Załącznik nr 3

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Wydział Nauk Geograficznych

dr Michał Habel

AUTOREFERAT

Przedstawiający omówienie dorobku oraz osiągnięć w pracy badawczo-naukowej

Bydgoszcz 2022

Spis treści

1. Imię i nazwisko 3

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej 3

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych 3

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) 4

   4.1. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników 9

   4.2. Wkład osiagnięcia w dyscyplinę nauki o Ziemi i środowisku 24

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej 29

   5.1. Aktywność naukowa realizowana z uczelniami zagranicznymi 29

   5.2. Aktywność naukowa realizowana z uczelniami krajowymi 32

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę 34

7. Inne ważne informacje dotyczące kariery zawodowej 37

1. Imię i nazwisko: Michał Janusz HABEL

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- **2012 –** stopień naukowy doktora nauk o Ziemi w zakresie geografii nadany decyzją Rady Naukowej w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego w Warszawie, Polska Akademia Nauk. **Praca obroniona z wyróżnieniem** została napisana pod kierunkiem prof. dra hab. Zygmunta Babińskiego (UKW). Tytuł rozprawy: *Morfodynamika dna doliny dolnej Wisły poniżej Zbiornika Włocławskiego*. Recenzenci: prof. dr hab. Andrzej T. Jankowski (UŚ), dr hab. Artur Magnuszewski, prof. UW.

- **2005 – dyplom magistra geografii w specjalności geografia fizyczna** uzyskany na Akademii Bydgoskiej (obecnie Uniwersytet Kazimierza Wielkiego), Wydziale Nauk Przyrodniczych. Praca magisterska pt. *Zmiana stosunków wodnych środkowego biegu rzeki Wdy w okresie ostatnich 100 lat* została napisana pod kierunkiem prof. dra hab. Zygmunta Babińskiego.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

Zatrudnienie na umowę o pracę (pełny etat):

- 2005 – 2012: asystent w Zakładzie Hydrologii i Ochrony Wód, Instytut Geografii, Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
- 2012 – 2013: asystent w Zakładzie Hydrologii i Ochrony Wód, Instytut Geografii, Wydział Kultury Fizycznej, Zdrowia i Turystyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
- 2013 – 2021: adiunkt w Katedrze Rewitalizacji Dróg Wodnych, Instytut Geografii, Wydział Kultury Fizycznej, Zdrowia i Turystyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
- 2021 – aktualnie: profesor uczelni w Katedrze Rewitalizacji Dróg Wodnych, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy.

Zatrudnienie krótkoterminowe (umowa zlecenie lub o dzieło):

- listopad – grudzień 2013: wykonawca prac w projekcie „*Bilans wodny Jeziorka Czerniakowskiego w Warszawie*", Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- marzec – kwiecień 2018: wykonawca prac w projekcie „*Ocena możliwości żeglugowych rzeką Wisłą ze szczególnym uwzględnieniem wymagań dla transportu turbiny gazowej przewidzianej dla nowego Bloku Gazowo-Parowego w Elektrociepłowni Żerań*", Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach
- październik – grudzień 2021: wykonawca prac w projekcie „*Rozpoznania i oceny usług świadczonych przez ekosystemy wód słodkich w Polsce"*, Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk w Łodzi.

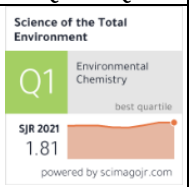
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

Tytuł osiągnięcia:

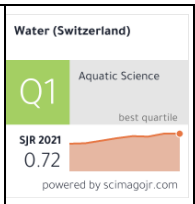
Wpływ zabudowy hydrotechnicznej oraz innych form antropopresji w zlewniach na tempo erozji, transportu i akumulacji osadów rzecznych

Jako główne osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) wskazuję cykl powiązanych tematycznie ośmiu artykułów opublikowanych w latach 2020-2021 w czasopismach reprezentujących dyscyplinę nauki o Ziemi i środowisku, indeksowanych w bazie Web of Science i Scopus, wymienionych w załączniku do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki - wykaz czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych z dnia 1 grudnia 2022 r.

Tabela 1. Charakterystyka cyklu artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe

