AUTOREFERAT

Dr Dorota Mirosław-Świątek

Zakład Hydrologii i Zasobów Wodnych
Katedra Inżynierii Wodnej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Warszawa, maj 2017

Załącznik nr 2

1. Imię i nazwisko:

Dorota Mirosław-Świątek

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne

1986 r. – **uzyskanie tytułu magistra oceanografii w zakresie oceanografii fizycznej z wynikiem bardzo dobrym**, Wydział Biologii, Geografii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Gdański. Temat pracy: „Rozkład prawdopodobieństwa wysokości fal wzbudzanych wiatrem w strefie załamania."
Promotor pracy: Prof. dr hab. inż. Stanisław Massel

1998 r. – **uzyskanie z wyróżnieniem stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk technicznych w zakresie inżynierii środowiska**, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Rozprawa doktorska pt.: „Metody określania efektywności zabezpieczeń przeciwfiltracyjnych dla wałów przeciwpowodziowych za pomocą analizy numerycznej przepływu wody przez korpus i podłoże."
Promotor pracy: Prof. dr hab. inż. Henryk Zaradny

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych.

01.12.1986 - 31.03.2000 – stażysta, hydrolog, asystent, adiunkt - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (IMGW-PIB), Warszawa, wymiar 1/1 etatu, Zakład Dynamiki Wód Podziemnych; Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór Zakład Informatyki - asystent, adiunkt.

01.04.2000 – 30.06.2014 - adiunkt – IMGW-PIB, Warszawa, wymiar 1/2 etatu Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór Zakład Informatyki; Ośrodek Inżynierii i Gospodarki Wodnej Zakład Inżynierii Wodnej – główny specjalista.

01.04.2000 – do dnia dzisiejszego – adiunkt - Zakład Hydrologii i Zasobów Wodnych Katedra Inżynierii Wodnej Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, wymiar 1/1 etatu.

4. Osiągnięcie wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

4a) Tytuł osiagniecia naukowego

Zastosowanie modelowania przepływu wody w dolinie rzeki bagiennej w zarządzaniu obszarami mokradłowymi

4b) Wykaz autorskich publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe

Jako podstawę osiągnięcia naukowego wybrano siedem powiązanych tematycznie publikacji naukowych, których sumaryczny *Impact Factor (IF)* według roku publikacji wynosi 7.674 (sumaryczny IF_{5letni} = 8.361), a liczba punktów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW zgodnie z rokiem publikacji) wynosi 124. Liczba cytowań tych publikacji wg bazy Web of Science (WoS): 37 (na dzień 12.05.2017).

Celem badań opisanych w cyklu artykułów była analiza zastosowania modelu przepływu wody w dolinie rzeki bagiennej, jako narzędzia wspomagającego zarządzanie obszarami wodno-błotnymi, identyfikacja problemów związanych z niepewnością modelu oraz wskazanie sposobu ich rozwiązań.

[A1] **Swiatek D.**, Szporak S., Chormański J., Okruszko T., 2008: Hydrodynamic model of the lower Biebrza river flow - a tool for assessing the hydrologic vulnerability of a floodplain to management practices. Ecohydrology & Hydrobiology, 8, 2-4 pp.24-32; doi.org/10.2478/v10104-009-0026-8. (punkty MNiSW 4)

[A2] Chormański J., **Mirosław-Świątek D.**, Michałowski J., 2009: A hydrodynamic model coupled with GIS for flood characteristics analysis in the Biebrza riparian wetland. Oceanological and Hydrobiological studies. Vol. XXXVII, No 1, pp.1-8; doi 10.2478/v10009-009-0004-x. (IF_{2009}=0.622, IF_{5letni}=0.688, punkty MNiSW 15)

[A3] **Mirosław-Świątek D.**, 2012: Application of Newtonian nudging data assimilation method in hydrodynamic model of flood flow in the Lower Biebrza Basin. Studia Geotechnica et Mechanica, 34 (2), pp. 91—105; doi:10.2478/sgm021208 (punkty MNiSW 5)

[A4] Grygoruk, M., **Mirosław-Świątek, D.**, Chrzanowska, W., Ignar, S., 2013: How much for water? Economic assessment and mapping of floodplain water storage as a catchment - scale ecosystem service of wetlands. Water 2013; s. 1760-1779; doi:10.3390/w501760. (IF_{2013}=1.291, IF_{5letni}=1.912, punkty MNiSW 20)

[A5] **Mirosław-Świątek D.**, Szporak-Wasilewska S, Grygoruk M., 2016: Assessing floodplain porosity for accurate quantification of water retention capacity of near natural riparian ecosystems - A case study of the Lower Biebrza Basin. Ecological Engineering 92: 181-189. (IF_{5letni}=3.223, punkty MNiSW 30)

[A6] **Mirosław-Świątek, D.**, Szporak-Wasilewska, S., Michałowski, R., Kardel, I., Grygoruk ,M., 2016: Developing an algorithm for enhancement of digital terrain model of densely vegetated floodplain wetland J. Appl. Remote Sens. 10(3), 036013 (Aug 12, 2016). doi:10.1117/1.JRS.10.036013 (IF_{5letni} =1.131, punkty MNiSW 20)

[A7] **Mirosław-Świątek, D.**, Kiczko, A., Szporak-Wasilewska, S., Grygoruk, M., 2017: Too wet and too dry? Uncertainty of DEM as a potential source of significant errors in a model-based water level assessment in riparian and mire ecosystems Wetlands. Ecol. Manage. (2017). doi:10.1007/s11273-017-9535-1. (IF_{5letni}=1.407, punkty MNiSW 30)

4c) Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Obszary mokradłowe są definiowane jako ekosystemy formujące się pod wpływem stałego lub okresowego, pełnego nasycenia podłoża wodą. Cechą odróżniającą mokradła od innych ekosystemów lądowych jest występowanie roślinności higrofilnej oraz gleb hydrogenicznych (Mitsch i Gosselink, 2015). Do tej pory nie wypracowano jednolitej, naukowej, powszechnie akceptowanej definicji mokradeł. W języku urzędowym związanym z kształtowaniem lub ochroną środowiska, zgodnie z pojęciami przyjętymi w tzw. Konwencji Ramsarskiej (Konwencja..., 1971) w odniesieniu do mokradeł, w celu podkreślenia ich przejściowego stanu pomiędzy ekosystemami wodnymi i lądowymi, jest używany termin *obszary wodno-błotne*.

Ze względu na pełnione przez obszary wodno-błotne funkcje przyrodnicze, związane z zachowaniem różnorodności biologicznej i krajobrazowej, a także spowalnianie odpływu wód podziemnych do rzek, retencjonowanie wód podziemnych i powierzchniowych, oczyszczanie wód i akumulację materii organicznej rozpatrywane siedliska i związane z nimi ekosystemy należą do najbardziej cennych układów przyrodniczych na Ziemi (Costanza i in., 1997, 2014). W funkcjonowaniu mokradeł kluczową rolę pełni woda, której niedobór lub zanieczyszczenie prowadzi do zmiany warunków siedliskowych i degradacji ekosystemów. Eksploatacyjne podejście społeczeństw do gospodarowania zasobami przyrodniczymi spowodowało, że mokradła należą do systemów zagrożonych. Szacuje się, że w środkowej i zachodniej części kontynentu europejskiego ponad 80% (Borger, 1992; Joosten i Clarke, 2002; Smits i in., 2001), a na świecie ponad 50% (Strategia ..., 2006) terenów mokradłowych zostało osuszonych lub przekształconych w takim stopniu, że przestała pełnić swoje podstawowe funkcje przyrodnicze.

Gospodarka wodna na obszarach wodno-błotnych jest elementem zarządzania środowiskiem, które polega na korzystaniu z zasobów oraz walorów środowiska i obejmuje jego użytkowanie, ochronę i kształtowanie (Joosten i Clarke, 2002; Poskrobko, 2012). Jest to pojęcie szerokie, rozumiane jako działalność praktyczna i pole badawcze wymagające współdziałania wielu dyscyplin naukowych. Dostarczanie przez środowisko materialnych i niematerialnych korzyści definiowane jest często jako usługi (świadczenia) ekosystemów, które ujęte w systemy klasyfikacyjne opierają się na czterech podstawowych kategoriach: produkcyjnych, regulujących, kulturowych i wspierających (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Nowoczesna koncepcja zarządzania środowiskiem pozwala człowiekowi na efektywne korzystanie z usług ekosytemowych przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnych oddziaływań na obszary wodno-błotne, zapewniając im utrzymanie dobrej kondycji i równowagi ekologicznej.

