**Nazwa przedmiotu:**

Technologia oczyszczania ścieków i unieszkodliwiania osadów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Monika Żubrowska-Sudoł, prof. uczelni

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Środowiska

**Grupa przedmiotów:**

Kierunkowe i Specjalizacyjne

**Kod przedmiotu:**

1110-ISISW-ISP-5308

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

Obecność na wykładach - 30 h,
Obecność na laboratoriach – 45 h,
Zapoznanie się ze wskazaną literaturą – 15 h,
Przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych – 15 h,
Przygotowanie raportów z ćwiczeń laboratoryjnych - 15 h,
Przygotowanie do egzaminu i obecność na egzaminie – 25 h,
Razem - 145 h

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

3

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

nie dotyczy

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 45h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Chemia środowiska, Biologia

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studentów z charakterystyką ilościową i jakościową ścieków komunalnych, obowiązującymi wymaganiami prawnymi dotyczącymi stopnia ich oczyszczania przed odprowadzeniem do odbiorników naturalnych, mechanicznymi, chemicznymi i biochemicznymi procesami jednostkowymi stosowanymi w oczyszczaniu ścieków komunalnych, a także z technologiami biologicznego ich oczyszczania metodą osadu czynnego i złoża biologicznego oraz konwencjonalnymi i nowoczesnymi układami technologicznymi do usuwania związków węgla organicznego, azotu i fosforu. Omówienie miejsc powstawania oraz charakterystyki ilościowej i jakościowej osadów ściekowych, procesów jednostkowych i podstawowych układów technologicznych ich unieszkodliwiania i utylizacji.
W ramach zajęć laboratoryjnych nabycie umiejętności prowadzenia badań technologicznych mechanicznego i biologicznego oczyszczania ścieków oraz przeróbki osadów ściekowych, a także interpretacji wyników analizy fizyczno-chemicznej ścieków i osadów pod kątem prawidłowości przebiegu i uzyskiwanej efektywności procesów jednostkowych.

**Treści kształcenia:**

Program wykładu:
1. Charakterystyka ilościowa i jakościowa ścieków komunalnych. Wprowadzenie pojęć: stężenie zanieczyszczeń, wskaźnik zanieczyszczeń, ładunek zanieczyszczeń, jednostkowy ładunek zanieczyszczeń. Określenie relacji pomiędzy wskaźnikami zanieczyszczeń organicznych i związków biogennych.
2.Rodzaje odbiorników ścieków, wpływ ścieków na odbiornik, procesy samooczyszczania wód odbiornika. Warunki odprowadzania ścieków oczyszczonych do odbiorników-omówienie obowiązujących przepisów prawnych w kraju i UE . Wprowadzenie określenia Równoważnej Liczby Mieszkańców (RLM). Schemat blokowy mechaniczno-biologicznej i mechaniczno-biologiczno-chemicznej oczyszczalni ścieków komunalnych.
3. Rozróżnienie pojęć: mechaniczne oczyszczanie ścieków (urządzenia do mechanicznego oczyszczania ścieków) i mechaniczne procesy jednostkowe oczyszczania ścieków: rozdzielanie układów niejednorodnych za pomocą przegród (cedzenie, filtracja, procesy membranowe); rozdzielanie frakcji z wykorzystaniem różnicy gęstości (sedymentacja zawiesin ziarnistych, sedymentacja zawiesin kłaczkowatych, sedymentacja strefowa, flotacja, koalescencja). Sposoby postępowania z zanieczyszczeniami usuwanymi podczas mechanicznego oczyszczania ścieków (skratki, piasek, tłuszcze, osady wstępne).
4. Fizyczno-chemiczne procesy oczyszczania ścieków (koagulacja, strącanie chemiczne związków węgla i fosforu). Miejsca stosowania chemicznego oczyszczania ścieków w łańcuchu technologicznym oczyszczalni, określenie stosowanych reagentów, sposób doboru dawki reagentu.
5. Biochemiczne procesy jednostkowe oczyszczania ścieków: usuwanie związków węgla organicznego (tlenowe i beztlenowe procesy przemiany materii); usuwanie związków azotu (amonifikacja; asymilacja azotanów; nitryfikacja; denitryfikacja dysymilacyjna; biologiczne usuwanie związków fosforu (zasada procesu, zjawisko uprzywilejowanej selekcji bakterii akumulujących fosforany, nadmiarowy pobór ortofosforanów w warunkach tlenowych i anoksycznych); porównanie biologicznego i chemicznego usuwania fosforu (wady i zalety).
6. Biologiczne oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego: parametry technologiczne procesu, rozwiązania techniczne i systemy technologiczne bioreaktorów osadu czynnego-układy przepływowe i porcjowe, rozwiązania do usuwania węgla, węgla i azotu, węgla i fosforu, węgla , azotu i fosforu. Wprowadzenie pojęć recyrkulacja wewnętrzna ścieków i recyrkulacja zewnętrzna osadu, denitryfikacja wstępna, symultaniczna i wtórna. Podstawowe mechanizmy selekcji wykorzystywane w kontroli puchnięcia osadu spowodowanego przez mikroorganizmy nitkowate (selekcja kinetyczna, selekcja metaboliczna), podstawowe konfiguracje reaktorów z osadem czynnym wspierające wzrost bakterii kłaczkujących.
7. Oczyszczanie ścieków na złożach biologicznych (biocenoza osiadła). Tworzenie błony, grubość błony a limitowanie transportu substratu w biofilmie, warunki oczyszczania ścieków w błonie. Rodzaje złóż biologicznych, charakterystyka, parametry technologiczne. Zasada napowietrzania złóż. Systemy i rozwiązania technologiczne reaktorów z błoną biologiczną (złoża zraszane, tarczowe, fluidalne. Omówienie technologii złoża ruchomego.
8. Przykłady rozwiązań hybrydowych wykorzystujących biocenozę osiadłą i osad czynny (układy dwuzbiornikowe i jednozbiornikowe typu IFAS). Korzyści wynikające z zastosowania układów hybrydowych. Omówienie procesów: denitryfikacji defosfatacyjnej i ANAMMOX.
9. Osady ściekowe, jako produkt uboczny oczyszczania ścieków komunalnych: miejsca powstawania osadów, oraz podstawowe procesy ich przeróbki.: kondycjonowanie, zagęszczanie, stabilizacja biologiczna w warunkach tlenowych i beztlenowych, stabilizacja chemiczna, odwadnianie końcowe. Podstawowe informacje o utylizacji osadów w świetle uwarunkowań prawnych (procesy termiczne, utylizacja agrotechniczna).

