**Załącznik Nr 5**

**do ZARZĄDZENIA Nr 21/2019**

**SYLABUS PRZEDMIOTU/MODUŁU ZAJĘĆ NA STUDIACH WYŻSZYCH/DOKTORANCKICH**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim oraz angielskim  Modelowanie przepływów wód podziemnych | | |
|  | Dyscyplina  Nauki o Ziemi i środowisku | | |
|  | Język wykładowy  Język polski | | |
|  | Jednostka prowadząca przedmiot  WNZKS, Instytut Nauk Geologicznych, Zakład Hydrogeologii Stosowanej | | |
|  | Kod przedmiotu/modułu  USOS | | |
|  | Rodzaj przedmiotu/modułu *(obowiązkowy lub do wyboru)*  obowiązkowy w ramach fakultatywnego modułu | | |
|  | Kierunek studiów (specjalność/specjalizacja)  Geologia | | |
|  | Poziom studiów *(I stopień, II stopień, jednolite studia magisterskie, studia doktoranckie)*  II stopień | | |
|  | Rok studiów *(jeśli obowiązuje*)  I | | |
|  | Semestr *(zimowy lub letni)*  Zimowy lub letni | | |
|  | Forma zajęć i liczba godzin  Wykład: 22  Ćwiczenia laboratoryjne: 36  Metody uczenia się  Wykład multimedialny, prezentacja, dyskusja, ćwiczenia praktyczne, wykonywanie zadań samodzielnie, wykonanie raportów, wykonywanie zadań na komputerach | | |
|  | Imię, nazwisko, tytuł/stopień naukowy osoby prowadzącej zajęcia  Koordynator: dr hab. Piotr Jacek Gurwin, prof. UWr  Wykładowca: dr hab. Piotr Jacek Gurwin, prof. UWr  Prowadzący ćwiczenia: dr hab. Piotr Jacek Gurwin, prof. UWr | | |
|  | Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu  Wiedza i umiejętności z zakresu przedmiotów hydrogeologia i dynamika wód podziemnych | | |
|  | 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 mniej i bardziej skomplikowanych modeli dla różnych układów hydrodynamicznych. | | |
|  | Treści programowe  Wykłady:  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.  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). 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 wiolowarstwowych. 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.  Parametry migracji zanieczyszczeń na modelu. Modelowanie migracji zanieczyszczeń. Zastosowania programu MT3D. Przykłady zastosowań. Prezentacja wyników i rola internetu.  Ćwiczenia laboratoryjne:  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 (ASMwin i PM) w modelowaniu filtracji wód podziemnych. Zadania dla warunków ustalonych.  Budowa modelu płaskiego w planie (2-D) z symulacją wpływu elementów powodujących zmiany strumienia. 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 trójwymiarowych (3-D) – zastosowania programu MODFLOW, poznanie interfejsów użytkownika, zadawanie warunków brzegowych i pionowych oddziaływań na modelu wielowarstwowym. Odwzorowanie wpływu rzeki.  Model filtracji dla warunków nieustalonych. Wprowadzanie kroków czasowych i analiza zmiennoczasowych wyników symulacji.  Migracja zanieczyszczeń. Omówienie przykładu modelowania migracji zanieczyszczeń przy użyciu wybranego programu (MT3D).  Podsumowanie. Rola internetu i wykorzystanie baz danych w badaniach modelowych. Omówienie wykonanych projektów. | | |
|  | Zakładane efekty uczenia się  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.  W\_2 Potrafi krytycznie analizować i dokonywać wyboru hydrogeologicznych danych wejściowych do modelu.  W\_3 Konsekwentnie stosuje zasadę ścisłego, opartego na danych empirycznych interpretowania zjawisk i procesów zachodzących przy przepływie wód podziemnych.  W\_4 Ma wiedzę w zakresie statystyki (geostatystyki) umożliwiającą prognozowanie (modelowanie) zjawisk i procesów związanych z filtracją wód podziemnych.  W\_5 Ma pogłębioną znajomość anglojęzycznej terminologii w zakresie hydrogeologii i geoinformacji.  U\_1 Potrafi zastosować zaawansowane techniki i narzędzia badawcze w zakresie modelowania filtracji. Wykorzystuje literaturę naukową z zakresu modelowania.  U\_2 Potrafi wykorzystać metody statystyczne oraz specjalistyczne techniki i narzędzia informatyczne do opisu zjawisk i analizy danych hydrogeologicznych  K\_1 Rozumie potrzebę ciągłego uczenia się i podnoszenia kompetencji zawodowych. Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania. | Symbole odpowiednich kierunkowych efektów uczenia się, *np.: K\_W01\**, *K\_U05,K\_K03*  K2\_W01, K2\_W02  K2\_W03  K2\_W04  K2\_W05  K2\_W09  K2\_U01, K2\_U02  K2\_U05  K2\_K01, K2\_K03 | |