W zarządzaniu obszarami wodno-błotnymi modelowanie przepływu wody jest kluczowym narzędziem dla przeprowadzenia analizy czynników siedliskowych, zwłaszcza w mokradłach o fluwiogenicznym typie zasilania, które są podmiotem moich badań. Zgodnie z definicją podaną przez Okruszko (1992)

są to siedliska zasilane zalewowymi wodami rzecznymi oraz wodami aluwialnymi. W literaturze anglojęzycznej określane są terminem *floodplain wetlands* lub *riparian wetlands* (Mitsch i Gosselink, 2015). Funkcjonowanie ekosystemów bagiennych o fluwiogenicznym typie zasilania związane jest z dynamiką zalewów, co w odniesieniu do siedlisk można interpretować jako częstość występowania i zasięg zalewu. Należy podkreślić fakt, iż ochrona terenów mokradłowych, jako istotnego elementu w zarządzaniu zasobami wodnymi zlewni jest zagadnieniem stosunkowo nowym (Zhang, 2010), dlatego narzędzia niezbędne do podejmowania decyzji w zakresie wykorzystania zasobów zlewni z uwzględnieniem specyficznej roli i właściwości mokradeł są na etapie tworzenia (Okruszko, 2005; Stratford i in., 2015; [A1]; [A2]; [A4]). Do tego typu narzędzi należą modele hydrologiczne, a w przypadku mokradeł o fluwiogenicznym typie zasilania są to modele hydrodynamiczne opisujące przepływ wód rzecznych na terenach zalewowych. Szczególnym wyzwaniem w procesie modelowania jest uwzględnienie charakterystyk naturalnych terenów zalewowych oraz określenie wpływu niepewności elementów reprezentujących w modelu te charakterystyki na ilościowy opis czynników hydrologicznych, determinujących prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów mokradłowych.

Rozwiązanie wybranych zagadnień z tego zakresu było przedmiotem moich badań w latach 2008-2016, realizowanych na obszarze basenu dolnego Biebrzy. Dolina Biebrzy, w której rzeka zachowała swój naturalny, nizinny charakter należy do najcenniejszych obszarów wodno-błotnych w Europie. Bagna Biebrzańskie stanowią teren referencyjny dla działań prowadzących do restytucji mokradeł dla wielu przekształconych dolin rzecznych w Europie (Bootsma i in., 2000; Wassen i in., 2006; Grygoruk i in., 2015)

Zagadnienia aplikacji modelu przepływu wody w dolinie rzeki bagiennej w zarządzaniu obszarami wodno-błotnymi omówiono w artykułach **[A1]**, **[A2]** i **[A4]**. W pracy **[A1]** i **[A2]** w obliczeniach wykorzystano autorski numeryczny model przepływu fal wezbraniowych (Swiatek, 2007; Swiatek, 2008, [A3]) w basenie dolnym Biebrzy, który rozwiązuje jednowymiarowy układ równań St. Venanta (model fali dynamicznej) Metodą Elementów Skończonych (MES). Spadek hydrauliczny w równaniach St. Venanta określono z zależności Manninga lub Darcy-Weisbacha.

Celem pracy **[A1]** była analiza wpływu zmian w strukturze typów roślinności porastającej terasy zalewowe na zasięg zalewu w basenie dolnym Biebrzy. W obliczeniach w modelu jednowymiarowym (Świątek i in., 2006) wykonano symulacje dla warunków ustalonych dla przepływu maksymalnego (WWQ) oraz średniego z maksymalnych (SWQ) w wieloleciu 1965-1996. Zmiany w strukturze typów roślinności odzwierciedlały różny sposób użytkowania doliny, opisany trzema następującymi scenariuszami: 1) stan aktualny – oparty o rzeczywiste pokrycie terenu typami roślinności wynikające ze stosowanych praktyk rolniczych i ochrony mokradeł na terenie Biebrzańskiego Parku Narodowego (BPN); 2) zwiększenie zasięgu ekstensywnego rolnictwa polegającego na wykaszania lub wypasie szuwarów mannowych i trzcinowych, turzycowisk oraz usuwaniu zakrzaczeń na większości obszaru doliny; 3) sukcesja wtórną polegającą na zarastaniu terenów zalewowych przez krzewy i drzewa

w wyniku zaprzestania użytkowania rolniczego. W jednowymiarowym modelu przepływu wody scenariusze użytkowania terenu zostały zaimplementowane poprzez zmianę współczynników oporu w przekrojach obliczeniowych zależnie od przyjętej struktury ich zabudowy roślinnej. Zastosowanie w modelu równania Darcy-Weisbacha, pozwoliło na uwzględnienie wpływu rzeczywistej geometrii roślinności wysokiej (drzewa, zakrzaczenia) porastającej tereny zalewowe na warunki przepływu w wariancie opisującym sukcesję wtórną. Analizy przestrzenne wykonane w środowisku GIS polegające na interpolowaniu obliczonego położenia zwierciadła wody w NMT wykazały, że zaprzestanie praktyk rolniczych (scenariusz 3) prowadzi do ponad dwukrotnego zwiększenia zasięgu zalewów na analizowanym obszarze. W takiej sytuacji cenne ekologicznie łąki turzycowe mogą być wypierane przez szuwar trzcinowy i szuwar wysokoturzycowy, co w konsekwencji przekształcałoby mokradła terenów zalewowych w kierunku ekosystemów o mniejszej bioróżnorodności. Wykazano także, że wprowadzanie ekstensywnego rolnictwa (scenariusz 2), w niewielkim stopniu wpływa na zmniejszenie zasięgu zalewów, różnice nie przekraczają 11% dla przepływu WWQ i 8% dla SWQ. Przedstawione w pracy wyniki wskazują, że model prawidłowo prognozujący położenie zwierciadła wody może być wykorzystywany jako narządzie do ilościowych oszacowań związków pomiędzy scenariuszami zarządzania obszarami mokradłowymi a zasięgiem i głębokością zalewu oraz ewentualnymi konsekwencjami ekologicznymi analizowanych decyzji.

W artykule **[A2]** model zidentyfikowany i zweryfikowany na podstawie pomiarów terenowych oraz zdjęć satelitarnych zasięgu zalewu, został zastosowany do prognozy położenia zwierciadła wody w rzece dla ciągu danych z wielolecia 1961-1996. Zastosowanie modelu jednowymiarowego uwzględniającego zmienność współczynnika szorstkości Manninga pozwoliło na efektywne wykonanie obliczeń dla tego złożonego, ze względu na 35 letni czas symulacji, zagadnienia. Wyniki obliczeń w połączeniu z GIS-owymi technikami przenoszenia prognozy położenia zwierciadła wody do Numerycznego Modelu Terenu (NMT) umożliwiły wygenerowanie map zasięgu zalewu w basenie dolnym Biebrzy dla analizowanego czasu prognozy z krokiem jedna doba. Analiza statystyczna opracowanych map pozwoliła na ilościowe opisanie zależności pomiędzy głębokością zalewu, a jego powierzchnią. Opracowano mapy średniej rocznej częstości występowania zalewów w basenie dolnym Biebrzy. Najbardziej istotną częścią tej pracy było oszacowanie częstości występowania zalewu oraz oszacowanie jego średniej głębokości dla zbiorowisk roślinności porastających terasy zalewowe. Analizy przestrzenne wykazały ścisłą zależność pomiędzy typem roślinności porastającej tereny zalewowe, a częstością występowania zalewów w danym siedlisku. Obliczone częstości występowania zalewu dla wyróżnionych zbiorowisk roślinności można traktować, jako miarę hydrologiczną zapewnienia warunków stabilności funkcjonowania ekosystemów w mokradłach fluwiogenicznych. Może ona stanowić wartość referencyjną dla działań prowadzących do restytucji mokradeł w wielu przekształconych dolinach rzecznych.

Tradycyjne zarządzanie obszarami mokradłowymi jest zorientowane na maksymalizacje wykorzystania produkcyjnych funkcji tych ekosystemów (Joosten i Clarke, 2002). Było ono zasadne w warunkach gospodarowania wymuszonego aktualnym stanem środowiska oraz dostępnych technik działalności rolniczej. Wobec szybkiego postępu technologicznego uniezależniającego rolnictwo od warunków przyrodniczych (warunki hydrologiczne i w pewnym zakresie pora roku) pojawiło się zagrożenie nadmiernej eksploatacji zasobów mokradeł, co pociąga za sobą utratę różnorodności biologicznej. Dlatego też w pracy **[A4]** zaproponowano nowatorskie podejście do zrównoważonego zarządzania obszarami wodno-błotnymi w basenie dolnym Biebrzy, oparte o wycenę świadczeń ekosystemów. W artykule tym po raz pierwszy w Polsce wykonano hydrologiczno-ekonomiczną analizę, prowadzącą do oszacowania monetarnej wartości wody retencjonowanej w dolinie rzeki bagiennej, w trakcie corocznych zalewów. W obliczeniach wykorzystano tzw. model 0 wymiarowy, w którym znany jest układ zwierciadła wody pomiędzy dwoma wodowskazami - Osowiec (wodowskaz otwierający) i Burzyn (wodowskaz zamykając basen dolny Biebrzy). Do generowania położenia zwierciadła wody od wodowskazu Burzyn w górę rzeki wykorzystano znajomość spadków zwierciadła wody, oszacowanych w wyniku corocznych pomiarów terenowych prowadzonych w dolinie Biebrzy oraz automatycznego monitoringu położenia zwierciadła (Mirosław-Świątek i Utratna, 2012). W wyniku analiz przestrzennych GIS, polegających na interpolowaniu zwierciadła wody do NMT, opracowano funkcje opisujące zależność pomiędzy stanem wody na wodowskazie Burzyn, a powierzchnią zalewu i objętością wody retencjonowanej w basenie dolnym Biebrzy. Całkowita aktywna objętość wody retencjonowanej w dolinie w warunkach zalewu jest sumą objętości wynikającej z opracowanych zależności funkcyjnych i dodatkowej objętości wody zgromadzonej w pełni nasyconej przypowierzchniowej warstwie torfu o porowatości 0.85, powierzchni odpowiadającej zasięgowi zalewu i zadanej miąższości krytycznej. W celu określenia aktywnej retencji doliny w ciągu roku, obliczona objętość wody jest przemnażana przez tzw. współczynnik zalewu (czas trwania zalewu w danym roku wyrażony w dniach podzielony przez 365 dni). Średnią jednostkową cenę retencjonowania 1m^3 wody w ciągu roku (0.53 EUR m^3/rok) oszacowano na podstawie danych o objętości wszystkich sztucznych zbiorników retencyjnych w zlewni Biebrzy oraz uwzględnieniu ich kosztów budowy i amortyzacji. Zastosowane w pracy podejście pozwoliło na oszacowanie średniej objętości wody retencjonowanej w basenie dolnym Biebrzy w latach 1995 - 2011 na poziomie 10.36 mln m^3/rok, której wartość wynosi 5.49 mln EUR. Innowacyjnością artykułu jest zaproponowanie metodyki wyceny świadczeń ekosystemów mokradłowych (retencjonowania wody występujących corocznie zalewów) jako dopłat, w celu powstrzymania intensyfikacji rolnictwa, która prowadziłaby do pogarszania stanu ekosystemów na terenach zalewowych. Przedstawione wyniki wskazują, że teoria świadczeń ekosystemów może być wprowadzona do codziennej pragmatyki zarządzania obszarami zalewowymi.

