

1.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim Modelowanie przepływów wód podziemnych
2.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku angielskim Groundwater Modelling
3.	Jednostka prowadząca przedmiot WNZKŚ, Instytut Nauk Geologicznych, Zakład Hydrogeologii Stosowanej
4.	Kod przedmiotu/modułu USOS
5.	Rodzaj przedmiotu/modułu Obligatoryjny w obrębie fakultatywnego modułu
6.	Kierunek studiów Geologia
7.	Poziom studiów II stopień
8.	Rok studiów I lub II rok
9.	Semestr zimowy lub letni
10.	Forma zajęć i liczba godzin wykłady: 22 godz. ćwiczenia prowadzone w laboratorium: 36 godz.
11.	Imię, nazwisko, tytuł/stopień naukowy osoby prowadzącej zajęcia wykładowca: dr hab. Piotr Jacek Gurwin, prof. UWr koordynator: dr hab. Piotr Jacek Gurwin, prof. UWr prowadzący ćwiczenia: dr hab. Piotr Jacek Gurwin, prof. UWr
12.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu oraz zrealizowanych przedmiotów Wiedza i umiejętności z zakresu przedmiotów hydrogeologia i dynamika wód podziemnych
13.	Cele przedmiotu Zajęcia stanowią specjalistyczne kształcenie umożliwiające praktyczne zastosowanie numerycznych modeli w praktyce hydrogeologicznej. Wykłady mają na celu zrozumienie teoretycznych podstaw dla rozwiązań numerycznych, przyswojenie nowych pojęć z zakresu filtracji wód podziemnych oraz wiedzy o danych i ich przetwarzaniu na potrzeby badań modelowych. Ćwiczenia realizowane są w całości w pracowni komputerowej - celem jest zapoznanie z programami do modelowania filtracji i

	praktyczna realizacja nieskomplikowanych modeli dla różnych układów hydrodynamicznych.	
14.	<p>Zakładane efekty kształcenia</p> <p>(W_1) Ma pogłębioną wiedzę nt. zjawisk i procesów zachodzących w wodach podziemnych. Potrafi dostrzegać istniejące związki i zależności w systemie wodonośnym. Ma wiedzę z zakresu nauk ścisłych powiązanych z mechaniką cieczy i hydrauliką.</p> <p>(W_2) Potrafi krytycznie analizować i dokonywać wyboru hydrogeologicznych danych wejściowych do modelu.</p> <p>(W_3) Konsekwentnie stosuje zasadę ścisłego, opartego na danych empirycznych interpretowania zjawisk i procesów zachodzących przy przepływie wód podziemnych.</p> <p>(W_4) Ma wiedzę w zakresie statystyki (geostatystyki) umożliwiającą prognozowanie (modelowanie) zjawisk i procesów związanych z filtracją wód podziemnych.</p> <p>(W_5) Ma pogłębioną znajomość anglojęzycznej terminologii w zakresie hydrogeologii i geoinformacji.</p> <p>(U_1) Potrafi zastosować zaawansowane techniki i narzędzia badawcze w zakresie modelowania filtracji. Wykorzystuje literaturę naukową z zakresu modelowania.</p> <p>(U_2) Potrafi wykorzystać metody statystyczne oraz specjalistyczne techniki i narzędzia informatyczne do opisu zjawisk i analizy danych hydrogeologicznych</p> <p>(K_1) Rozumie potrzebę ciągłego uczenia się i podnoszenia kompetencji zawodowych. Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania.</p>	<p>Symbole kierunkowych efektów kształcenia</p> <p>K2_W01, K2_W02</p> <p>K2_W03</p> <p>K2_W04</p> <p>K2_W05</p> <p>K2_W09</p> <p>K2_U01, K2_U02</p> <p>K2_U05</p> <p>K2_K01, K2_K03</p>
15.	<p>Treści programowe</p> <p>Wykłady:</p> <p>Modelowanie jako podstawowa metoda badawcza współczesnej hydrogeologii. Definicje i pojęcia podstawowe. Model hydrogeologiczny, model konceptualny a model numeryczny. Zarys historii modelowania, w tym metoda analogii elektrohydrodynamicznej (AEHD) i zasada działania integratorów siatkowych AP.</p> <p>Teoretyczne podstawy obliczeń numerycznych modeli filtracji. Cele symulacji modelowej. Rozwiązanie dla warunków ustalonych i nieustalonych. Stosowane w modelowaniu metody rozwiązań (różnica między MRS i MES).</p>	

Rozwiązanie równań matematycznych opisujących filtrację. Metody iteracyjne.

