**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/Groundwater Modelling | | |
|  | Dyscyplina  Nauki o Ziemi i środowisku | | |
|  | Język wykładowy  Język angielski | | |
|  | Jednostka prowadząca przedmiot  WNZKS, Instytut Nauk Geologicznych, Zakład Hydrogeologii Stosowanej | | |
|  | Kod przedmiotu/modułu  USOS | | |
|  | Rodzaj przedmiotu/modułu *(obowiązkowy lub do wyboru)*  obowiązkowy | | |
|  | Kierunek studiów (specjalność/specjalizacja)  Geologia (Applied Geoscience) | | |
|  | Poziom studiów *(I stopień, II stopień, jednolite studia magisterskie, studia doktoranckie)*  II stopień | | |
|  | Rok studiów *(jeśli obowiązuje*)  II | | |
|  | Semestr *(zimowy lub letni)*  zimowy | | |
|  | Forma zajęć i liczba godzin  Wykład: 20  Ćwiczenia: 36  Metody uczenia się  Wykład multimedialny, prezentacja, dyskusja, ćwiczenia praktyczne, wykonywanie zadań samodzielnie, wykonanie raportów, wykonywanie zadań na komputarach | | |
|  | 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:  Prezentacja szerokiego spektrum metod badawczych stosowanych do modelowania procesów hydrogeologicznych (dynamika wód gruntowych, hydraulika, metody testowania pompowania, ochrona środowiska wodnego, monitoring, geoinformacja). Celem jest zdobycie teoretycznych i praktycznych podstaw do stosowania nowoczesnych metod numerycznych w całym spektrum przepływu wód podziemnych zarówno w skali lokalnej, jak i regionalnej. Efektem edukacji jest zrozumienie, w jaki sposób tworzona jest cyfrowa reprezentacja rzeczywistych warunków hydrogeologicznych, w tym znajomość zakresu niezbędnych informacji i danych środowiskowych do przygotowania numerycznego rozwiązania dla wód podziemnych.  Ćwiczenia laboratoryjne:  Realizacja indywidualnej pracy/projektu w pracowni komputerowej.  Celem jest wprowadzenie i nauczenie działania najbardziej wszechstronnych i szeroko stosowanych programów do modelowania w hydrogeologii. Ważne jest również opanowanie specjalistycznej terminologii i interfejsu operacyjnego.  Podstawowym efektem kursu jest możliwość przygotowania niezbędnych danych do opracowania numerycznego modelu filtracji w prostych warunkach hydrogeologicznych.  Modelowanie jako podstawowa metoda współczesnej hydrogeologii. Definicje i podstawowe pojęcia. Model hydrogeologiczny, model koncepcyjny i model numeryczny. Zarys historii modelowania, w tym metoda analogii elektrohydrodynamicznej (AEHD) i integratory siatkowe.  Podstawy teoretyczne numerycznych modeli filtracji. Cele symulacji modelu. Rozwiązanie dla warunków ustalonych i nieustalonych. Metody rozwiązań stosowanych w modelowaniu (różnica między metodami MRS i MES). Rozwiązanie równań matematycznych opisujących filtrację. Metody iteracyjne.  Identyfikacja systemu wodonośnego na modelu. System wodonośny i typy systemów hydrostrukturalnych odwzorowanych na modelu. Powierzchnie graniczne. Cyrkulacja i wymiana wody w systemie wodonośnym.  Definiowanie warunków brzegowych. Procedura schematyzacji dla wdrożenia modelu. Dyskretyzacja i typy siatki. Warunki brzegowe i warunki początkowe modelu.  Zagadnienie przygotowania danych wejściowych do modelu. Dane wejściowe, bazy danych i mapy cyfrowe. Zastosowanie technik GIS. Problem skali modelu. Specyfika konstrukcji modeli regionalnych systemów wodonośnych.  Problem schematyzacji warunków hydrogeologicznych. Narzędzia geostatystyczne i geoinformatyczne w modelowaniu. Modele deterministyczne i stochastyczne. Schemat warunków hydrogeologicznych i symulacja struktury wielopoziomowej na modelu.  