We wszystkich zagadnieniach omawianych w artykułach **[A1]**, **[A2]** i **[A4]** kluczowym elementem, wykorzystywanym zarówno w opracowywaniu modelu przepływu wody w dolinie rzeki bagiennej jak

i dalszych analizach w oparciu o techniki GIS, jest numeryczny model terenu. Niepewność prognoz położenia zwierciadła wody, zasięgu zalewu, retencji obszarów mokradłowych uzależniona jest od dokładności NMT. Opracowanie NMT, charakteryzującego się dużą dokładnością, zwłaszcza w przypadku obszarów mokradłowych pokrytych gęstą roślinnością i trudno dostępnych do wykonania pomiarów terenowych, jest zadaniem niezwykle skomplikowanym. Zawodna jest także stosowana obecnie technika lotniczego skaningu laserowego (ALS), charakteryzująca się wysoką dokładnością pomiaru. Zdolność przenikania impulsu laserowego przez gęstą pokrywę roślinną jest ograniczana na tyle, że liczba punktów odbitych od powierzchni terenu jest niewielka lub pochodzi z odbicia od pni i gałęzi, uniemożliwiając poprawne wygenerowanie NMT. Sposób rozwiązania tego problemu zaproponowano w artykule **[A6]**. Opracowano nową metodykę łączącą wykorzystanie chmury punktów ze skaningu laserowego i optycznych zdjęć lotniczych i satelitarnych. Z chmury punktów ALS przy użyciu standardowych algorytmów opracowano Numeryczny Model Pokrycia Terenu (NMPT), Numeryczny Model Terenu (NMT) oraz znormalizowany NMPT. Zdjęcia lotnicze i satelitarne oraz opracowane na ich podstawie spektralne wskaźniki roślinne zostały zastosowane w klasyfikacji obiektowej (OBIA - Object-Based Image Analysis) do opracowania mapy pokrycia terenu. Nowością w opisywanym podejściu jest użycie w procesie klasyfikacji obiektowej łącznej informacji pochodzącej ze zdjęć lotniczych i satelitarnych oraz produktów (mapa intensywności, sklasyfikowana mapa wysokości roślinności, zNMPT) opracowanych z chmury punktów ALS. Ważną częścią tej pracy jest wyznaczenie w oparciu o pomiary GPS RTK współczynników korekcyjnych wysokości terenu w klasach roślinności występujących w basenie dolnym Biebrzy, które w zależności od typu pokrycia terenu zmieniały się w zakresie 0.08 m – 0.92 m. Zastosowanie klasyfikacji obiektowej umożliwiło poprawne wydzielenie klas roślinności, w tym obszarów porośniętych przez gęste szuwary trzcinowe i zwarte zakrzaczenia, w których wykonanie pomiarów terenowych jest niemożliwe ze względu na brak sygnału GPS lub możliwość dotarcia. Wyznaczenie współczynników korekcyjnych pozwoliło na wprowadzenie poprawek wysokości do NMT opracowanego w sposób standardowy z chmury punktów ALS. W obszarach występowania gęstych szuwarów trzcinowych i zwartych zakrzaczeń zastosowano metody korekcyjne oparte o interpolację rzędnych terenu. Błąd średni kwadratowy opracowanego NMT przy użyciu nowej metodyki wynosił 0.30 m i był trzykrotnie niższy od błędu oszacowanego dla NMT, bez uwzględnienia korekcji wysokości w klasach roślinności. W artykule przeanalizowano także, jak wpływa jakość NMT na obliczone wielkości charakterystyk hydrologicznych siedlisk mokradłowych. Obliczenia powierzchni i objętości zalewu wykonano dla przepływów maksymalnych $WQ_{p1\%}$, $WQ_{p5\%}$, $WQ_{p10\%}$, $WQ_{p20\%}$, $WQ_{p50\%}$. We wszystkich przypadkach powierzchnia zalewu oszacowana z użyciem omawianego w artykule modelu NMT jest większa, a maksymalna różnica wynosi 48%, podobnie zachowuje się objętość retencjonowanej wody, dla której różnice sięgają 66%. W artykule podkreślono, że pomimo bardzo dużej czasochłonności związanej z opracowaną metodyką powinna być ona stosowana wszędzie tam gdzie poprawna

reprezentacja topografii terenów zalewowych odgrywa istotną rolę we właściwym zarządzaniu obszarami mokradłowymi.

Niepewność modelu hydrodynamicznego spowodowana jest głównie ograniczoną dokładnością identyfikacji jego parametrów oraz przyjętych uproszczeń w opisie matematycznym badanego zjawiska. Wpływ na zadawalające odwzorowanie rzeczywistego przebiegu procesu opisanego w modelu matematycznym równaniami różniczkowymi ma także dokładność warunków brzegowych. W procesie przepływu wody w korycie rzeki i na terenach zalewowych opisanym jednowymiarowym układem równań St. Venanta, hydrogram przepływu wody określa tzw. górny warunek brzegowy, zdefiniowany w przekroju otwierającym analizowany odcinek doliny rzeki. W wielu przypadkach istniejąca sieć monitoringu wodowskazowego jest niewystarczająca dla sformułowania z zadawalającą dokładnością warunku brzegowego w postaci hydrogramu przepływu. W pracy **[A3]** przedstawiono na przykładzie rzeki Biebrzy efektywną metodę korekty warunku brzegowego w oparciu o wprowadzenie do jednowymiarowego modelu hydrodynamicznego przepływu fal wezbraniowych procedury asymilacji danych. W opracowanym przeze mnie modelu zaimplementowano metodę „nudging", bazującą na idei relaksacji Newtona, która ma za zadanie dodanie we właściwych członach równań dynamicznych modelu, różnicy pomiędzy obliczonymi zmiennymi stanu systemu, a wartościami obserwacyjnymi. W odniesieniu do metod statystycznych czy wariacyjnych (Bouttier i Coutier, 1999; Refsgaard, 1997), charakteryzuje się ona zdecydowanie prostszym aparatem matematycznym, opartym na prostych technikach interpolacyjnych. Metoda ta daje dobre rezultaty, a jednocześnie nie wymaga dużych mocy obliczeniowych (Lorenc, 1986). Asymilacja danych w modelach przepływu wód w korytach rzecznych jest często stosowana do identyfikacji współczynników szorstkości (np. Ding i in., 2004; Roux i Artus, 2004). Zastosowana przeze mnie metoda, wykorzystująca w procesie asymilacji obserwowane stany wody, jest zdecydowanie prostsza niż zaproponowane przez Madsena i Skotnera (2004) podejście statystyczne w oparciu o filtr Kalmana. W modelu numerycznym wykorzystywanym w pracy [A2] zaimplementowałam metodę "nudging to individual observations" (Houser i in., 1998), a przedmiotem asymilacji było położenie zwierciadła wody, zarejestrowane przez automatyczny czujnik pomiarowy typu D-Diver zlokalizowany w korycie rzeki, poniżej przekroju, w którym sformułowany jest górny warunek brzegowy (Mirosław-Świątek i Utratna, 2012). Obliczenia przepływu wody zostały wykonane dla wezbrania wiosennego z roku 2010 dla ok. 20 km odcinka rzeki i przyległych terenów zalewowych w dolnym basenie Biebrzy, poniżej ujścia Kanału Rudzkiego. Modyfikacja warunku brzegowego w wyniku zastosowania asymilacji danych zdecydowanie poprawiła dokładność odwzorowania położenia zwierciadła wody w trakcie trwania wezbrania. Oszacowany błąd średni kwadratowy modelu z asymilacją danych zmalał dwukrotnie w porównaniu z modelem, w którym ta metoda nie była stosowana. Najważniejszą częścią tej pracy było opracowanie modelu matematycznego, numerycznego i programu obliczeniowego, który umożliwił przeprowadzenie eksperymentów numerycznych dla rzeczywistego wezbrania.

Uzyskane rezultaty wykazują, że automatyczne obserwacje położenia zwierciadła wody mogą być nie tylko wykorzystywane do identyfikacji i weryfikacji modelu, ale także do poprawy prognozy w wyniku asymilacji danych metodą „nudging".