Odwzorowanie systemu wodonośnego na modelu. System wodonośny i typy układów hydrostrukturalnych odwzorowanych na modelu. Powierzchnie brzegowe. Krążenie i pionowa wymiana wody w obrębie systemu wodonośnego.

Definiowanie warunków brzegowych. Schemat postępowania przy realizacji modelu. Dyskretyzacja i rodzaje siatek dyskretyzacyjnych. Warunki brzegowe i warunki początkowe modelu.

Problematyka przygotowania danych wejściowych do modelu. Dane wejściowe; bazy danych i mapy numeryczne. Zastosowanie technik GIS. Problem skali modelu. Specyfika budowy modeli regionalnych systemów wodonośnych.

Problem schematyzacji warunków hydrogeologicznych. Modelowanie geostatystyczne. Model deterministyczny i model stochastyczny. Schematyzacja warunków hydrogeologicznych i odwzorowanie układu hydrostrukturalnego na modelu.

Metody rozwiązań numerycznych. Modele płaskie i przestrzenne 3-D. Zasada działania i zastosowanie wiodących programów modelujących w metodzie MRS i MES. Budowa modeli wielowarstwowych. Symulacja oddziaływań z wodami powierzchniowymi.

Analiza jakości modelu. Kalibracja i weryfikacja modelu. Rozwiązanie zadań odwrotnych. Rodzaje występujących błędów.

Wyniki badań modelowych. Analiza wyników modelu. Bilans wodny i obliczenia zasobów wód podziemnych na modelu. Analiza linii prądu, obszaru spływu wód do ujęcia i stref ochronnych na modelu.

MODFLOW. Program MODFLOW i pakiety współpracujące. Schemat postępowania i prawidłowa dokumentacja modelu.

Odwzorowanie migracji zanieczyszczeń na modelu. Modelowanie migracji zanieczyszczeń. Zastosowania programu MT3D. Problematyka przepływu wielofazowego w ośrodku porowatym. Przykłady zastosowań. Prezentacja wyników i rola internetu.

Ćwiczenia prowadzone w laboratorium:

Podstawy budowy modelu. Problem schematyzacji, przygotowanie danych dla wykonania modelu koncepcyjnego. Zasady wprowadzania różnych typów warunków brzegowych.

Tworzenie numerycznego modelu filtracji. Zastosowanie programów opartych na MRS (ASM i ASMwin) w modelowaniu filtracji wód podziemnych. Zadania dla warunków ustalonych i nieustalonych.

Model 1-warstwowy. Budowa modelu płaskiego w planie (2-D). Możliwości wykorzystania otwartych programów do modelowania.

Modelowanie w rejonie ujęcia wód podziemnych. Wyznaczanie linii prądu w strumieniu filtracji. Określenie obszaru spływu wód do ujęcia (OSW). Model numeryczny jako narzędzie w wyznaczaniu stref ochronnych ujęć.

Wykorzystanie metod geostatystycznych i GIS. Przygotowanie danych i wykorzystanie metod geostatystycznych i GIS w modelowaniu procesów hydrogeologicznych