Ćwiczenia laboratoryjne:
1.Wprowadzenie teoretyczne do zadań technologicznych realizowanych w ramach ćwiczeń. Przypomnienie zasad BHP przy pracy w laboratorium. Analiza fizykochemiczna ścieków komunalnych-(4 godz)
2.Mechaniczne oczyszczanie ścieków-wyznaczenie efektywności sedymentacji zawiesin w lejach Imhoffa bez wspomagania i z zastosowaniem napowietrzania oraz strącania chemicznego.-(5 godz)
3.Biologiczne oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego. Wyznaczanie parametrów technologicznych procesu. Określenie efektywności oczyszczania z uwzględnieniem procesów usuwania węgla, amonifikacji, nitryfikacji i denitryfikacji symultanicznej (bilans azotu).-(5 godz)
4.Biologiczne oczyszczanie ścieków metodą złoża biologicznego. Wyznaczanie parametrów technologicznych procesu. Określenie efektywności oczyszczania z uwzględnieniem procesów usuwania węgla, amonifikacji, nitryfikacji i denitryfikacji symultanicznej (bilans azotu)-(5 godz)
5.Chemiczne strącanie fosforu. Wyznaczanie dawki teoretycznej reagentu (koagulantu). Dobór dawki optymalnej-(5 godz)
6.Defosfatacja biologiczna. Wyznaczanie efektywności procesów uwalniania ortofosforanów w warunkach beztlenowych i wiązania w warunkach tlenowych. Efektywność obniżania zawartości związków organicznych w warunkach beztlenowych i tlenowych-(5 godz).
7.Grawitacyjne zagęszczanie osadów ściekowych bez wspomagania i po wstępnym kondycjonowaniu chemicznym polielektrolitem. Wyznaczanie efektywności zagęszczania , optymalnej dawki polielektrolitu, optymalnego czasu zagęszczania-(5 godz).
8.Mechaniczne odwadnianie osadów ściekowych z wykorzystaniem próżni i siły odśrodkowej. Wyznaczanie efektywności odwadniania-(5 godz).
9.Ocena porównawcza podatności osadów na odwadnianie na podstawie testu czasu ssania kapilarnego (CSK) -(5 godz).
10.Kolokwium-(2 godz).

**Metody oceny:**

wykład (W): egzamin pisemny; ćwiczenia laboratoryjne (L): obecność na wszystkich zajęciach, ustna odpowiedź przed i po zajęciach lub sprawdzian przed zajęciami, zaliczenie sprawozdań z kolejnych ćwiczeń i pisemnego kolokwium końcowego; ocena łączna = 0,6\*W+0,4\*L

