

**WYDZIAŁ BUDOWNICTWA LĄDOWEGO I WODNEGO****KARTA PRZEDMIOTU**

<b>Nazwa w języku polskim:</b>	<b>Budownictwo podziemne – tunele głębokie</b>
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	<b>Underground structures – deep tunnels</b>
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b>	<b><i>budownictwo</i></b>
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b>	<b>Budownictwo Podziemne i Inżynieria Miejska</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b><del>II</del> II stopień*, stacjonarna <del>/niestacjonarna*</del></b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy <del>/wybieralny/ogólnouczelniany*</del></b>
<b>Kod przedmiotu:</b>	<b>GHB002122</b>
<b>Grupa kursów:</b>	<b><del>TAK</del> NIE*</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	<b>30</b>		<b>30</b>	<b>30</b>	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	<b>60</b>		<b>60</b>	<b>60</b>	
Forma zaliczenia	Egzamin / <del>zaliczenie na ocenę*</del>	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin /</del> zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin /</del> zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	<b>1,2</b>		<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Ma wiedzę z zakresu statyki budowli oraz mechaniki górotworu.
2. Zna normy oraz algorytmy dotyczące wymiarowania konstrukcji żelbetowych.
3. Posiada znajomość systemu Windows oraz użytkowych pakietów biurowych.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Zapoznanie studentów z zasadami współpracy obudowy tunelowej z otaczającym górotworem.
- C2. Wykształcenie umiejętności projektowania żelbetowych obudów tunelowych oraz tunelowej obudowy betonowej ze zbrojeniem rozproszonym.
- C3. Wykształcenie umiejętności zaawansowanego, również komputerowo wspomaganego, projektowania komunikacyjnych tuneli głębokich.
- C4. Wykształcenie umiejętności samodzielnego modelowania, rozwiązywania oraz interpretacji i weryfikacji wyników obliczeń analitycznych oraz przy użyciu programów komputerowych.
- C5. Ugruntowanie umiejętności pracy nad powierzonym zadaniem oraz świadomości konieczności poszukiwania nowych rozwiązań teoretycznych i praktycznych w projektowaniu wspomaganym komputerowo.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA	
<b>Z zakresu wiedzy:</b>	
PEK_W01	Ma pogłębioną wiedzę z zakresu tematyki mechaniki górotworu, oraz projektowania i wykonawstwa głębokich tuneli komunikacyjnych
PEK_W02	Zna podstawy teoretyczne tworzenia i działania wybranych programów komputerowych wspomagających obliczanie i projektowanie złożonych konstrukcji podziemnych.
<b>Z zakresu umiejętności:</b>	
PEK_U01	Poprawnie definiuje modele obliczeniowe konstrukcji i ich elementów, służące do analitycznej i komputerowej analizy konstrukcji podziemnych
PEK_U02	Korzysta z wybranych programów komputerowych wspomagających modelowanie konstrukcji w geoinżynierii; poprawnie analizuje i przygotowuje dane do obliczeń; poprawnie interpretuje i potrafi krytycznie ocenić wyniki analizy numerycznej konstrukcji.
PEK_U03	Poprawnie modeluje i projektuje wybrane elementy złożonych obiektów budownictwa podziemnego.
PEK_U04	Potrafi korzystać z odpowiednich programów do komputerowego wspomagania projektowania złożonych obiektów budownictwa podziemnego.
<b>Z zakresu kompetencji społecznych:</b>	
PEK_K01	Potrafi pracować nad realizacją zadania samodzielnie (samodzielne rozwiązywanie zadań, przygotowanie sprawozdania, rozwiązanie ćwiczenia projektowego).
PEK_K02	Ma świadomość konieczności poszerzania wiedzy w zakresie współczesnych technik i programów do projektowania konstrukcji podziemnych.