Kolejnym problemem, który został zidentyfikowany w trakcie prac związanych z aplikacją modeli w połączeniu z technikami GIS, było uwzględnienie w analizach wpływu gęstej roślinności porastającej obszary mokradłowe na objętość wody retencjonowanej na terenach zalewowych. W artykule **[A5]** przedstawiono wyniki pomiaru geometrii wybranych zbiorowisk roślinnych występujących na obszarze basenu dolnej Biebrzy, które pozwoliły na wyznaczenie współczynnika objętości roślinności Θ, a następnie na oszacowanie tzw. porowatości mokradła ε ($\varepsilon = 1-\Theta$). Współczynnik Θ należy rozumieć jako stosunek objętości zajętej przez roślinność do całkowitej objętości, którą na powierzchni terenu może wypełnić woda. Całkowita objętość jest zatem sumą objętości wody i objętości roślinności. W literaturze bardzo szeroko omawiany jest wpływ roślinności na przepływ wody w terenach zalewowych w odniesieniu do współczynników szorstkości (np. Aberle i in., 2013; Nikora, 2010), natomiast prac związanych z szacowaniem współczynników porowatości mokradeł jest niewiele (Kadlec i Wallace, 2009). W wyniku badań terenowych i prac analitycznych wyznaczono zależności funkcyjne pomiędzy wysokością rośliny a współczynnikiem Θ, dla badanych zbiorowisk roślinności: turzyc kępowych *Caricetum appropinquatae,* turzyc luźnokępowych *Caricetum gracilis*, szuwaru mannowego *Glycerietum maximae* oraz szuwaru trzcinowego *Phragmitetum communis*. Parametry geometryczne roślinności potrzebne do wyznaczenia ich objętości zostały pozyskane na podstawie inwentaryzacji roślinności w terenie, która została przeprowadzona zgodnie z metodyką (wytycznymi) opracowaną przez DVWK (1991). Dla każdego rodzaju roślinności pomiary wykonano w pięciu próbnych powierzchniach badawczych. Strukturę geometryczną roślinności występującej w wybranych powierzchniach próbnych należy traktować jako reprezentatywną dla zbiorowisk roślinności występującej na terenach zalewowych w basenie dolnym Biebrzy. W przypadku szuwaru trzcinowego i skupisk turzyc kępowych, które traktowane są jako roślinność sztywna, wyznaczone zostały średnie charakterystyki geometryczne dla tzw. pojedynczej przeciętnej rośliny reprezentatywnej, której geometria przybliżona została przez walec, stożek ścięty lub kombinację tych dwóch brył. Ze względu na rozmiary roślin szuwaru mannowego i turzyc luźnokępowych nie wyznaczano średnicy pojedynczej rośliny, ale szacowano łączną powierzchnię zajmowaną przez tę roślinność w analizowanej powierzchni badawczej. Z zebranej z powierzchni badawczej roślinności formowano wiązkę, której kształt aproksymowano bryłą geometryczną. W rezultacie oszacowano współczynnik porowatości ε, które zmienia się od 0.882 do 0.993, a średnia, obliczona dla wszystkich analizowanych zbiorowisk roślinności, wynosi 0.968. Obszary porośnięte przez turzyce kępowe charakteryzują się mniejszymi wartościami współczynnika porowatości, natomiast największe wartości występują dla turzyc luźnokępkowych. Uzyskane wyniki mieszczą się w zakresie zmienności (0.86 – 0.98), podanym dla roślinności mokradłowej przez

Watsona i Hobsona (1998). Jest to pierwsze określenie wartości liczbowych tego współczynnika dla typowych zbiorowisk roślinnych występujących w Polsce. W pracy pokazano także, jak uwzględnienie porowatości mokradeł wpływa na szacowaną objętość wody retencjonowanej w basenie dolnym Biebrzy. Dla przepływu $WQ_{p50\%}$ roślinność redukuje objętość retencjonowanej wody o 0.75 mln m^3, co jest porównywalne z objętością sztucznych zbiorników retencyjnych zlokalizowanych w zlewni Biebrzy ([A3]). Przedstawione wyniki wskazują, że porowatość terenów mokradłowych może być uwzględniana w zarządzaniu zasobami wodnymi w skali zlewni, w tym także przy ocenie znaczenia i wartości świadczeń ekosystemów.

Głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych jest jednym z często używanych kryteriów hydrologicznych diagnozowania kondycji ekosystemów w obszarach mokradłowych. W wielu przypadkach decyzje dotyczące zarządzania terenami mokradłowymi oparte są o analizy tego kryterium opracowane przy użyciu modeli przepływu wód podziemnych lub monitoring stanu wód podziemnych i NMT. Wpływ niepewności związanych z NMT na obliczaną całkowitą wysokość hydrauliczną, a także szacowaną na jej podstawie głębokość położenia zwierciadła wody jest zagadnieniem, które w kontekście diagnozowania stanu siedlisk na obszarze basenu dolnego Biebrzy zostało omówione w artykule **[A7]**. W wyniku analiz GIS wyznaczono na tym terenie 24 siedliska, zdeterminowane miejscami bytowania ptaków i występowaniem zbiorowisk roślinnych, których 10 klas określono na podstawie mapy pokrycia terenu opracowanej w pracy [A6]. Dla każdej zidentyfikowanej klasy roślinności, na podstawie pomiarów terenowych z użyciem GPS RTK, wyznaczono błędy NMT (błąd średni absolutny – MAE oraz odchylenie standardowe σ). Na podstawie danych literaturowych określono dla nich charakterystyki hydrologiczne – zakresy głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych, które zostały sklasyfikowane jako wskaźnik stanu siedlisk w trzech kategoriach jakościowych: optymalnej, tolerowanej i nieodpowiedniej. W programie MODFLOW został opracowany model wód podziemnych, odwzorowujący z zadawalającą dokładnością w warunkach przepływu ustalonego średnią sytuację hydrologiczną z wielolecia. W artykule niepewność NMT opisywana jest w ujęciu statystycznym (Hunter i Goodchild, 1997), w którym rzędna terenu w każdej komórce zaburzana jest przez czynnik losowy o rozkładzie normalnym $N(0, \sigma)$. Wartość odchylenia standardowego σ zgodna jest z oszacowanym wcześniej odchyleniem standardowym błędu NMT w danej klasie roślinności. Wyjście modelu, jako zmienna losowa zostało opracowane przy użyciu metody Monte Carlo, w której wykorzystano 10 000 realizacji programu MODFLOW przyjmując założenie, że rozkład normalny $N(0, \sigma_k)$ opisuje niepewność NMT w każdej jego komórce, należącej do k-tej klasy roślinności. Statystyczne analizy diagnozowania stanu siedlisk wykonano dla dwóch wariantów: 1) punktowego - głębokość położenia zwierciadła wody wyznaczona jest jako wartość średnia dla wszystkich komórek NMT należących do danego siedliska; 2) obszarowego – analizowane są głębokości w każdej komórce.

W pracy wykazano, że niepewność NMT ma znikomy wpływ na obliczone w programie MODFLOW położenie zwierciadła wód podziemnych w warunkach nieuwzględniania strefy nienasyconej oraz niewystępowania wypływu wód podziemnych na powierzchnię terenu. W tej sytuacji hydrologicznej odchylenie standardowe całkowitej wysokości hydraulicznej nie przekraczało 0.003 m w lokalizacji wszystkich siedlisk. W przypadku określania stanu siedliska przez położenie zwierciadła wód podziemnych, niepewność NMT w żaden sposób nie wpływałaby na diagnozę kondycji ekosystemów. Zupełnie inna sytuacja występuje przy użyciu charakterystyki hydrologicznej w postaci głębokości położenia zwierciadła wody. Dla niektórych siedlisk, których wskaźnik stanu w modelu deterministycznym określony był jako nieodpowiedni, w ujęciu probabilistycznym z prawdopodobieństwem 0.4 osiąga stan optymalny lub tolerowany. Istotnym elementem tej pracy jest wykazanie, że w modelu probabilistycznym głębokość położenia zwierciadła wody obliczana metodą punktową lub obszarową, generuje przeciwne diagnozy stanu siedliska – duże prawdopodobieństwo stanu nieodpowiedniego w podejściu pierwszym, w drugim podejściu odpowiada stanowi tolerowanemu lub optymalnemu. W artykule zwrócono uwagę, że decyzje w zarządzaniu środowiskiem, podjęte na podstawie diagnozy stanu mokradeł wynikającej z analiz głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych bez uwzględnienia niepewności NMT, mogą prowadzić w konsekwencji nie do poprawienia, ale pogorszenia kondycji ekosystemów.

Podsumowanie

W ramach przedstawionego osiągnięcia naukowego rozwiązano następujące zagadnienia:

- Określenie wpływu zmian w strukturze typów roślinności porastającej terasy zalewowe na zasięg zalewu, który jest kluczową charakterystyką hydrologiczną siedlisk na obszarach mokradłowych.
- Wyznaczenie wskaźnika i miary hydrologicznej dla zapewnienia stabilności funkcjonowania ekosystemów w mokradłach fluwiogenicznych w postaci częstości występowania zalewu dla wyróżnionych zbiorowisk roślinności.
- Zastosowanie asymilacji dostępnych obserwacji położenia zwierciadła wody metodą „nudging" do poprawy prognozy w hydrodynamicznym modelu przepływu wód rzecznych na terenach zalewowych.
- Opracowanie nowatorskiej metodyki wyceny retencjonowania wody występujących corocznie zalewów jako świadczenia ekosystemów mokradłowych.
- Wyznaczenie wartości współczynnika „porowatości mokradeł" dla typowych zbiorowisk roślinnych występujących w basenie dolnym Biebrzy, istotnego dla modelowania przepływu wody na semi-naturalnych terenach zalewowych.
- Opracowanie nowej metody generowania NMT dla obszarów mokradłowych, uwzględniającej w procesie klasyfikacji obiektowej łączne informacje pochodzące ze zdjęć lotniczych i satelitarnych oraz produktów opracowanych z chmury punktów ALS.