Poz.	Opis publikacji	Ranga czasopisma wg SJR data - kwartyle od Q1 do Q4	Liczba punktów[1]	IF[1]
Artykuł 1	Gierszewski P., **HABEL M.,** Szmańda J., Luc M., 2020. *Evaluating effects of dam operation on flow regimes and riverbed adaptation to those changes.* Science of the Total Environment, art. no 136202 https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136202		200	7.963
Wkład autorski: Współuczestnictwo w opracowaniu koncepcji badawczej, które polegało na wskazaniu konieczności przeanalizowania efektywności procesów fluwialnych w zidentyfikowanych przeze mnie trzech okresach o różnym reżimie eksploatacji stopnia wodnego we Włocławku. Oprócz udziału w pisaniu i edycji manuskryptu w różnych jego częściach (m.in. metody badań, dyskusja), opracowałem rozdział 3.2. poświęcony transformacji morfologii koryta (*3.2. River channel transformation*) wraz z rycinami nr 5, 6 i 7. Przygotowany przeze mnie rozdział zawierał wyniki własnego monitoringu erozji i akumulacji osadów w korycie Wisły (grant promotorski N N306 2178 37) oraz wyniki prac, w ramach, których wykonano 18 wierceń geologicznych w korycie Wisły wiertnicą zainstalowaną na barce (grant MNiSW N306 437438). Opracowałem również szczegółowy profil podłużny koryta Wisły ze wskazaniem rzędnych stropu formacji geologicznych odpornych na erozję oraz określiłem maksymalną głębokość do jakiej „przerabiane" były aluwia Wisły w okresie ostatnich 40 lat, w odcinku 60 km poniżej zapory. Wyniki moich badań zostały wykorzystane do sformułowania wniosków dotyczących wpływu transformacji reżimu hydrologicznego Wisły, scharakteryzowanego za pomocą wskaźnika IHA na zmiany morfologii koryta Wisły oraz cechy sedymentologiczne aluwiów poniżej zapory we Włocławku. Efektem tych kompleksowych badań oraz nowego podejścia w ocenie adaptacji koryta dużej rzeki do zmieniającego się reżimu hydrologicznego, powodowanego			

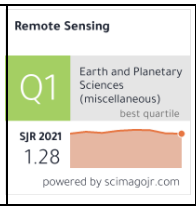
pracą zapory, było sformułowanie kilku bardzo ważnych wniosków. Dotyczą one między innymi wpływu sposobu eksploatacji urządzeń piętrzących wodę na efektywność morfotwórczą wód rzecznych poniżej zapór. O uniwersalnym znaczeniu wyników badań przedstawionych w artykule świadczy jego duża cytowalność: WoS – 43, Scopus – 46, Researchgate – 56, Google Scholar – 62.

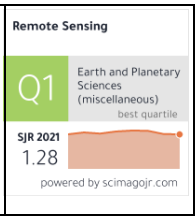
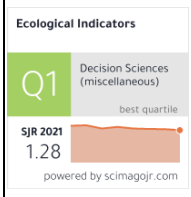
Artykuł 2	Obodovskyi O., **HABEL M.***, Szatten D., Rozlach, Z., Babiński Z., Maerker M. 2020. *Assessment of the Dnieper Alluvial Riverbed Stability Affected by Intervention Discharge Downstream of Kaniv Dam.* Water (Switzerland), 12, 1104 https://doi.org/10.3390/w12041104 **autor korespondencyjny*		100	3.103

W artykule zawarto wyniki moich badań uzyskanych w ramach realizacji projektu badawczego 7 Programu Ramowego UE akr. FLUMEN pt. *Fluvial processes and sediment dynamics of slope channel systems: Impacts of socio economic-and climate change on river system characteristics and related services*. Od początku koordynowałem proces zbierania danych oraz prace obejmujące przygotowanie artykułu. Opracowałem samodzielnie koncepcję badań, dokonałem omówienia części wyników (podrozdziały: *3.1. Monitoring of Channel processes MCP* oraz *3.3. Channel Stability*) oraz przeprowadziłem dyskusję wyników. Odpowiadałem również za przygotowanie podrozdziału poświęconego metodyce monitorowania parametrów stabilności koryta i opracowania danych morfologicznych. Byłem odpowiedzialny za opracowanie manuskryptu do oceny przez recenzentów i współpracę z redakcją (autor korespondencyjny). Publikacja jest często cytowana przez badaczy: WoS – 7, Scopus – 15, Researchgate – 12, Google Scholar – 14.

Artykuł 3	Szmańda J., Gierszewski P., **HABEL M.**, Luc M., Witkowski K., Bortnyk S., Obodovskyi O. 2021. *Response of the Dnieper River fluvial system to the river erosion caused by the operation of the Kaniv hydro-electric power plant (Ukraine).* Catena, 202, 105265 https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105265		140	6.367

Mój wkład autorski w przygotowanie publikacji to współautorstwo koncepcji badawczej. W artykule zawarto wyniki moich badań, uzyskanych w ramach realizacji prac kierowanego przeze mnie projektu badawczego z 7 Programu Ramowego UE akr. FLUMEN. Podczas przygotowywania manuskryptu byłem odpowiedzialny za opracowanie danych uzyskanych podczas własnych pomiarów terenowych koryta Dniepru poniżej zapory w Kaniewie (kampanie pomiarowe w 2014, 2015 i 2016). Zebranie materiałów było możliwe dzięki realizacji staży naukowych na Uniwersytecie Kijowskim oraz nawiązaniu współpracy naukowej z prof. dr Oleksandrem Obodovskiym. Koncepcja badawcza pracy została oparta o wcześniej wypracowane już podejście metodologiczne, zastosowane w Artykule 1. Oprócz udziału w pisaniu i edycji manuskryptu w różnych jego częściach m.in. metody badań czy dyskusja, jako mój samodzielny wkład do manuskryptu należy zaliczyć rozdział poświęcony dynamice erozji i akumulacji (*3.2. River channel and form changes*) wraz z rycinami nr 8, 9 i 10. Pozyskane przeze mnie dane hydrologiczne dla Dniepru oraz dane morfologiczne stanowiły podstawę do opracowania wniosków dotyczących transformacji reżimu hydrologicznego Dniepru za pomocą wskaźnika IHA. Publikacja