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie. Omówienie specyfiki komunikacyjnych tuneli głębokich. Zaawansowane systemy wentylacji długich i głębokich tuneli komunikacyjnych.	2
Wy2	Systemowe rozwiązania profilu podłużnego tuneli głębokich i ich konsekwencje na odwodnienie i wentylację obiektu.	2
Wy3	Zaawansowane systemy izolacji przeciwwodnych tuneli głębokich: izolacje wtłaczane, izolacje na „ślepych” stropie, izolacje szczelin dylatacyjnych.	2
Wy4	Głębokość krytyczna. Oszacowanie wartości głębokości krytycznej dla wyrobiska wykonanego w górotworze spełniającym kryterium wytrzymałości: a.) Coulomba – Mohra oraz b.) Hoeka – Browna.	2
Wy5	Oddziaływanie deformacyjne górotworu na obudowę tunelową. Zagadnienie sprężysto-plastyczne wyrobiska kołowego na dużej głębokości – część I: deformacje sprężyste.	2
Wy6	Zagadnienie sprężysto-plastyczne wyrobiska kołowego na dużej głębokości – część II: plastyczne płynięcie.	2
Wy7	Oddziaływanie statyczne górotworu na obudowę tunelową. Inżynierskie metody oceny ciśnienia górotworu. Wpływ podatności obudowy na wartość obciążenia na nią działającego.	2
Wy8	Schematy statyczne układu: obudowa tunelowa – górotwór. Odpór górotworu.	2
Wy9	Zespolone i złożone konstrukcje obudów tunelowych. Obudowa betonowa ze zbrojeniem rozproszonym, stalowe łuki podatne, obudowa kotwowo – torkretowa, obudowa kotwowo – żelbetowa.	2
Wy10	Dobór parametrów projektowych obudowy kotwowej: rozstaw kotew, długość i nośność pojedynczej kotwi.	2

Wy11	Projektowanie betonowej obudowy tunelowej ze zbrojeniem rozproszonym oraz obudowy torkretowej.	2
Wy12	Parametryczna ocena jakości masywu skalnego. Wskaźniki: RQD, RMR, Q, GSI. Wstępny dobór obudowy tunelowej z wykorzystaniem wskaźników RMR, Q oraz GSI.	2
Wy13	Nowoczesne, numeryczne metody projektowania konstrukcji głębokich obudów tunelowych. Metoda Elementów Skończonych: całkowanie numeryczne związków sprężysto-plastyczności.	2
Wy14	Metoda Elementów Skończonych: łączenie elementów powłokowych z tarczowymi – elementy przejściowe (interfejsy).	2
Wy15	Uwzględnienie etapowości drążenia tunelu w procesie projektowania konstrukcji obudowy tunelowej. Nowa Austriacka Metoda Budowy Tuneli – dobór postępu drążenia.	2
<b>Suma godzin</b>		<b>30</b>

<b>Forma zajęć - ćwiczenia</b>		<b>Liczba godzin</b>
Ćw1		
...		
<b>Suma godzin</b>		