Metody numeryczne. Modele przestrzenne 2-D i 3-D. Zasada działania i zastosowania wiodących programów w metodzie modelowania FDM. Budowa modeli wielowarstwowych. Symulacja interakcji z wodami powierzchniowymi.  Analiza jakości modelu. Kalibracja i weryfikacja modelu. Odwrotne zadania modelowania. Rodzaje występujących błędów.  Wyniki modelu. Analiza wyników modelu. Obliczenia bilansu wodnego i zasobów wód podziemnych na modelu. Analiza linii prądu, siatki hydrodynamicznej i obszaru spływu do ujęcia, ustalanie stref ochronnych na modelu.  MODFLOW. MODFLOW i pakiety połączone. Przepływ pracy i odpowiednia dokumentacja modelu.  Warunki nieustalone. Wprowadzanie okresów wymuszeń i kroków czasowych. Analiza zróżnicowanych wyników zmiennoczasowych.  Transport masy i migracja zanieczyszczeń. Modelowanie migracji zanieczyszczeń w ośrodkach porowatych. Zastosowanie MT3D.  Przykłady zastosowań. Prezentacja wyników i roli Internetu. | | |
|  | Zakładane efekty uczenia się  P\_W01 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\_W02 Potrafi krytycznie analizować i dokonywać wyboru hydrogeologicznych danych wejściowych do modelu.  P\_W03 Konsekwentnie stosuje zasadę ścisłego, opartego na danych empirycznych interpretowania zjawisk i procesów zachodzących przy przepływie wód podziemnych.  P\_W04 Ma wiedzę w zakresie statystyki (geostatystyki) umożliwiającą prognozowanie (modelowanie) zjawisk i procesów związanych z filtracją wód podziemnych.  P\_W05 Ma pogłębioną znajomość anglojęzycznej terminologii w zakresie hydrogeologii i geoinformacji.  P\_U01 Potrafi zastosować zaawansowane techniki i narzędzia badawcze w zakresie modelowania filtracji. Wykorzystuje literaturę naukową z zakresu modelowania.  P\_U02 Potrafi wykorzystać metody statystyczne oraz specjalistyczne techniki i narzędzia informatyczne do opisu zjawisk i analizy danych hydrogeologicznych.  P\_K01 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.  Bear J., Verruijt A., 1994: Modeling Groundwater Flow and Pollution. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht.  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.  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.)  Macioszczyk T., Szestakow W.M., 1983: Dynamika wód podziemnych – metody obliczeń. Wyd. Geol. Warszawa.  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:  Wykład: test pisemny. K2\_W01, K2\_W02, K2\_W03, K2\_W04, K2\_W05, K2\_W09.  Ćwiczenia: przygotowanie i realizacja (indywidualnych) projektów związanych z zagadnieniami modelowania filtracji wód podziemnych w różnych warunkach hydrogeologicznych. K2\_W03, K2\_W05, K2\_U01, K2\_U02, 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,  - pisemne zaliczenie.  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% | | |
|  | Nakład pracy studenta/doktoranta | | |
| forma działań studenta/doktoranta | | liczba godzin na realizację działań |
| zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym:  - wykład: 16  - ćwiczenia: 28  - egzamin: 2  - zaliczenie: 1 | | 47 |
| praca własna studenta/doktoranta ( w tym udział w pracach grupowych):  - konsultacje: 2  - przygotowanie do zajęć: 5  - czytanie wskazanej literatury: 7  - przygotowanie prac/projektów: 6  - napisanie raportu z zajęć: 6  - przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu: 15 | | 41 |
| Łączna liczba godzin | | 88 |
| Liczba punktów ECTS | | 4 |