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. K i K.R. Imhoff: Kanalizacja miast i oczyszczanie scieków. Poradnik, Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO, Bydgoszcz 1996.
2. Praca zbiorowa pod red. K. Mikscha i J. Sikory: Biotechnologia ścieków. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2010.
3. Łomotowski J., Szpindor A.:Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Arkady, Warszawa 1999.
4. Klimiuk E., Łebkowska M.: Biotechnologia w ochronie środowiska. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2003.
5. Sadecka Z.: Podstawy biologicznego oczyszczania scieków. Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa 2010.
6. Henze M. i in. : Oczyszczanie ścieków miejskich, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2002.
7. Apolinarski M., Bartkiewicz B., Wąsowski J.: Ćwiczenia laboratoryjne z technologii ścieków, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
8. Bień J.: Osady ściekowe. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2002.
9. Podedworna J., Umiejewska K.:Technologia osadów ściekowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
10. Podedworna J., Umiejewska K.: Laboratorium z technologii osadów ściekowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Zna aktualnie obowiązujące w Europie i w Polsce wymagania dotyczące stopnia oczyszczania ścieków przed ich odprowadzaniem do odbiorników naturalnych. Zna obecnie powszechnie wykorzystywane technologie i układy technologiczne wysoko efektywnego oczyszczania ścieków komunalnych z usuwaniem węgla organicznego, azotu i fosforu do poziomu dyktowanego obowiązującym prawem.

Weryfikacja:

egzamin pisemny z wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W07, IS\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W02:**

Zna zasady i warunki przebiegu procesów jednostkowych oczyszczania ścieków (mechanicznych, biologicznych i chemicznych) wykorzystywanych w tych technologiach a także podstawowych procesów przeróbki osadów ściekowych.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, kolokwium zaliczeniowe na ćwiczeniach laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W03:**

Zna parametry technologiczne przebiegu oczyszczania ścieków i głównych urządzeń, w których prowadzone są procesy oczyszczania, a także metody oceny efektywności przebiegu poszczególnych procesów jednostkowych

Weryfikacja:

egzamin pisemny, kolokwium zaliczeniowe na ćwiczeniach laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**Charakterystyka W04:**

Posiada podstawową wiedzę na temat nowych procesów wykorzystywanych w technologii biologicznego oczyszczania ścieków i możliwości ich zastosowania do modernizacji starych oczyszczalni oraz zwiększenia efektywności oczyszczania ścieków w obiektach nowo projektowanych

Weryfikacja:

egzamin pisemny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Potrafi samodzielnie wykonać analizę fizyczno-chemiczną ścieków

Weryfikacja:

ustna odpowiedź po każdych zajęciach laboratoryjnych z kontrolą uzyskanych wyników

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, I.P6S\_UK, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U02:**

Potrafi opisać przebieg i ocenić efektywność procesów jednostkowych (fizycznych, chemicznych i biologicznych) realizowanych w układach technologicznych oczyszczania ścieków komunalnych.

Weryfikacja:

ustna odpowiedź po każdych zajęciach laboratoryjnych z kontrolą uzyskanych wyników, sprawozdania z kolejnych ćwiczeń laboratoryjnych, kolokwium końcowe na zajęciach laboratoryjnych, egzamin pisemny z wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, I.P6S\_UK, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U03:**

Potrafi policzyć i ocenić wielkości parametrów technologicznych charakteryzujących proces oczyszczania ścieków realizowany metodą osadu czynnego lub złoża biologicznego

Weryfikacja:

sprawozdania z kolejnych ćwiczeń laboratoryjnych, kolokwium końcowe na zajęciach laboratoryjnych, egzamin pisemny z wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U05, IS\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, P6U\_U, I.P6S\_UK

**Charakterystyka U04:**

Potrafi przeprowadzić ocenę skuteczności technologicznej określonego urządzenia wchodzącego w skład całego układu technologicznego. Potrafi dokonać całościowej analizy wyników oczyszczania ścieków, odnosząc się do obowiązujących przepisów prawnych oraz napisać raport z przeprowadzonych samodzielnie badań formułując wnioski końcowe.

Weryfikacja:

ustna odpowiedź po zajęciach laboratoryjnych , sprawozdania z kolejnych ćwiczeń laboratoryjnych, kolokwium końcowe na zajęciach laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U06, IS\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, I.P6S\_UK

**Charakterystyka U05:**

Potrafi narysować i opisać podstawowe układy technologiczne do oczyszczania ścieków komunalnych służące osiągnięciu określonego celu (usuwanie tylko związków węgla organicznego, usuwanie związków węgla organicznego i jednego z biogenów, zintegrowane usuwanie związków węgla organicznego, azotu i fosforu)

Weryfikacja:

egzamin z wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

Uczestnicząc w zespołowej pracy podczas wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych ma świadomość odpowiedzialności za uzyskiwane przez siebie wyniki w kontekście końcowego odbioru i oceny wspólnie pisanego sprawozdania z realizacji określonych zadań technologicznych.

Weryfikacja:

wspólne sprawozdanie z realizacji danego zadania laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KK

**Charakterystyka K02:**

Ma świadomość wagi formułowanych przez siebie wniosków (wynikających z analizy wyników badań) w kontekście podejmowania decyzji o wyborze określonego układu technologicznego oczyszczania ścieków i ewentualnych jej negatywnych następstw społecznych i ekonomicznych w przypadku gdyby nie została podjęta właściwie.

Weryfikacja:

odpowiedź ustna po zakończeniu ćwiczenia laboratoryjnego, sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IS\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KR