- Wyznaczenie w oparciu o pomiary GPS RTK współczynników korekcyjnych wysokości terenu w klasach roślinności występujących w basenie dolnym Biebrzy.
- Oszacowanie, w ujęciu statystycznym, wpływu niepewności NMT na głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych, która stanowi często stosowaną miarę diagnozowania stanu ekosystemów w obszarach mokradłowych.

Przedstawione wyniki badań rozszerzyły zakres wiedzy o zastosowaniu modelu przepływu wody jako narzędzia wspomagającego zarządzanie obszarami mokradłowymi i mogą być wykorzystywane w praktyce w postaci:

- Ilościowych oszacowań związków pomiędzy scenariuszami zarządzania obszarami mokradłowymi a zasięgiem i głębokością zalewu oraz ewentualnymi konsekwencjami ekologicznymi analizowanych decyzji [A1].
- Wartości referencyjnych dla działań prowadzących do restytucji mokradeł dla wielu przekształconych dolin rzecznych [A2].
- Metodyki wyceny świadczeń ekosystemów mokradłowych jako dopłat, które mogą być wprowadzone w celu zwiększenia zdolności retencyjnej zlewni (a także pośrednio prowadzące do polepszenia jakości wód rzecznych) [A4].
- Uwzględnienia porowatości terenów mokradłowych w zarządzaniu zasobami wodnymi w skali zlewni [A5].
- Identyfikacji źródeł niepewności decyzji w zarządzaniu środowiskiem podjętych na podstawie diagnozy stanu mokradeł wynikającej z analiz głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych bez uwzględnienia niepewności NMT [A7].
- Narzędzi modelowych wykorzystywanych w zarządzaniu (użytkowaniu, ochronie i kształtowaniu) obszarami mokradłowymi [A3], [A6].

Literatura:

Aberle, J., Järvelä, J., 2013. Flow resistance of emergent rigid and flexible floodplain vegetation. Journal of Hydraulic Research 51, 33-45.

Bootsma MC, Wassen MJ, Jansen AJM, 2000. The Biebrza-valley as an ecological reference for Dutch stream valleys (in Dutch with English summary). Landschap 17:113–130

Borger G.J., 1992. Draining-digging-dredging;the creation of a new landscape in the peat areas of the low countries. In: Fens and bogs in the Netherlands. Ed. J.T.A. Verhoeven. Kluver, Dordrecht: 131–172.

Bouttier F ,Courtier P.,1999. Data assimilation concepts and methods. Meteorological Training Course Lecture Series, Ecmwf.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Faber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruleo, R.G. Raskin, P. Sutton & M. van der Belt, 1997. The value of the world's ecosystems and natural capital. Nature 387: 253-260.

Costanza, R., R. de Groot, P. Sutton, S. van der Ploeg, S. J. Anderson, I. Kubiszewski, S. Farber, and R. K. Turner., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change 26:152-158.

Dembek W., 2002. Problemy ochrony i restytucji mokradeł w Polsce. Inżynieria Ekologiczna nr 6: Ekoinżynieria dla ekorozwoju. Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej, Warszawa. s. 65-68.

Ding Y., Jia Y., Wang S. S. Y., 2004. Identification of Manning's roughness coefficients in shallow water flows. Journal of Hydraulic Engineering, 130(6):501–510, 2004.

DVWK – MERKBLÄTTER 220, 1991. Hydraulische Berechnung von Fließgewässern, DK 551.51/54 Fließgewässer, DK 532.543 Hydraulik, DVWK - Merkblätter 220/1991, Kommissionsvertrieb Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin (1991).

Grygoruk, M., Bańkowska, A., Jabłońska, E., Janauer, G.A., Kubrak, J., Mirosław-Świątek, D., Kotowski, W., 2015. Assessing habitat exposure to eutrophication in restored wetlands: model-supported ex-ante approach to rewetting drained mires. Journal of Environmental Management 152, 230-240.

Houser P.R., Shuttleworth W.J., Famiglietti J.S., Gupta H.V., Syed K.H., Goodrich D.C., 1998. Integration of soil moisture sensing and hydrologic modeling using data assimilation. Water Resources Research, Vol. 34, No. 12, 3405-3420.

Hunter G.J., Goodchild M.F., 1997. Modeling the uncertainty of slope and aspect estimates derived from spatial databases. Geographical Analysis 29: 35-49.

Joosten, H., Clarke, D., 2002. Wise use of mires and peatlands - background and principles including a framework for decision-making. IMCG & IPS Edition, Saarijarven, Finland. 304 pp.

Konwencja o obszarach wodno-błotnych mających znaczenie międzynarodowe, zwłaszcza jako środowisko życiowe ptactwa wodnego, sporządzona w Ramsarze dnia 2 lutego 1971 r. (tekst podany w Dz. U. 1978 nr 7 poz. 24).

Lorenc, A., 1986. Analysis methods for numerical weather prediction. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 112, 1177-1194.

Madsen, H., Skotner, C., 2004. Adaptive state updating in real time river flow forecasting - A combined filtering and error forecasting procedure, J. Hydrology.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press.

Mirosław-Świątek, D., Utratna, M., 2012. Automatyczny system rejestracji położenia zwierciadła wody na terenach zalewowych w basenie dolnym rzeki Biebrzy. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 21 (2), 20-32.

Mitsch W.J., Gosselink J.G., 2015. Wetlands 5th Edition. Wiley 456 pp.

Nikora, V., 2010. Hydrodynamics of aquatic ecosystems: An interface between ecology, biomechanics and environmentalfluid mechanics.River Res. Applic.26(4), 367–384.

Okruszko H., 1992. Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i zróżnicowanie. [w:] Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe. Bibl. Wiad. IMUZ nr 79. s. 5-14.

Okruszko T., 2005. Kryteria hydrologiczne w ochronie mokradeł. Rozprawy Naukowe i Monografie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Poskrobko B., 2012. Zarządzanie środowiskiem w Polsce, PWE, Warszawa.

Refsgaard, J.C., 1997. Validation and intercomparison of different updating procedures for real-time forecasting, Nordic Hydrology 28, 65-84.

Roux, H., Artus, D.,2004. Data assimilation applied to hydraulic parameter identification. In British hydrological society international conference 2004, hydrology: science and practice for the 21st century, pages 354–361, London, United Kingdom, 2004.

Smits A.J.M., Cals M.J.R., Dorst H.J., 2001. Evolution of European river basin management. In: River restoration in Europe. Practical Approaches. Eds. H.J. Nijland, M.J.R. Cals. Conference on River Restoration, Wageningen, The Netherlands, 2000. Proceedings. RIZA report 2001.023. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment RIZA, Arnhem, Lelystad.

Strategia ochrony obszarów wodno-błotnych w Polsce, 2006. Ministerstwo Środowiska, Departament Ochrony Przyrody, Warszawa
(http://www.mos.gov.pl/2materialy_informacyjne/raporty_opracowania/strategia_ochrony_plan_dzialan.pdf).

Stratford, C., Brewin, P., Acreman, M., Mountford, O., 2015. A simple model to quantify the potential trade-off between water level management for ecological benefit and flood risk. Ecohydrology & Hydrobiology 15, DOI: 10.1016/j.ecohyd.2015.06.002.

Swiatek D., 2007. Unsteady 1D Flow Model of Natural Rivers with Vegetated Floodplain. Publication of the Institute of Geophysics, 2007, E-7 (401), pp. 237-244.

Swiatek D.,2008. Influence of vegetated floodplains on compound channels discharge capacity in 1D modelling. Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. SC.E-10 (406), pp.155-162.

Świątek D. Kubrak J. Chormanski J., 2006. Steady 1 D water surface model of natural rivers with vegetated floodplain: An application to the Lower Biebrza. Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics River Flow 2006, Vol. 1, pp. 545-553.

Wassen MJ, Okruszko T, Kardel I, Chromanski J, Swiatek D, Mioduszewski W, Bleuten W, Qerner EP, Kahloun ME, Betelaan O, Meire P., 2006. Eco-Hydrological Functioning of the Biebrza Wetlands: Lessons for the Conservation and Restoration of Deteriorated Wetlands. [In:] Bobbink R, Beltman B, Verhoeven JTA, Whigham DF (eds.) Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation, and Restoration. Ecological Studies, 191:285–310.

Watson, J.T., Hobson. J.A., 1989. Hydraulic design considerations and control structures for constructed wetlands for wastewater treatment. In Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, D.A. Hammer, ed., Lewis Pub., Chelsea, MI, 379-392.

