**Nazwa przedmiotu:**

Application of NDT Methods in Civil Engineering and Transport

**Koordynator przedmiotu:**

dr Anna Lejzerowicz

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Civil Engineering

**Grupa przedmiotów:**

Elective

**Kod przedmiotu:**

1080-BU000-MSA-0513

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

Razem 50 godz. = 2 ECTS: wykład 15 godz., ćwiczenia 15 godz., zapoznanie z literaturą 10 godz., przygotowanie do zaliczenia 10 godz.

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

Razem 30 godz. = 1 ECTS: wykład 15 godz., ćwiczenia 15 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

angielski

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

Razem 25 godz. = 1 ECTS: ćwiczenia 15 godz., przygotowanie do ćwiczeń oraz projektu do zaliczeń (w tym konsultacje) 10 godz.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Student przed rozpoczęciem nauki przedmiotu powinien opanować: podstawy geologii i geotechniki, metodyka badań wytrzymałościowych, podstawy technologii betonu.
Specyfikacja innych przedmiotów lub programów, które należy zaliczyć wcześniej: Geologia Inżynierska, Geotechnika I i II, Materiały Budowlane, Konstrukcje Betonowe.

**Limit liczby studentów:**

1 grupa do 30 osób

**Cel przedmiotu:**

Wykłady: zapoznanie studentów z badaniami nieniszczącymi (ang. NDT – Non-Destructive Testing methods) wykorzystywanymi w inżynierii lądowej i transporcie oraz zasadami analizy wyników uzyskanych tymi metodami.
Ćwiczenia: opanowanie umiejętności badań podłoża budowlanego oraz obiektów inżynierskich za pomocą wybranych metod nieniszczących.

**Treści kształcenia:**

Przedmiot obejmuje swoim zakresem szereg metod nieinwazyjnych wykorzystywanych w inżynierii lądowej i transporcie, geologii czy geotechnice. Badania nieniszczące stanowią grupę metod badawczych, które dostarczają informacji o własnościach badanych konstrukcji czy podłoża budowlanego, nie wpływając na ich zdolności wytrzymałościowe i eksploatacyjne, a podczas przeprowadzania badania obiekt/grunt nie ulega jakiemukolwiek zniszczeniu, w przeciwieństwie do badań niszczących. Badania nieniszczące pozwalają na weryfikację stanu istniejącej konstrukcji oraz dokonywanie na tej podstawie prognozy dotyczącej jej trwałości, oceny jakości wykonania oraz bezpiecznego użytkowania.
Przedmiot obejmuje swoim zakresem następujące metody nieinwazyjne wykorzystywane w inżynierii lądowej: czujniki ugięć, metodę georadarową, detektor zbrojenia, termografię, sklerometr, impact-echo oraz ultradźwięki.
Następujące zagadnienia zostaną omówione podczas zajęć:
• Obciążenia próbne obiektów mostowych (czujniki ugięć): przepisy prawne, projekt badań, przebieg badań (instrumenty pomiarowe, zbieranie wyników, analiza wyników).
• Metody termowizyjne (termografia): wprowadzenie do metody, możliwości zastosowania (m.in. przemysł wojskowy, przemysł energetyczny, inżynieria lądowa i transport), opis diagnostyki obiektu budowlanego wykorzystującej termowizyjne metody pomiarowe (weryfikacja poprawności wykonawstwa oraz ocena efektywności energetycznej obiektu).
• Zastosowanie metody georadarowej (ang. Ground Penetrating Radar – GPR) w geologii, geotechnice, inżynierii infrastrukturalnej:
- wprowadzanie do metody, właściwości fizyczne skał i gruntów determinujące właściwości geofizyczne, rodzaje anten i wykorzystywane częstotliwości, zalety i wady metody, zastosowanie GPR, podstawy teoretyczne obejmujące pozyskiwanie danych, ich przetwarzanie oraz interpretację;
- diagnostyka nawierzchni drogowych: grubości warstw konstrukcji dróg, kontrola ułożenia dybli w nawierzchniach betonowych;
- diagnostyka tuneli i mostów: badanie zawilgoceń, diagnostyka podtorza kolejowego;
- badania modelowych elementów betonowych zawierających przykładowe wady i zbrojenie;
- wykorzystanie GPR w badaniach podłoża budowlanego: określenie miąższości poszczególnych warstw podłoża, wyznaczenie granic geologicznych, anomalie georadarowe, głębokość występowania zwierciadła wody podziemnej, lokalizacja pustek oraz infrastruktury podziemnej
- zadania praktyczne: przetworzenie otrzymanych danych geofizycznych z pomiarów terenowych, ich interpretacja, a następnie ich opracowanie (w zależności od warunków atmosferycznych przewiduje się wykonanie wybranych pomiarów geofizycznych w terenie).
• Detektor zbrojenia: badania modelowych elementów betonowych zawierających zbrojenie w różnej konfiguracji - zasada działania, zastosowanie, prezentacja urządzenia.
• Młotek Schmidta (sklerometr): wykorzystanie dynamicznej metody pomiaru wytrzymałości betonu poprzez ocenę zmiany energii bijaka po odskoku od badanej powierzchni – wprowadzenie do metody, zasada działania, zastosowanie i prezentacja urządzenia.
• Metoda Impact-Echo oraz ultradźwiękowa: badania modelowych elementów betonowych zawierających przykładowe wady i zbrojenie.