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Wprowadzenie: Przeszkolenie BHP. Omówienie tematyki przedmiotu oraz przedstawienie zasad zaliczania. Omówienie podstawowych funkcji oraz algorytmu obliczeniowego programu RocLAB. Określanie parametrów wytrzymałościowych masywu skalnego z wykorzystaniem programu RocLAB.	2
La2	Wyznaczenie parametrów kryterium Hoeka-Browna na podstawie wyników badań laboratoryjnych z wykorzystaniem dodatku Solver w programie EXCEL. Porównanie wyników z rezultatami otrzymanymi w programie RocLAB. Przygotowanie sprawozdania z La1 oraz La2.	2
La3	Omówienie podstawowych funkcji programu FlexPDE. Sformułowanie zagadnienia brzegowego liniowej teorii sprężystości w języku skryptowym programu FlexPDE. Rozwiązywanie prostych przykładów obliczeniowych.	2
La4	Wprowadzenie w tematykę numerycznej optymalizacji kształtu wyrobisk podziemnych ze względu na wyężenie obudowy. Rozwiązywanie przykładów w programie FlexPDE dotyczących elipsoidalnych kształtów wyrobisk podziemnych.	2
La5	Samodzielne rozwiązywanie zadań przez studentów w programie FlexPDE. Przygotowanie sprawozdanie z La3 i La4.	2
La6	Omówienie podstawowych funkcji programu FLAC. Rozwiązywanie prostych zagadnień brzegowych wyrobiska wykonanego w górotworze spełniającym kryterium wytrzymałości: a.) Coulomba – Mohra oraz b.) Hoeka – Browna.	2
La7	Krótkie omówienie podstawowych cech Nowej Austriackiej Metody Tunelowania (NATM). Wprowadzenie w zaawansowane elementy geometryczne programu FLAC - modelowanie obudów: torkretowej, torkretowo – kotwowej, żelbetowej.	2
La8	Wprowadzenie do numerycznego etapowania drążenia wyrobiska z wykorzystaniem programu FLAC. Analiza rozwoju stref plastycznych wokół wyrobiska. Odczytywanie wielkości przemieszczeń konturu wyrobiska. Określanie wartości sił wewnętrznych w elementach strukturalnych.	2
La9	Rozwiązywanie przykładów obliczeniowych dotyczących doboru postępu drążenia w NATM. Przykład górotworu o wysokiej wartości wskaźnika	2

	GSI.	
La10	Rozwiązywanie przykładów obliczeniowych dotyczących doboru postępu drążenia w NATM. Przykład górotworu naruszonego/spękanego o bardzo małej wartości wskaźnika GSI.	2
La11	Rozwiązywanie przykładów obliczeniowych dotyczących doboru postępu drążenia w NATM z uwzględnieniem naruszonej warstwy masywu skalnego o zdegradowanych parametrach wytrzymałościowych powstałej na skutek robót strzałowych.	2
La12	Samodzielne rozwiązywanie zagadnienia etapowania prac w NATM dla warunków skalnych jak w temacie ćwiczenia projektowego.	2
La13	Samodzielne rozwiązywanie zagadnienia etapowania prac w NATM dla warunków skalnych jak w temacie ćwiczenia projektowego.	2
La14	Samodzielne rozwiązywanie zagadnienia etapowania prac w NATM dla warunków skalnych jak w temacie ćwiczenia projektowego. Wykonanie sprawozdania z La 12, La13 oraz La14.	2
La15	Podsumowanie. Końcowa weryfikacja sprawozdań. Zaliczanie.	2
	<b>Suma godzin</b>	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - projekt</b>		<b>Liczba godzin</b>
Pr1	Przedstawienie zakresu projektu, warunków zaliczenia oraz dostępnej literatury. Wydanie indywidualnych tematów projektowych studentom. Omówienie zakresu ćwiczenia projektowego. Wprowadzenie do tematyki przedmiotu.	2
Pr2	Przedstawienie zasad sporządzania przekrojów poprzecznych i podłużnych głębokich tuneli komunikacji samochodowej. Stworzenie roboczych przekrojów poprzecznych tuneli samochodowych. Omówienie rozwiązań dotyczących zagadnienia izolacji tuneli komunikacyjnych. Indywidualna praca studentów nad projektami.	2
Pr3	Przedstawienie zasad sporządzania przekrojów poprzecznych i podłużnych głębokich tuneli komunikacji kolejowej. Stworzenie roboczych przekrojów poprzecznych tuneli kolejowych. Omówienie rozwiązań dotyczących zagadnienia wentylacji tuneli komunikacyjnych. Indywidualna praca studentów nad projektami.	2
Pr4	Krótką prezentacją możliwych technologii wykonania głębokich tuneli komunikacyjnych. Omówienie klasyfikacji masywów skalnych: RMR oraz GSI. Przykłady obliczeniowe dot. określania jakości masywu skalnego według w/w klasyfikacji. Określanie parametrów odkształceniowych masywu skalnego na podstawie wartości GSI. Indywidualna praca studentów nad projektami.	2
Pr5	Omówienie kryterium wytrzymałościowego Hoeka – Browna. Przedstawienie związków do określania parametrów w/w kryterium na podstawie wartości GSI oraz różnych wartości wskaźnika naruszenia struktury masywu skalnego D. Określanie głębokości krytycznej. Indywidualna praca studentów nad projektami.	2
Pr6	Zagadnienie sprężysto-plastyczne wyrobiska kołowego na dużej głębokości: deformacje sprężyste, deformacje sprężysto – plastyczne. Określanie intensywności obciążenia przekazywanego na obudowę przez górotwór w funkcji zasięgu strefy plastycznej.	2
Pr7	Określanie intensywności obciążenia przekazywanego na obudowę przez górotwór przy założeniu maksymalnego zasięgu strefy plastycznej. Indywidualna praca studentów nad projektami.	2
Pr8	Przedstawienie przez studentów graficznej części projektu oraz obliczeń dotyczących określania intensywności obciążenia działającego na obudowę	2