Zhang, L., Wang, M.H., Hu, J., Ho, Y.S., 2010. A review of published wetland research, 1991-2008: ecological engineering and ecosystem restoration. Ecological Engineering 36, 973-980.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Osiągnięcia naukowo-badawcze związane z zatrudnieniem w IMGW-PIB

Moje prace naukowo-badawcze dotyczące modelowania filtracji wody przez budowle hydrotechniczne i ich podłoże, modelowania przepływu ciepła w gruncie, modelowania katastrofy zapory i jej hydraulicznych skutków w dolinie rzecznej oraz systemów gromadzenia danych, monitoringu i informacji graficznych dla obiektów hydrotechnicznych, związane są z zatrudnieniem w latach 1986-2014 w IMGW-PIB w Zakładzie Dynamiki Wód Podziemnych; Ośrodku Technicznej Kontroli Zapór oraz Ośrodku Inżynierii i Gospodarki Wodnej. W okresie zatrudnienia w IMGW PIB zajmowałam się głównie opisem filtracji wody przez budowle hydrotechniczne i ich podłoże. Były to zagadnienia związane z modelowaniem matematycznym przepływu wód podziemnych, opisane cząstkowymi równaniami różniczkowymi. Zajmowałam się konstruowaniem modeli matematycznych i numerycznych dotyczących ruchu wody w strefie nasyconej, a w szczególności, filtracji ustalonej i nieustalonej dla ośrodków izo- i anizo-tropowych, analizą płaskich problemów filtracji nieustalonej pod ciśnieniem i z powierzchnią swobodną. Szczególną uwagę skupiłam na zagadnieniu filtracji wód z uwzględnieniem strefy nienasyconej. Do rozwiązywania zagadnień filtracji w opracowanych modelach numerycznych, które wykorzystywały dyskretne metody modelowania, stosowałam metodę różnic skończonych, a następnie metodę elementu skończonego. Swoją wiedzę z zakresu języków programowania i metod numerycznych pogłębiałam na Kursach Zastosowań Matematyki organizowanych przez Instytut Podstaw Informatyki PAN i Instytut Matematyczny PAN. Jestem autorką wielu zaawansowanych programów komputerowych dla środowiska DOS i Windows, przeznaczonych do rozwiązywania przepływu wody w układach jedno-, dwu- i quasi trój-wymiarowych oraz generowania siatek obliczeniowych dla metody różnic skończonych i metody elementu skończonego (model matematyczny i system oprogramowania do symulacji dwuwymiarowej nieustalonej filtracji przez wały przeciwpowodziowe i zapory ziemne z uwzględnieniem strefy nienasyconej; automatyczny generator siatek trójkątnych do zagadnień dwuwymiarowych; model matematyczny i system oprogramowania do symulacji dwuwymiarowej ustalonej i nieustalonej filtracji w strefie nasyconej – II.F.1, II.F.4, II.F.7–8, II.F.11). Opracowane przeze mnie modele stosowane były także do analizy wpływu rozwiązań projektowych na przebieg filtracji, skuteczności zabezpieczeń przeciwfiltracyjnych, określania czasu przesiąkania przez wały przeciwpowodziowe, symulacji awarii urządzeń przeciwfiltracyjnych w zaporach ziemnych i wałach przeciwpowodziowych. Podsumowaniem zdobytej przeze mnie wiedzy w zakresie modelowania filtracji była praca doktorska pt. *„Metody określenia efektywności zabezpieczeń przeciwfiltracyjnych dla wałów przeciwpowodziowych za pomocą analizy numerycznej przepływu wody przez ich korpus i podłoże"*, którą obroniłam z wyróżnieniem w 1998 roku w IMGW PIB. Praca ta została także wyróżniona w Konkursie na najlepsze prace doktorskie obronione w 1998 roku w dziedzinie nauk systemowych, zorganizowanym przez fundację Krzewienia Nauk Systemowych oraz Wyższą Szkołę

Informatyki Stosowanej i Zarządzania w Warszawie oraz dyplomem wyróżnienia w konkursie im. Gabriela Narutowicza przyznawanym przez Radę Naukową IMGW (II.K.1, II.K.2). Za prace w zakresie opracowywania i wdrażania metod określania efektywności zabezpieczeń przeciwfiltracyjnych dla wałów przeciwpowodziowych otrzymałam w 1999 roku Nagrodę Zespołową Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (II.K.3).

W prowadzonych przeze mnie badaniach po doktoracie rozwijałam i doskonaliłam moje autorskie modele i programy obliczeniowe. Zajęłam się także rozwiązywaniem zagadnień filtracji trójwymiarowej dla obiektów hydrotechnicznych, w której stosowałam komercyjne pakiety obliczeniowe (GMS – FEMWATER). Wyniki moich badań w zakresie modelowania matematycznego i numerycznego filtracji zostały opublikowane w czasopiśmie indeksowanym z listy JCR (II.A.1, liczba cytowań WOS 31) oraz w czasopismach spoza tej bazy (II.E.34, II.E.43). Prezentowane były także na konferencjach o zasięgu krajowym (II.L.1-8, II.L.10-12, II.L.23) i publikowane w materiałach konferencyjnych (II.E.49-53, II.E.56, II.E.58-63, II.E.66-69) oraz w mongrafii (II.E.2) i w rozdziale monografii (II.E.8).

W drugim obszarze mojej pracy naukowej zajmowałam się zagadnieniem efektywnego magazynowania energii cieplnej w akumulatorze gruntowym. Badania te były związane z moim uczestnictwem w realizacji projektu *„Określenie efektywności ekologicznego systemu ogrzewania wykorzystującego magazynowanie energii cieplnej w gruncie"* finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (09/96/W-50/NE-PO-TX/D) (II.J.1). Efektem tych prac jest autorski model matematyczny (dwuwymiarowy w układzie osiowo-symetrycznym) przepływu energii cieplnej w akumulatorze gruntowym oraz jego numeryczna implementacja w postaci programu obliczeniowego napisanego w języku C++ dla środowiska Windows. Opracowane przeze mnie efektywne narzędzie prognostyczne umożliwiło szacowanie zmian pola temperatury w akumulatorze dla różnych scenariuszy działania systemu (zmienna długość fazy magazynowania i odbioru energii cieplnej, różne rozmiary akumulatora, wpływ izolacji oraz zmiennych parametrów termodynamicznych gruntu). Wyniki badań magazynowania energii cieplnej w gruncie zostały opublikowane w monografii (II.E.1) oraz w materiałach konferencyjnych (II.E.57, II.E.64-65), prezentowane były także na konferencjach o zasięgu krajowym (II.L.9, III.B.7). Zespół wykonawców realizujący badania nad efektywnością ekologicznego systemu ogrzewania, otrzymał w 2001 roku Nagrodę Zespołową Ministra Środowiska za szczególne osiągnięcia naukowo badawcze w zakresie ochrony, kształtowania i użytkowania środowiska oraz jego zasobów (II.K.4).

W trzecim obszarze mojej pracy naukowej w trakcie realizacji w latach 2009-2011, jako główny wykonawca, projektu *"Flood hazards as a result of dams disaster"* (PL0456 Polish-Norwegian Research Program - Norway Grants) zajmowałam się modelowaniem numerycznym katastrofy zapory i jej hydraulicznych skutków w dolinie rzecznej. Efektem tych badań są modele hydrodynamiczne opracowane w programie MIKE 11 i MIKEFLOOD propagacji fal powodziowych spowodowanych hipotetycznymi katastrofami zapór zbiorników wodnych Besko i Chańcza oraz metodyka analizy

zagrożeń spowodowanych katastrofami zapór, w szczególności wytyczne dla opracowania scenariuszy katastrof zapór betonowych i ziemnych, wytyczne i wskazówki metodologiczne dotyczące określania wielkości fal powodziowych powstałych w wyniku katastrof zapór i zasięgów ich oddziaływań w dolinach rzek. Podsumowaniem tych prac było zorganizowane 15.04.2011 na Politechnice Krakowskiej roku seminarium-konferencji *„Zagrożenia powodziowe powstałe w wyniku katastrof budowli piętrzących"* (byłam członkiem komitetu organizującego seminarium – III.C.2), na którym w gronie naukowców oraz przedstawicieli właściwych jednostek administracji rządowej i samorządowej przedstawiono rezultaty projektu. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie z listy MNiSW (cześć B) (II.E.42) oraz jako rozdział w monografii (II.E.5-7), a także w materiałach konferencyjnych (II.E.89). Prezentowane były na konferencji międzynarodowej (III.B.32) oraz konferencjach o zasięgu krajowym (III.B.40, III.B.41).

W trakcie zatrudnienia w IMGW PIB brałam udział w opracowywaniu systemów gromadzenia danych, monitoringu i informacji graficznych dla obiektów hydrotechnicznych. Jestem współautorem baz danych i systemów informacji przestrzennej dla budowli hydrotechnicznych, które wykorzystywane były w działalności Ośrodka Technicznej Kontroli Zapór IMGW PIB. Wyniki tych prac omówione zostały w raportach (II.F.13, II.F.15, II.F.18, II.F.24, II.F.27) oraz były opublikowane w materiałach konferencyjnych (II.E.48, II.E.54, II.E.55) i prezentowane na konferencjach o zasięgu krajowym (III.B.5, III.B.6).

W mojej pracy naukowej rozpoczęłam także badania związane z wykorzystaniem sieci Bayesowskiej do analizy bezpieczeństwa zapory wodnej. Tego typu podejście nie było dotąd stosowane w hydrotechnice w Polsce. Na przykładzie zapory Klimkówka, w oparciu o monitoring piezometryczny i obserwacje wydatków w drenażu, przeanalizowano możliwość zastosowania wnioskowania w przód i wstecz w celu poznania przyczyn nieprawidłowości w przebiegu filtracji. Efektem tych badań jest artykuł opublikowany w czasopiśmie z listy MNiSW (cześć B) (II.E.41). Niestety z powodu likwidacji mojego stanowiska pracy w IMGW-PIB w 2014 roku, nie mogłam dalej kontynuować podjętych przeze mnie badań nad tym zagadnieniem.