|  | Literatura obowiązkowa i zalecana *(źródła, opracowania, podręczniki, itp.)*  Literatura obowiązkowa:  Anderson M., Woessner W., 1992: Applied Groundwater Modeling, Academic Press, Inc., London.  Dąbrowski S., Kapuściński J., Nowicki K., Przybyłek J., Szczepański A., 2011: Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych.Warszawa.  Kulma R., Zdechlik R., 2009: Modelowanie procesów filtracji. Wyd. AGH, Kraków.  Macioszczyk T., Szestakow W.M., 1983: Dynamika wód podziemnych – metody obliczeń. Wyd. Geol. Warszawa.  Processing Modflow - An Integrated Modeling Environment for the Simulation of Groundwater Flow, Transport and Reactive Processes. Simcore Software 2012.  Szymanko J., 1980: Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geol., Warszawa.  Wang H.F., Anderson M.P., 1982: Introduction to Groundwater Modeling. W.H. Freeman and Co., San Francisco.  Literatura zalecana:  Bear J., Verruijt A., 1994: Modeling Groundwater Flow and Pollution. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht.  Fetter C.W., 1994: Applied hydrogeology. MCPC, New York.  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  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  Kresic Neven, 2006: Hydrogeology & groundwater modeling (2nd Ed.)  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)  Pinder John, 2002: Groundwater Modeling, John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-471-08498-3  USGS: Techniques of Water-Resources Investigations Reports (TWRI), USGS Publications. | | |
|  | Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się:  - egzamin pisemny: K2\_W01, K2\_W02, K2\_W04, K2\_W05    - przygotowanie i zrealizowanie projektów (indywidualnych) związanych z zagadnieniami modelowania filtracji wód podziemnych w różnych warunkach hydrogeologicznych: K2\_W03, K2\_W09, K2\_U05, K2\_K01, K2\_K03 | | |
|  | Warunki i forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu:  - ciągła kontrola obecności i kontroli postępów w zakresie tematyki zajęć,   - przygotowanie i zrealizowanie projektów (indywidualnych, ewentualnie grupowego),  - napisanie raportu z zajęć,  - dyskusja otrzymanych wyników projektów,  - egzamin (pisemny).  Warunki zaliczenia:  1. Możliwość odrabiania zajęć w czasie nieobecności – indywidulana praca na komputerze w pracowni modelowania PMPH  2. Możliwa liczba nieobecności – na 2 zajęciach  3. Konieczność oddania w terminie wszystkich projektów/zadań  4. Procent/liczba punktów na zaliczenie egzaminu – 50%  5. Bardzo zalecana obecność na wykładach, choć nieobowiązkowa | | |
|  | Nakład pracy studenta/doktoranta | | |
| forma działań studenta/doktoranta | | liczba godzin na realizację działań |
| zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym:  - wykład: 22  - ćwiczenia laboratoryjne: 36  - egzamin: 2 | | 60 |
| praca własna studenta/doktoranta ( w tym udział w pracach grupowych) np.:  - konsultacje: 6  - przygotowanie do zajęć: 5  - czytanie wskazanej literatury: 7  - przygotowanie prac/projektów: 18  - napisanie raportu z zajęć: 14  - przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu: 15 | | 65 |
| Łączna liczba godzin | | 125 |
| Liczba punktów ECTS | | 5 ECTS |