	tunelu. Dyskusja i wstępna ocena wykonanych prac.	
Pr9	Dobór schematu statycznego obudowa – górotwór. Określanie sztywności podpór sprężystych. Indywidualna praca studentów na projektami.	2
Pr10	Wymiarowanie żelbetowej konstrukcji tunelu. Wykonanie rysunku konstrukcyjnego obudowy stałej.	2
Pr11	Przedstawienie przez studentów wyników obliczeń statyczno – wytrzymałościowych. Dyskusja i wstępna ocena wykonanych prac.	2
Pr12	Omówienie zasad określania minimalnego wydatku strumienia powietrza ze względu na rozrzedzenie zawartości zanieczyszczeń stałych i gazowych: metoda Pulsforta, metoda Bendeliusa.	2
Pr13	Omówienie zagadnienia dot. bezpieczeństwa w tunelach komunikacyjnych. Elementy dodatkowego wyposażenie tuneli komunikacyjnych. Indywidualna praca studentów na projektami.	2
Pr14	Omówienie technologii etapowania prac. Wykonanie opisu technologii drążenia wyrobiska i wykonania obudowy tunelu. Indywidualna praca studentów na projektami.	2
Pr15	Prezentacja i oddanie gotowych projektów przez studentów. Zaliczanie.	2
	<b>Suma godzin</b>	<b>30</b>

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1		
...		
	<b>Suma godzin</b>	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	
N1.	Wykład: prezentacje multimedialne, prezentacja słowna, tablica.
N2.	Laboratorium: prezentacje multimedialne, rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem oprogramowania, dyskusja wyników obliczeń, tablica.
N3.	Projekt: rozwiązywanie przykładów obliczeniowych, prezentacje multimedialne, tablica, dyskusje nad przyjętymi rozwiązaniami projektowymi.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA		
Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1 (laboratorium)	PEK_U02, PEK_U04, PEK_K01, PEK_K02	sprawozdanie
F2 (laboratorium)	PEK_W02, PEK_U02, PEK_U04, PEK_K01, PEK_K02	sprawozdanie
F3 (laboratorium)	PEK_W02, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U04, PEK_K01, PEK_K02	sprawozdanie

