

**WYDZIAŁ BUDOWNICTWA LĄDOWEGO I WODNEGO**

**KARTA PRZEDMIOTU**

<b>Nazwa w języku polskim:</b>	<b>Modelowanie przepływu wód podziemnych</b>
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	<b><i>Modelling of groundwater flow</i></b>
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b>	<b><i>budownictwo</i></b>
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b>	<b>Budownictwo Hydrotechniczne i Specjalne</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>I/ II stopień*, stacjonarna / <del>niestacjonarna*</del></b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b><del>obowiązkowy</del> / wybieralny / <del>ogólnouczelniany*</del></b>
<b>Kod przedmiotu:</b>	<b>GHB000721</b>
<b>Grupa kursów:</b>	<b>TAK / NIE*</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	<b>15</b>		<b>15</b>		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	<b>30</b>		<b>30</b>		
Forma zaliczenia	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	<b>1</b>				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			<b>1</b>		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	<b>0.7</b>		<b>0.7</b>		

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Znajomość matematyki w zakresie równań różniczkowych cząstkowych, przekształcenia Laplace'a oraz liczb zespolonych.
2. Zaliczony kurs Hydrauliki i Hydrologii na I stopniu studiów.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Zapoznanie studentów z modelowaniem przepływu płynów przez nieodkształcalne i odkształcalne ośrodki porowate w oparciu o teorię ośrodków dwufazowych.
- C2. Zrozumienie zachowania się ośrodków dwufazowych w warunkach procesów izotermicznych i adiabatycznych w oparciu o prawa termodynamiki procesów nieodwracalnych.

C3. Zapoznanie studentów z rozwiązaniami problemów technicznych w geoinżynierii metodami numerycznymi.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

#### Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 Zna i rozumie istotę przepływu filtracyjnego przez ośrodek porowaty w oparciu o teorię przepływu laminarnego wody przez przewody pod ciśnieniem - zagadnienie Poisseille'a.

PEK\_W02 Zapozna się z rozwiązaniami w postaci zamkniętej zagadnień filtracji.

PEK\_W03 Zapozna się z metodami rozwiązań przestrzennych zagadnień odwadniania stałego lub tymczasowego budowli w oparciu o metodę MES.

PEK\_W04 Zapozna się z budową modelu ośrodka dwufazowego w warunkach procesów izotermicznych.

PEK\_W05 Zna i rozumie sposoby obliczeń konsolidacji ośrodka dwufazowego i potrafi prawidłowo interpretować uzyskane wyniki obliczeń w odniesieniu do konkretnych zagadnień geotechnicznych.

#### Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 Potrafi samodzielnie wykonywać obliczenia przepływu filtracyjnego w przypadku płaskich i trójwymiarowych zagadnień.

PEK\_U02 Potrafi sformułować prawidłowo problem konsolidacji ośrodka dwufazowego i dokonać obliczeń stanu naprężeń i odkształceń tego ośrodka.

#### Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 Potrafi pracować samodzielnie nad realizacją zadania lub w zespole przy wykonywaniu programów numerycznych.

PEK\_K02 Ma świadomość konieczności poszerzania wiedzy w zakresie współczesnych technik w mechanice ośrodków wielofazowych w budownictwie wodnym i lądowym.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Model matematyczny przepływu filtracyjnego. Równanie ciągłości przepływu filtracyjnego. Równanie konstytutywne dla cieczy ściśliwej. Równanie zachowania pędu. Model matematyczny dla procesów ustalonych i nieustalonych przepływu. Rodzaje warunków granicznych.	2
Wy2	Uproszczony model matematyczny Bousinessqua i model Dupuit. Przykłady rozwiązań zadań dwuwymiarowych w oparciu o aproksymację Dupuit. Przykłady rozwiązań zadań trójwymiarowych w oparciu o aproksymację Bousinessqua z wykorzystaniem całkowego przekształcenia Laplace'a.	2
Wy3	Rozwiązywanie płaskich zagadnień brzegowych równań hydrodynamiki wód podziemnych metodami analitycznymi. Rozwiązania zagadnień brzegowych ze zwierciadłem swobodnym. Zagadnienia przepływu pod ciśnieniem. Metoda przekształceń konforemnych.	2
Wy4	Metody numeryczne rozwiązań płaskich i przestrzennych zagadnień przepływu filtracyjnego. Metoda różnic skończonych (program ModFlow) oraz metoda elementów skończonych (program FlexPDE) z wykorzystaniem narzędzi GIS.	2
Wy5	Model matematyczny przepływu cieczy ściśliwej przez ośrodek sprężysty. Równania ciągłości dla fazy stałej i płynnej ośrodka dwufazowego. Równania konstytutywne ośrodka dwufazowego dla procesów izotermicznych w oparciu o termodynamikę procesów nieodwracalnych. Równania zachowania pędu dla obu faz ośrodka.	2
Wy6	Metody rozwiązań układu równań ciała Biota-Darcy'ego. Rozwiązania analityczne z wykorzystaniem przekształcenia Laplace'a i Fouriera. Zastosowanie metod elementów skończonych. Porównywanie rozwiązań numerycznych konsolidacji i filtracji.	2