**Metody oceny:**

Ocenianie ciągłe – obecność i czynny udział w zajęciach.
Sprawozdanie z przeprowadzonych badań i/lub prezentacja na koniec zajęć.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

[1] Karczewski J., Ortyl Ł., Pasternak M., 2012. Zarys metody georadarowej. Wydawnictwo AGH;
[2] Daniels D.J., 2004. Ground Penetrating Radar. The Institution of Engineering and Technology, London;
[3] Benedetto A., Pajewski L., 2015. Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar. Springer Transactions in Civil and Environmental Engineering;
[4] Birks A.S., Green R.E., McIntire P., Ultrasonic testing, Columbus: American Society for Nondestructive Testing, 1991;
[5] Sansalone M.J., Streett W.B., Impact-Echo - Nondestructive evaluation of concrete and masonry, Bullbrier Press, Ithaca, N.Y.;
[6] Adamczewski G., Medyński J., 2019. Diagnostyka termowizyjna w ocenie jakości ocieplenia nowoczesnych hal. Nowoczesne hale 1/2019;
[7] PN-S-10040 „Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Wymagania i badania”;
[8] PN-S-10050 "Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Wymagania i badania";
[9] Materiały szkoleniowe Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung (BAM), NDT&E Advanced Training Workshop, 2016, Berlin;
[10] M. D.Tomkins, J. J.Huck, J. M. Dortch, P. D. Hughes, M. P. Kirbride, I. D. Barr, Schmidt Hammer exposure dating (SHED), Quaternary Geochronology, 2018, Vol. 44, Pages 55-62;
[11] A. E. Mir, S. G. Nehme, Repeatability of the rebound surface hardness of concrete with alteration of concrete parameters, Construction and Building Materials, 2017, Vol. 131, Pages 317-326;
[12] Detektor zbrojenia Profoscope plus, Instrukcja obsługi – materiały producenta.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

Materiały dydaktyczne do przedmiotu zostały przygotowane w Projekcie współfinansowanym przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020, Oś priorytetowa III Szkolnictwo Wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działanie 3.5 Kompleksowe programy szkół wyższych „NERW PW Nauka – Edukacja – Rozwój - Współpraca”

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Zna poszczególne metody nieinwazyjne wykorzystywane w inżynierii lądowej i transporcie.

Weryfikacja:

Continuous evaluation – presence and activity during classes.
Report on conducted research and / or presentation.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W05, K2\_W08, K2\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG, I.P7S\_WK, III.P6S\_WK

**Charakterystyka W2:**

ma pogłębioną wiedzę o powiązaniach dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku studiów z innymi dziedzinami nauki i dyscyplinami naukowymi obszaru albo obszarów, z których został wyodrębniony studiowany kierunek studiów, pozwalającą na integrowanie perspektyw właściwych dla kilku dyscyplin naukowych.

Weryfikacja:

Acitivity during classes.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W11, K2\_W12, K2\_W14\_KB, K2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WK, III.P6S\_WK, P7U\_W, III.P7S\_WK, I.P7S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Umie samodzielnie zanalizować zgromadzony materiał naukowy, zinterpretować otrzymane wyniki badań i wyciągnąć stosowne wnioski w oparciu o własne doświadczenia i najnowsze dane literaturowe.

Weryfikacja:

Continuous evaluation – presence and activity during classes.
Report on conducted research and / or presentation.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U04, K2\_U06, K2\_U07, K2\_U08, K2\_U11, K2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UO, P7U\_U, I.P7S\_UW.o, I.P7S\_UK, I.P7S\_UU

**Charakterystyka U2:**

Wykonuje pomiary terenowe wykorzystując wybrane metody NDT.

Weryfikacja:

Continuous evaluation – presence and activity during classes. Report on conducted research and / or presentation.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U04, K2\_U07, K2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UO, I.P7S\_UW.o

**Charakterystyka U3:**

Przetwarza, interpretuje i opracowuje wyniki otrzymane w terenie z wykorzystaniem metod NDT.

Weryfikacja:

Activity during classes. Report on the research and / or presentation at the end of the class.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U04, K2\_U06, K2\_U07, K2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UO, I.P7S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K1:**

Ma świadomość odpowiedzialności pracy inżyniera budowlanego.

Weryfikacja:

Presence and activity during classes.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K01, K2\_K02, K2\_K03, K2\_K04, K2\_K05, K2\_K06, K2\_K07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KR, I.P7S\_KK, I.P7S\_KO