Osiągnięcia naukowo-badawcze związane z zatrudnieniem w SGGW

W związku z zatrudnieniem w 2000 roku w pełnym wymiarze w Zakładzie Hydrologii i Zasobów Wodnych w Katedrze Inżynierii Wodnej w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, rozpoczęłam prace naukowo-badawcze dotyczące modelowania przepływu wód powierzchniowych i podziemnych oraz monitoringu i pomiarów wybranych charakterystyk hydrologicznych na obszarach mokradłowych. Badania te wynikały z tematyki projektów międzynarodowych i KBN/MNiSW/NCBiR (II.J.5-9, II.J.11-12, II.J.17-18), realizowanych w Zakładzie Hydrologii i Zasobów Wodnych, dotyczącej hydrologii mokradeł, ekohydrologii, gospodarowania wodą w siedliskach hydrogenicznych oraz badań terenowych z zakresu funkcjonowania mokradeł na

obszarze bagien w dolinie Biebrzy i Narwi.

Ze względu na długość modelowanych odcinków rzek (w przypadku Biebrzy i Narwi były to odcinki rzek o długościach 50 – 100 km) oraz zakresy czasowe symulacji w opisie matematycznym przepływu wód rzecznych bazowałam na jednowymiarowym układzie równań St. Venanta. W opracowanych przeze mnie modelach hydrodynamicznych przepływu fal wezbraniowych wykorzystywałam w dedykowanych modelach dla Biebrzy i Narwi jednowymiarowe, komercyjne programy obliczeniowe (UNET HEC-RAS, CCHE1D) lub moje programy autorskie opracowane w ramach realizowanych projektów badawczych, których byłam kierownikiem (II.J.5-6). Autorskie modele dedykowane dla dolnej Biebrzy w odróżnieniu od stosowanych komercyjnych pakietów obliczeniowych charakteryzowały się możliwością odejścia od uproszczonego opisu oporów przepływu, wyrażonych poprzez zróżnicowany przestrzennie współczynnik Manninga, na rzecz formuły Darcy-Weisbacha, opisującej oddziaływanie na warunki przepływu roślinności porastającej tereny zalewowe. Efektem prac związanych z opracowaniem jednowymiarowego modelu hydrodynamicznego na obszarze dolnego basenu Biebrzy jest system obliczeniowy przepływu fal wezbraniowych w naturalnych dolinach rzecznych, który składa się z następujących programów komputerowych napisanych przeze mnie w języku programowania C++ i Borland C++ Builder:

- Programu obliczającego nieustalony wolnozmienny przepływ wody w złożonych korytach otwartych porośniętych roślinnością, uwzględniającego proces wymiany masy i pędu wody pomiędzy korytem głównym i terenami zalewowymi (pełen układ równań St. Venanta rozwiązywany jest metodą elementu skończonego, a spadek hydrauliczny określony za pomocą równania Manninga lub Darcy-Weisbacha).
- Programu obliczającego nieustalony wolnozmienny przepływ wody w złożonych korytach otwartych porośniętych roślinnością, wykorzystującego model fali dyfuzyjnej i uwzględniający w rozwiązaniu numerycznym różne długości obszaru przepływu dla lewego terenu zalewowego, koryta głównego oraz prawego terenu zalewowego.
- Programu obliczającego układ zwierciadła wody dla odcinka rzeki w ruchu ustalonym wolnozmiennym dla koryt zwartych i złożonych porośniętych roślinnością.
- Programu obliczającego przepustowość dla porośniętych roślinnością koryt zwartych lub złożonych.
- Edytora graficznego geometrii przekrojów obliczeniowych oraz charakterystyk roślinności porastającej koryto.

Programy te były wykorzystywane w publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe *„Zastosowanie modelowania przepływu wody w dolinie rzeki bagiennej w zarządzaniu obszarami mokradłowymi"*(I.A, I.B.1-3). W ramach kierowanych przeze mnie projektów naukowo-badawczych prowadziłam badania związane z możliwością zastosowania metod teledetekcyjnych i geoinformacyjnych do numerycznego odwzorowania obszaru przepływu na terenach zalewowych. Wykorzystania tych metod do wydzielenia w dolinie zalewowej zbiorowisk roślinnych

zróżnicowanych ze względu na opory przepływu wód wezbraniowych i zidentyfikowania ich charakterystyk hydraulicznych oraz weryfikacji modeli hydrodynamicznych przepływu wód powierzchniowych w oparciu o zasięg zalewu. Wyniki moich prac pokazały, że zastosowanie metod geoinformacyjnych znacznie ułatwia proces kalibracji i weryfikacji modeli hydrodynamicznych w trudno dostępnych dla wykonania pomiarów geodezyjnych obszarach mokradłowych. Efektem prowadzonych badań nad modelowaniem przepływu wód powierzchniowych były publikacje naukowe w czasopismach z listy MNiSW (cześć B) (II.E.24, II.E.26, II.E.27, II.E.29, II.E.30, II.E.33) rozdziały w monografii (II.E.10, II.E.15), w materiałach konferencyjnych (II.E.75-76, II.E.80, II.E.88, II.E.91) oraz prezentacje na konferencjach międzynarodowych (II.L.13, II.L.15, II.L.16, II.L.18, II.L.19, II.L.27, II.L.34, III.B.12, III.B.14, III.B.15, III.B.17, III.B.22, III.B.44), zagranicznych (II.L.25) i krajowych (II.L.20, II.L.21).

W badaniach nad hydrologią mokradeł zasilanych soligenicznie, brałam udział w opracowywaniu modeli przepływu wód podziemnych w oparciu o program obliczeniowy MODFLOW. Efektem tych prac są dedykowane modele dla obszarów mokradłowych w dolinie Biebrzy. Wyniki badań związane ze stosowaniem tych modeli opublikowane były w rozdziale w monografii (II.E.18) oraz prezentowane na konferencji międzynarodowej (III.B.44) i konferencjach krajowych (III.B.25, III.B.29).

Uczestniczyłam w międzynarodowych kampaniach pomiarowych prowadzonych od 17 lat przez Zakład Hydrologii i Zasobów Wodnych SGGW na Bagnach Biebrzańskich w trakcie których brałam udział, a następnie koordynowałam pomiary hydrometryczne. Celem tych badań było pozyskanie danych niezbędnych do oszacowania zmienności przestrzennej współczynnika Manninga w rzekach naturalnych dla różnych okresów wegetacyjnych. Wyniki badań i pomiarów opublikowane były w czasopismach z listy MNiSW (cześć B) (II.E.22) w rozdziale w monografii (II.E.13) materiałach konferencyjnych (II.E.71, II.E.74, II.E.81-82) oraz prezentowane na konferencjach międzynarodowych (II.L.13, II.L.14).

W ramach realizacji na obszarze dolnego basenu Biebrzy w latach 2003-2016 trzech projektów badawczych, których byłam kierownikiem (II.J.5, II.J.6, II.J.18), powstała automatyczna sieć monitoringu położenia zwierciadła wody w korycie rzeki i na terenach zalewowych, składająca się aktualnie z kilkudziesięciu automatycznych czujników pomiarowych. Gromadzone pomiary archiwizowane są w bazie danych i często wykorzystywane w realizacji innych projektów, prac naukowych lub dydaktycznych. Ważnym elementem tych projektów były pomiary hydrometryczne, których celem było pozyskanie danych niezbędnych do oszacowania zmienności przestrzennej współczynników oporu dla różnych okresów wegetacyjnych oraz inwentaryzacja roślinności niskiej i wysokiej na terenach zalewowych w celu określenia jej charakterystyk geometrycznych, wykorzystywanych w obliczeniach współczynników oporu. Efektem prowadzonych badań nad szacowaniem współczynników oporu dla przepływu wody w korycie rzeki i terenach zalewowych są

publikacje naukowe w czasopiśmie z listy MNiSW (cześć B) (II.E.25, II.E.28) oraz prezentacje na konferencjach międzynarodowych (II.L.14, II.L.18).

Moje badania nad pozyskiwaniem danych dla modeli hydrodynamicznych z pomiarów terenowych dotyczyły także określania rzędnych terenu w dolinach rzecznych, określania rzędnych oraz spadków zwierciadła wody rzeki i zalewu przy zastosowaniu technik GPS, które są najczęściej stosowane w trudnodostępnych ze względu na gęstą roślinność i silne uwodnienie terenach mokradłowych. Wyniki prac i doświadczenia związane z automatycznym monitoringiem zwierciadła wody oraz pomiarami rzędnych terenu i położenia zwierciadła wody opublikowane zostały w czasopiśmie indeksowanym z listy JCR (II.A.7) dwóch czasopismach z listy MNiSW część B (II.E.38, II.E.40) oraz prezentowane były na konferencjach krajowych (II.L.30, III.B.43) i opublikowane w materiałach konferencyjnych (II.E.79).

Efektem realizacji projektów i współpracy międzynarodowej, dotyczącej hydrologii mokradeł oraz ekohydrologii są również publikacje naukowe w czasopismach indeksowanych w bazie JCR (II.A.4-6), w czasopiśmie z listy MNiSW (cześć B) (II.E.37), materiałach konferencyjnych (II.E.78, II.E.82, II.E.85) oraz referaty wygłoszone na konferencjach międzynarodowych (III.B.16, III.B.37, III.B.38) i krajowych (III.B.28, III.B.29).