Wy7	Zastosowanie rozwiązań numerycznych w praktyce inżynierskiej. Sposób formułowania zagadnień obliczeniowych. Przykłady obliczeń w budownictwie lądowym i wodnym.	2
Wy8	Kolokwium zaliczeniowe.	1
	<b>Suma godzin</b>	<b>15</b>

<b>Forma zajęć - ćwiczenia</b>		<b>Liczba godzin</b>
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
	<b>Suma godzin</b>	

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Budowa numerycznego modelu geologicznego z wykorzystaniem oprogramowania MicroStation i InRoads. Samodzielne wykonanie map 3D w oparciu o dostarczone rastry i profile geologiczne.	2
La2	Utworzenie numerycznego modelu terenu oraz numerycznych modeli spągów poszczególnych warstw geologicznych. Stworzenie przestrzennego modelu geologicznego. Wykonanie przekroi poprzecznych wzdłuż dowolnie obranych linii przekrojowych. Utworzenie plików transferowych danych geometrycznych do programu FlexPDE w oparciu o program Fortran F99.	2
La3	Utworzenie skryptu do obliczeń filtracji w oparciu o model Bousinessqua dla przepływu ustalonego i nieustalonego w pojedynczej warstwie wodonośnej z uwzględnieniem numerycznego modelu geologicznego. Wizualizacja zwierciadła wód podziemnych w narzędziach GIS.	2
La4	Odbiór wykonanej pracy przez studentów w zakresie przestrzennego modelu geologicznego i obliczeń przepływu filtracyjnego. Dyskusja wyników samodzielnej pracy studentów.	2
La5	Utworzenie skryptu do obliczeń filtracji w oparciu o model hydrauliczny przepływu filtracyjnego. Transfer danych geometrycznych przestrzennego modelu geologicznego do programu FlexPDE. Opracowanie warunków brzegowych. Wizualizacja rezultatów obliczeń w narzędziach CAD.	2
La6	Odbiór wykonanej pracy przez studentów i dyskusja uzyskanych rezultatów. Utworzenie skryptu do obliczeń konsolidacji metodą MES. Dyskusja przyjmowanych warunków granicznych.	2
La7	Odbiór pracy w zakresie konsolidacji. Dyskusja uzyskanych wyników obliczeń.	2
La8	Kolokwium zaliczeniowe.	1
	<b>Suma godzin</b>	<b>15</b>

<b>Forma zajęć - projekt</b>		<b>Liczba godzin</b>
Pr1		
Pr2		
Pr3		
Pr4		
Pr5		

...		
	<b>Suma godzin</b>	

<b>Forma zajęć - seminarium</b>		<b>Liczba godzin</b>
Se1		
Se2		
Se3		
Se4		
Se5		
...		
	<b>Suma godzin</b>	

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>	
N1.	Laptop i program Power Point do multimedialnej prezentacji wykładów
N2.	Laboratorium komputerowe wyposażone w wersje edukacyjne oprogramowania MicroStation, InRoads, FlexPDE, Fortran F99