Modele wielowarstwowe. Budowa modeli wielowarstwowych i

	<p>trójwymiarowych (3-D) – zastosowania programu MODFLOW, poznanie interfejsów użytkownika, zadawanie warunków brzegowych i pionowych oddziaływań na modelu wielowarstwowym</p> <p>Model filtracji dla warunków nieustalonych. Wprowadzanie kroków czasowych i analiza zmiennoczasowych wyników symulacji.</p> <p>Migracja zanieczyszczeń. Modelowanie migracji zanieczyszczeń przy użyciu wybranego programu (ASMwin, MT3D)</p> <p>Podsumowanie. Rola internetu i wykorzystanie baz danych w badaniach modelowych. Omówienie wykonanych projektów.</p>
16.	<p>Zalecana literatura (podręczniki)</p> <p>Literatura podstawowa:</p> <p>Anderson M., Woessner W., 1992: Applied Groundwater Modeling, Academic Press, Inc., London.</p> <p>Bear J., Verruijt A., 1994: Modeling Groundwater Flow and Pollution. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht.</p> <p>Dąbrowski S., Kapuściński J., Nowicki K., Przybyłek J., Szczepański A., 2011: Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Warszawa.</p> <p>Kulma R., Zdechlik R., 2009: Modelowanie procesów filtracji. Wyd. AGH, Kraków.</p> <p>Macioszczyk T., Szestakow W.M., 1983: Dynamika wód podziemnych – metody obliczeń. Wyd. Geol. Warszawa.</p> <p>Szymanko J., 1980: Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geol., Warszawa.</p> <p>Wang H.F., Anderson M.P., 1982: Introduction to Groundwater Modeling. W.H. Freeman and Co., San Francisco.</p> <p>Literatura uzupełniająca:</p> <p>Fetter C.W., 1994: Applied hydrogeology. MCPC, New York.</p> <p>Gurwin J., 2010: Ocena odnawialności struktur wodonośnych bloku przedsudeckiego. Integracja danych monitoringowych i GIS/RS z numerycznymi modelami filtracji . HYDROGEOLOGIA Acta Univ. Wratisl. No 3258, Wyd. U.Wr., Wrocław</p> <p>Gurwin J., Szczepiński J., Wąsik M., 1994: Opis programu MODFLOW wykorzystanego w regionalnych badaniach hydrogeologicznych. Mat. I Symp. Nauk.-Techn. 'Bilansowanie zasobów wodnych w dorzeczu Odry'. Zesz. Nauk. Wr.A.R. nr 248, Wrocław</p> <p>Kresic Neven, 2006: Hydrogeology & groundwater modeling (2nd Ed.)</p> <p>Modelowanie przepływu wód podziemnych – wydania MPWP 1 (2004), MPWP 2 (2006), MPWP 3 (2008), MPWP 4 (2010), MPWP 5 (2012), MPWP (2014), MPWP (2016), MPWP (2018)</p> <p>Pinder John, 2002: Groundwater Modeling, John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-471-08498-3</p> <p>USGS: Techniques of Water-Resources Investigations Reports (TWRI), USGS Publications.</p>

17.	<p>Forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu, sposób sprawdzenia osiągnięcia zamierzonych efektów kształcenia:</p> <p>Wykłady:</p> <p>Egzamin pisemny (w formie pytań i zagadnień do rozwiązania) - po zaliczeniu ćwiczeń. Wynik pozytywny - uzyskanie co najmniej 55% punktów.</p> <p>Ćwiczenia prowadzone w laboratorium:</p> <p>Ocena na podstawie 4 kompletnych opracowań z wykonanych numerycznych modeli filtracji.</p> <p>Elementy i wagi mające wpływ na ocenę końcową: egzamin 50 %, ćwiczenia 50%.</p>											
18.	<p>Język wykładowy</p> <p>polski</p>											
19.	<p>Obciążenie pracą studenta:</p> <table border="1" data-bbox="316 757 1361 1440"> <thead> <tr> <th data-bbox="316 757 1034 869">Forma aktywności studenta</th> <th data-bbox="1034 757 1361 869">Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="316 869 1034 1055"> <p>Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykład: 22 - ćwiczenia prowadzone w laboratorium: 36 </td> <td data-bbox="1034 869 1361 1055" style="text-align: center;">58</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1055 1034 1346"> <p>Praca własna studenta np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przygotowanie do zajęć: 5 - opracowanie wyników: 15 - czytanie wskazanej literatury: 7 - napisanie raportu z zajęć: 15 - przygotowanie do egzaminu: 15 </td> <td data-bbox="1034 1055 1361 1346" style="text-align: center;">57</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1346 1034 1391">Suma godzin</td> <td data-bbox="1034 1346 1361 1391" style="text-align: center;">115</td> </tr> <tr> <td data-bbox="316 1391 1034 1440">Liczba punktów ECTS</td> <td data-bbox="1034 1391 1361 1440" style="text-align: center;">5 ECTS</td> </tr> </tbody> </table>		Forma aktywności studenta	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności	<p>Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykład: 22 - ćwiczenia prowadzone w laboratorium: 36 	58	<p>Praca własna studenta np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przygotowanie do zajęć: 5 - opracowanie wyników: 15 - czytanie wskazanej literatury: 7 - napisanie raportu z zajęć: 15 - przygotowanie do egzaminu: 15 	57	Suma godzin	115	Liczba punktów ECTS	5 ECTS
Forma aktywności studenta	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności											
<p>Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykład: 22 - ćwiczenia prowadzone w laboratorium: 36 	58											
<p>Praca własna studenta np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przygotowanie do zajęć: 5 - opracowanie wyników: 15 - czytanie wskazanej literatury: 7 - napisanie raportu z zajęć: 15 - przygotowanie do egzaminu: 15 	57											
Suma godzin	115											
Liczba punktów ECTS	5 ECTS											