P = 0,3xF1+0,3xF2+0,3xF3+0,1xOBECNOŚĆ (laboratorium)		
F1 (projekt)	PEK_W01, PEK_U01, PEK_U03	Ocena opracowanych przez studentów częstkowych rozwiązań projektowych
F2 (projekt)	PEK_W01, PEK_U01, PEK_K01, PEK_K02	Prezentacja i odbiór projektu
P = 0,5xF1+0,4xF2+0,1xOBECNOŚĆ (projekt)		
F1 (wykład)	PEK_W01, PEK_W02, PEK_U01, PEK_U03	Egzamin
P = 0,9xF1+0,1xOBECNOŚĆ (wykład)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA	
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b>	
[1] Gałczyński S., „Podstawy budownictwa podziemnego”, skrypt PWr.	
[2] Bieniawski Z. T.: „Engineering Rock Mass Classifications”, Wiley, 1989.	
[3] Nawrat S., Napieraj S., “Wentylacja i bezpieczeństwo w tunelach komunikacyjnych”, Kraków, 2005.	
[4] Podręcznik użytkownika programu FlexPDE	
[5] Podręcznik użytkownika programu Flac	
[6] Podręcznik użytkownika programu RocLAB	
<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>	
[1] Kincaid D., Cheney W., Analiza Numeryczna, przekł. pod red. Stefana Paszkowskiego, Wyd. Naukowo Techniczne, Warszawa, 2006.	

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ZAKŁAD, ADRES E-MAIL)
dr. hab. inż. Dariusz Łydźba, prof. PWr; Katedra Geotechniki, Hydrotechniki, Budownictwa Podziemnego i Wodnego, Dariusz.Lydzba@pwr.edu.pl
CZŁONKOWIE ZESPOŁU DYDAKTYCZNEGO (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
Katedra Geotechniki, Hydrotechniki, Budownictwa Podziemnego i Wodnego dr inż. Irena Bagińska, Irena.Baginska@pwr.edu.pl dr inż. Andrzej Batog, Andrzej.Batog@pwr.edu.pl dr inż. Janusz Kaczmarek, Janusz.Kaczmarek@pwr.edu.pl dr inż. Marek Kawa, Marek.Kawa@pwr.edu.pl dr Joanna Stróżyk, Joanna.Strozyk@pwr.edu.pl dr inż. Adrian Różański, Adrian.Rozanski@pwr.edu.pl mgr inż. Matylda Tankiewicz, Matylda.Tankiewicz@pwr.edu.pl mgr inż. Maciej Sobótka, Maciej.Sobotka@pwr.edu.pl mgr inż. Damian Stefaniuk, Damian.Stefaniuk@pwr.edu.pl mgr inż. Magdalena Rajczakowska, Magdalena.Rajczakowska@pwr.edu.pl

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU**  
**Budownictwo podziemne – tunele głębokie**  
**Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU *budownictwo***  
**I SPECJALNOŚCI Budownictwo Podziemne i Inżynieria Miejska**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**	Cele przedmiotu***	Treści programowe***	Numer narzędzia dydaktycznego***
<b>Wiedza</b>				
<b>PEK_W01</b>	K2S_BPI_W17, K2S_BPI_W18, K2S_BPI_W21	C1, C2, C3	Wy1 do Wy15	N1
<b>PEK_W02</b>	K2_W05, K2_W09	C1, C2, C3	Wy13 do Wy15	N1
<b>Umiejętności</b>				
<b>PEK_U01</b>	K2_U07, K2_W09, K2_U09, K2S_BPI_U19	C1, C2, C3	La3 do La6, La12 do La14, Pr6, Pr7	N2, N3
<b>PEK_U02</b>	K2_U08, K2_U09	C2, C3, C4, C5	La1 do La14	N2
<b>PEK_U03</b>	K2_U07, K2_W09, K2S_BPI_U19, K2S_BPI_U20	C1, C2, C3	La3 do La6, La12 do La14, Pr4, Pr5, Pr7, Pr9, Pr13, Pr14	N2, N3
<b>PEK_U04</b>	K2_U08	C3, C4	La1 do La14	N2
<b>Kompetencje społeczne</b>				
<b>PEK_K01</b>	K2_K03	C4, C5	La2, La5, La9 do La14, Pr2 do Pr5, Pr7, Pr9, Pr14	N2, N3
<b>PEK_K02</b>	K2_K01	C4, C5	Wy1, Wy3, Wy9, Wy13, La1, La3, La6	N1, N2

\*\* - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

\*\*\* - z tabeli powyżej