B., Bujakowski W. (red. nauk.), 2011. Wytyczne projektowania poprawy chłonności skał zbiornikowych w związku z zatłaczaniem wód termalnych w polskich zakładach geotermalnych. Wyd. EJB. Kraków 2011.
26. Górecki W. (red. nauk.), 2013. Atlas Geotermalny Karpat Wschodnich, formacje fliszowe oraz utwory mioceńskie i mezozoiczno-paleozoiczne podłoża Karpat Wschodnich. Wyd. AGH, Kraków.
27. Barbacki A. P., Bujakowski W., Pająk L., 2006. Atlas zbiorników wód geotermalnych Małopolski. Kraków.

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. Barbacki A, 2012. Ocena energetycznej jakości zasobów geotermalnych – aspekty terminologiczny i termodynamiczny. Przegląd Geologiczny, vol. 60, no 2, pp. 117-120.
2. Barbacki A, 2012. Classification of geothermal resources in Poland by exergy analysis – comparative study. Renewable and Sustainable Energy Review (Elsevier), no 16, pp. 123-128.
3. Barbacki A. 2010. Geological and technical aspects of geothermal energy utilization in South-East Poland. Environment Protection Engineering, vol. 36, no 1, pp. 25-34.
4. Barbacki A. 2009. Technical aspects of geothermal energy utilization in Małopolska region. Geomatics and Environmental Engineering, no 4, vol. 3, pp. 13-22.
5. Zdechlik R., Tomaszewska B., Dendys M., Pająk L., 2015. Przegląd oprogramowania do numerycznego modelowania procesów środowiskowych w systemach geotermalnych. Przegląd Geologiczny, t. 63, nr 10/2, s. 1150-1154.
6. Miecznik M., Sowizdzał A., Tomaszewska B., Pająk L., 2015. Modeling hydrogeothermal Conditions in part of the Szczecin Through – the Chociwel area. Geologos 21/3, pp. 187-196.
7. Bujakowski W., Barbacki A., Miecznik M., Pająk L., Skrzypczak R., Sowizdzał A., 2015. Modelling geothermal and operating parameters of EGS installations in the lower triassic sedimentary formations

of the central Poland area. Renewable Energy, Vol. 80, August 01, pp. 441-453.

8. Olszewska A., Miśkiewicz A., Zakrzaska-Kołtuniewicz G., Lankof L., Pająk L., 2015. Multi-barrier system against migration of radionuclides from radioactive waste repository. Nukleonika 60(3), pp. 557-563.

9. Barbacki A., Pająk L., Radomski B., 2014. Ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej w rejonie Tarnowa. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja, nr 12, s. 453-456.

10. Tomaszewska B., Pająk L., Bodzek M., 2014. Application of hybrid UF-RO process to geothermal water desalination. Concentrate disposal and costs analysis. Archives of Environmental Protection, vol. 40, issue 3, pp 137-151.

11. Dendys M., Tomaszewska B., Pająk L., 2014. Modelowanie numeryczne jako narzędzie wspomagające badania systemów geotermalnych [w:] Krawiec A., Jamroska I. (red.), 2014. Modele matematyczne w hydrogeologii. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Toruń, 2014, s. 199-206.

12. Bujakowski W., Tomaszewska B., Miecznik M., Pająk L., Barbacki A.P., Skrzypczak R., 2014. Modelowanie warunków hydrogeologicznych w rejonie miasta Chociwel. [W:] Krawiec A., Jamroska I. (red.), 2014. Modele matematyczne w hydrogeologii. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Toruń, s. 207-212.

13. Stachel A. A., Bujakowski W., Pająk L., Tomaszewska B., Kasztelewicz A., Kaczmarek R., Borsukiewicz-Gozdur A., Mazurek R., 2014. Przegląd technologii i elektrowni binarnych. [W:] Bujakowski W., Tomaszewska B. (red.), 2014. Atlas wykorzystania wód termalnych do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepłej w układach binarnych w Polsce. Wyd. "Jak", Kraków, s. 13-25.

14. Tomaszewska B., Pająk L., Bielec B., 2013. Prognozowanie kolmatacji otworu chłonnego przy zatłaczaniu schłodzonych wód termalnych. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, nr 456/2013, s. 51-56.

15. Tomaszewska B., Pająk L., 2012. Dynamics of clogging processes in injection wells used to pump highly mineralized thermal waters into the sandstone structures lying under the Polish Lowlands. Archives of Environmental Protection, vol. 38, no. 3, pp. 105-117.

16. Pająk L., Kotyza J., 2012. Analiza możliwości wykorzystania wód geotermalnych w zapadlisku przedkarpackim przy zastosowaniu pomp ciepła. [W:] Górecki W. (red.), Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego. Wyd. AGH, Kraków, s. 348-352.

17. Pająk L., 2011. Podstawy hydrodynamiczne zatłaczania wód geotermalnych. [W:] Kępińska B., Bujakowski W. (red. nauk.), Wytyczne projektowania poprawy chłonności skał zbiornikowych w związku z zatłaczaniem wód termalnych w polskich zakładach geotermalnych. Wyd. EJB, Kraków, s. 7-19.

18. Pająk L., 2011. Modelowanie matematyczne efektów zatłaczania wody geotermalnej do otworu Skierniewice GT-2. [W:] Kępińska B., Bujakowski W. (red. nauk.), Wytyczne projektowania poprawy chłonności skał zbiornikowych w związku z zatłaczaniem wód termalnych w polskich zakładach geotermalnych. Wyd. EJB. Kraków, s. 173-177.

## Informacje dodatkowe

Brak

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	14 godz
Udział w ćwiczeniach projektowych	14 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	1 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	8 godz
Przygotowanie do zajęć	2 godz
Wykonanie projektu	14 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	53 godz
Punkty ECTS za moduł	2 ECTS