Praktycznym wdrożeniem prowadzonych przeze mnie badań naukowych związanych z modelowaniem w obszarach mokradłowych przepływu wód powierzchniowych i podziemnych oraz ich interakcji są zrealizowane na obszarze BPN projekty w zakresie ochrony i reanturyzacji mokradeł (III.M.20, III.M.32-35).

W swoich badaniach współpracuję także z innymi ośrodkami naukowymi w Polsce. W ramach współpracy z Instytutem Geofizyki PAN nad zagadnieniem dwuwymiarowego modelowania transportu ciepła w wodach rzecznych (III.M.13), został opublikowany artykuł w czasopiśmie indeksowanym z listy JCR (II.A.3). Efektem współpracy naukowej z Katedrą Ekologii Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego (II.J.21) nad modelowaniem przemian azotu i fosforu w małych zbiornikach jest model EH-REK v.1.0, którego jestem współautorem. Jest to nowoczesne narzędzie informatyczne, zaimplementowane w postaci aplikacji webowej (http://model-pl.arturowek.pl/), opracowane w oparciu o koncepcję ekohydrologii. Model ten jest elementem systemu wspierania decyzji dla oceny ryzyka i zapobiegania występowania zakwitów sinicowych w małych zbiornikach miejskich. Wyniki prac nad tym systemem zostały opublikowane w monografii (II.E.3).

Określaniem parametrów geometrycznych roślinności średniej i wysokiej na podstawie inwentaryzacji roślinności w terenach zalewowych zajmowałam się także w trakcie stażu naukowego w USDA Forest Service Center for Forested Watershed Research w Południowej Karolinie w USA, który odbyłam w 2010 roku w ramach programu stypendialnego OECD Co-operative Research Programme: Biological Resource Management for Sustainable Agricultural Systems. Wynikiem tych prac było określenie współczynników oporu systemu korzeni drzew cyprysowych (tzw. „cypres knee") porastających licznie obszary mokradłowe rzeki Turkey Creek w Karolinie Południowej.

Uzyskane rezultaty opublikowane zostały w czasopiśmie z listy MNiSW (część B) (II.E.35) oraz były prezentowane na konferencji międzynarodowej (II.L.29) i zagranicznej (III.B.37).

Podsumowanie osiągnięć naukowo – badawczych

W trakcie mojej pracy naukowej opublikowałam w sumie 48 artykułów, w tym 12 indeksowanych w bazie JCR (sumaryczny IF_{5letni} = 22.215, $IF_{rok\ publikacji}$ = 19.666 (II.G), sumaryczna liczba punktów zgodnie z rokiem publikacji MNiSW lista A = 297) oraz 25 artykułów w czasopismach (sumaryczna liczba punktów zgodnie z rokiem publikacji MNiSW lista B = 128). Wyniki moich prac były prezentowane na 14 konferencjach o zasięgu międzynarodowym, gdzie wygłosiłam 9 referatów i zaprezentowałam 5 posterów oraz 20 konferencjach o zasięgu krajowym, na których wygłosiłam 20 referatów (II.L.1-34). Byłam także współautorem 19 referatów i 7 posterów zaprezentowanych na konferencjach międzynarodowych oraz 20 referatów wygłoszonych na konferencjach krajowych (III.B.1-46). Liczba cytowań moich prac w bazie WoS wynosi 139 (112 bez autocytowań (II.H)), co w efekcie przekłada się na indeks Hirscha H = 6 (II.I). Recenzowałam 17 artykułów naukowych (III.P.1-10). Uczestniczyłam w 21 projektach badawczych (II.J.1-21), w tym 15 finansowanych lub współfinansowanych ze środków zagranicznych (byłam kierownikiem 1 projektu (II.J.18)) i 6 projektach krajowych KBN/MNiSW/NFOŚ (byłam kierownikiem 2 projektów (II.J.5-6)). Wyniki moich badań z inżynierii i gospodarki wodnej realizowanych w IMGW PIB zostały udokumentowane w 27 raportach (maszynopis IMGW PIB) (II.F.1-27). Jestem autorem i współautorem 39 ekspertyz z hydrologii i gospodarki wodnej (III.M.1-39). Za osiągnięcia naukowo badawcze zrealizowane w IMGW PIB otrzymałam dwukrotnie Nagrodę Zespołową Ministra Środowiska za szczególne osiągnięcia naukowo badawcze w zakresie ochrony, kształtowania i użytkowania środowiska oraz jego zasobów (II.K.3-4). Za osiągnięcia w dziedzinie badań naukowych prowadzonych w Zakładzie Hydrologii i Zasobów Wodnych otrzymałam w 2001 Zespołową Nagrodę II stopnia Rektora SGGW, a w roku 2006 i 2009 Zespołową Nagrodę I stopnia Rektora SGGW (II.K.5-7). Byłam edytorem 2 monografii *"Wetlands: Modelling, Monitoring, Management"* i *"Modelling of Hydrological Processes in the Narew Catchment"* (Q.III.1-2). W latach 2000-2010 odbyłam 8 krótkoterminowych staży naukowych na uniwersytetach zagranicznych w Gandawie, Brukseli, Wageningen, University of Mississippi w USA oraz USDA Forest Service Center for Forested Watershed Research w Południowej Karolinie w USA (III.L.1-8).

Poniżej (Tab.1-3) zestawiono tabelarycznie mój dorobek naukowo-badawczy.

Tab.1. Zestawienie opublikowanych prac naukowo-badawczych.

Rodzaj pracy	**liczba**	**Punkty MNiSW**	**Sumaryczny** $IF_{rokpublikacji}/IF_{5letni}$
Czasopisma w bazie JCR	12	292*	19.666/22.215
Czasopisma inne wymienione w wykazie MNiSW	25	118*	
Monografie	3	39**	
Rozdziały w monografiach (język polski)	6	18***	
Rozdziały w monografiach (język angielski)	11	77***	
Konferencje w bazie Web of Science	11	110	
Pozostałe konferencje o zasięgu międzynarodowym	11		
Konferencje o zasięgu krajowym	27		
Razem	**106**	**636**	

* - zgodnie z rokiem publikacji

** - punkty liczone według ankiety SGGW oceny nauczycieli akademickich (do 2014 język polski 12, 2015 język polski 15)

*** - punkty liczone według ankiety SGGW oceny nauczycieli akademickich (język polski 3, język angielski 7)

Tab.2. Wskaźniki oceny dorobku naukowego.

Wskaźnik	Web of Science
Liczba publikacji - konferencje	11
Liczba publikacji - czasopisma	12
Liczba publikacji – rozdz. monografia	2
Liczba cytowań	139
Liczba cytowań bez autocytowań	112
Indeks Hirscha	6

Tab.3. Udział w projektach badawczych

Funkcja	Rodzaj projektu	
	międzynarodowe	KBN/MNiSW/NCN/NFOŚ
Kierownik	1	2
Główny wykonawca	1	
Wykonawca	13	4

6. Informacje o działalności dydaktycznej i organizacyjnej

W ramach pracy dydaktycznej prowadzę lub prowadziłam wykłady i ćwiczenia na kursie magisterskim oraz inżynierskim na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie na wszystkich trzech kierunkach studiów stacjonarnych: Budownictwo, Inżynieria Środowiska oraz Ochrona Środowiska, a także na studiach niestacjonarnych na kierunku Inżynieria Środowiska oraz Ochrona Środowiska. Zdecydowaną większość zajęć prowadzę na studiach magisterskich i są to głównie zajęcia specjalizacyjne lub fakultatywne. Podstawowymi zagadnieniami, którymi się zajmuję jest modelowanie matematyczne w hydrologii i inżynierii środowiska oraz analiza ryzyka i niezawodność systemów inżynierskich. Prowadzę także na kierunku ochrona środowiska przedmiot Risk Analysis w języku angielskim, dla którego opracowałam program dydaktyczny. Wśród 14 przedmiotów, które uczę lub uczyłam, opracowałam samodzielnie program dydaktyczny dla 10 przedmiotów, a dla 2 przedmiotów byłam współautorem. Byłam promotorem 14 prac

magisterskich, 5 inżynierskich oraz ko promotorem pracy licencjackiej, obronionej na Uniwersytecie w Utrechcie (III.J.1-20).

Brałam udział w zorganizowaniu i byłam zastępcą kierownika studium podyplomowego SGGW „Zastosowanie współczesnych metod hydrologii w inżynierii i gospodarce wodnej". Do tej pory odbyły się cztery edycje studium: I edycja XI 2009-IX 2010, II edycja XI 2010 – IX 2011, III edycja XI 2011- IX 2012, IV edycja XI 2012 – IX 2013. Prowadziłam na tym studium przedmiot: „Podstawy modelowania matematycznego w hydrologii", dla którego opracowałam program dydaktyczny.

Należałam do komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji poświęconej hydrologii mokradeł (III.C.1), na której współprowadziłam 4 sesje obrad. Byłam także organizatorem seminarium-konferencji o zasięgu krajowym (III.C.2). W latach 2008 – 2016 pełniłam funkcję sekretarza Zespołu d/s badań naukowych w Komisji ds. Nauki na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska. Aktualnie w kadencji 2016-2020 jestem członkiem Zespół ds. kierunku Inżynieria Środowiska w Komisji ds. Dydaktyki.