<b>OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA</b>		
<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1 (laboratorium)	Wy1, Wy2, La1, La2, La3	Wykonanie przez studenta numerycznego przestrzennego modelu geologicznego oraz wykonanie skryptu do obliczeń MES przepływu filtracji w oparciu o model Bousinessqua. Sprawdzenie przez prowadzącego wiedzy i umiejętności studenta.
F2 (laboratorium)	Wy3, Wy4, La4, La5	Wykonanie przez studenta skryptów w programie FlexPDE do obliczeń w płaskim i przestrzenny modelu numerycznym filtracji w oparciu o model hydromechaniczny przepływu. Sprawdzenie przez prowadzącego wiedzy i umiejętności studenta.
F3 (laboratorium)	Wy5, Wy6, La6, La7	Wykonanie przez studenta skryptu w programie FlexPDE do obliczeń konsolidacji gruntu w oparciu o model Darcy-Biota. Sprawdzenie przez prowadzącego wiedzy i umiejętności studenta.
F4(wykład)	Wy1, Wy2, Wy3, Wy4, Wy5, Wy6, Wy7	Kolokwium zaliczeniowe
P = (F1+F2+F3+F4)/4		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b> [1] T. Strzelecki (red.), S. Kostecki, S. Żak, Modelowanie przepływów przez ośrodki porowate, DWE, 2008 [2] O.C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, Third Ed. Mc-Graw Hill Book Comp., London, 1978 [3] W. Nowacki, Teoria Sprężystości, PWN, Warszawa, 1971 [4] I. Kisiel (red.), W. Derski, R. Izbicki, Z. Mróz, Mechanika skał i gruntów, PWN, Warszawa, 1982  <b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b> [1] B. Wosiewicz, Z. Sroka, Komputerowe obliczenia filtracji dla budownictwa wodno-melioracyjnego, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1990 [2] K. Burzyński, J. Granatowicz, T. Piwecki, R. Szymkiewicz, Metody numeryczne w hydrotechnice, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 1991 [3] J. Sawicki, Przepływy ze swobodną powierzchnią, PWN, Warszawa, 1998 [4] Instrukcja programu FLEX PDE v.6 : FlexPDE Reference, <a href="http://www.pdesolutions.com">http://www.pdesolutions.com</a> , 2012 [5] Instrukcja programu MicroStation i InRoads: Bentley Systems, SELECT Server: <a href="http://selectserver.bentley.com">selectserver.bentley.com</a>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ZAKŁAD, ADRES E-MAIL)</b>
<b>Tomasz Strzelecki, Zakład Budownictwa Wodnego i Geodezji, <a href="mailto:tomasz.strzelecki@pwr.wroc.pl">tomasz.strzelecki@pwr.wroc.pl</a></b>
<b>CZŁONKOWIE ZESPOŁU DYDAKTYCZNEGO (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
<b>Eugeniusz Sawicki, Zakład Budownictwa Wodnego i Geodezji, <a href="mailto:eugeniusz.sawicki@pwr.wroc.pl">eugeniusz.sawicki@pwr.wroc.pl</a></b>

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU**  
**Modelowanie przepływu wód podziemnych**  
**Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU *BUDOWNICTWO***  
**I SPECJALNOŚCI *Geotechnika i Hydrotechnika***

\

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**</b>	<b>Cele przedmiotu***</b>	<b>Treści programowe***</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego***</b>
<b>Wiedza</b>				
<b>PEK_W01</b>	K_W01, KW_13, KS_BHS_17, K_K01, K_K02	C1, C2	Wy1, Wy2, La3, La5	N1, N2
<b>PEK_W02</b>	K_W01, KS_BHS_17, K_K01, K_K02	C1	Wy2, Wy3	N1
<b>PEK_W03</b>	K_W01, K_W03, K_W05, K_W13, KS_BHS_W16, KS_BHS_W17, KS_BHS_W19, K_K01, K_K02	C1, C3	Wy4, La1, La2, La3, La4, La5	N1, N2
<b>PEK_W04</b>	K_W01, KW_13, KS_BHS_W17, KS_BHS_W19, K_K01, K_K02	C2, C3	Wy5, Wy6, La6, La7	N1, N2
<b>PEK_W05</b>	K_W01, KW_13, KS_BHS_W17, KS_BHS_W19 K_K01, K_K02	C3	Wy7, La7	N1
<b>Umiejętności</b>				
<b>PEK_U01</b>	K_U01, KU_03, K_U07, K_U08, K_U09, K_U12, KS_BHS_U20, KS_BHS_U21, K_K01, K_K02	C1	Wy1, Wy2, Wy3, Wy4, La3, La4, La5	N1, N2
<b>PEK_U02</b>	K_U01, K_U03, K_U08, KS_BHS_U19, Ks_BHS_U21, K_K01, K_K02	C1, C3		
<b>Kompetencje</b>				
<b>PEK_K01</b>	K_K01, K_K02, K_K03, K_K06	C3	La1, La2, La3, La4, La5, La6	N2
<b>PEK_K02</b>	K_K01, K_K06	C3	Wy1, Wy2, Wy5, Wy6, Wy7	N2

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

\*\*\* - z tabeli powyżej