uzyskała już cytowania: WoS – 4, Scopus – 3, Researchgate – 4, Google Scholar – 4.				
Artykuł 4	Szatten D., **HABEL M.,** Babiński Z., 2021, *Influence of Hydrologic Alternation on Sediment, Dissolved Load and Nutrient Downstream Transfer Continuity in a River: Example Lower Brda River Cascade Dams (Poland)*, Resources, 10(7), 70 https://doi.org/10.3390/resources10070070		100	-
Mój wkład autorski w przygotowanie publikacji to współautorstwo koncepcji badawczej i metodologii. Odpowiedzialny byłem za zebranie i przygotowanie danych do analiz bilansu ładunków rumowiska. Jestem autorem analiz i opisu rozdziału *3.2. Link between Sediment, Dissolved Load, Nutrient Transport and Flow Regime on LBC*. Jestem współautorem rozdziału dyskusja w zakresie powiązań zmian reżimu z transportem rumowiska zawieszonego, rozpuszczonego i nutrientów w obrębie kaskady zbiorników. Zaproponowałem część koncepcji badań dotyczącej analizy jakościowej zmian reżimu hydrologicznego – za pomocą wskaźników IHA, które były również wykorzystywane do charakterystyki reżimu hydrologicznego w innych publikacjach, których byłem współautorem (**Artykuły 1 i 3**).				
Artykuł 5	**HABEL M.,** Mechkin K., Podgorska K, Sanes M., Babiński Z., Absalon D., Podgórski Z., Obolewski K. 2020. *Dam and reservoir removal projects – a mix of social-ecological trends and cost-cutting attitudes,* Nature - Scientific Reports, no 10, art. no 19210 https://doi:10.1038/s41598-020-76158-3		140	4.379
Jestem głównym pomysłodawcą tej pracy, a inspiracją były wyniki badań opublikowane przeze mnie wcześniej (Habel, Babiński 2016). Mój bezpośredni wkład w powstanie tego osiągnięcia to przede wszystkim autorstwo koncepcji i metodologii badań, zebranie i koordynowanie zbierania danych z 20 instytucji rządowych USA i Europy, omówienie wyników przeprowadzonych rozbiórek zapór w zakresie ilościowym i jakościowym, przeanalizowanie wpływu likwidacji zapór na transport i akumulację osadów w dół rzeki, przygotowanie dyskusji. Publikacja jest często cytowana przez badaczy z całego świata: WoS – 7, Scopus – 9, Researchgate – 15, Google Scholar – 16, a dostęp do tej publikacji na witrynie nature.com uzyskało dotychczas prawie 7 tys. internautów. Publikacja była omawiana przez PAP (https://tiny.pl/wm9ct), portal Nauka w Polsce (https://tiny.pl/wm9w8) oraz Gazetę Wyborczą (https://tiny.pl/wm9ch).				
Artykuł 6	Szatten D., **HABEL M.** 2020. *Effects of land cover changes on sediment and nutrient balance in the catchment with cascade-dammed waters.* Remote Sensing, 12 (20), 3414 https://doi.org/10.3390/rs12203414		100	4.848
Mój bezpośredni wkład w powstanie tego artykułu to autorstwo koncepcji i metodologii badań. Do interpretacji danych teledetekcyjnych wykorzystałem opracowany przeze mnie zestaw narzędzi skomponowany z różnych programów tworzących środowisko GIS. Został on użyty do oceny źródeł dostawy osadów do koryt rzecznych w zlewni Brdy. W zakresie przygotowania wyników i dyskusji odpowiadałem za przygotowanie wyników dotyczących				

relacji zmian użytkowania terenu w zlewni Brdy na podstawie danych CLC i dynamiki dostawy drobnoziarnistych osadów do Zbiornika Koronowskiego, w tym przygotowanie rozdziału *3.2.1. SSL Transport Dynamics*. Cytowalność tej publikacji wynosi: WoS – 14, Scopus – 14, Researchgate – 15, Google Scholar – 16.				
Artykuł 7	Chalov S., Prokopeva K., **HABEL M.**, 2021. *North to South Variations in the Suspended Sediment Transport Budget within Large Siberian River Deltas Revealed by Remote Sensing Data.* Remote Sensing; 13(22), 4549 https://doi.org/10.3390/rs13224549		100	5.349
Artykuł zawiera wyniki badań projektu, który koordynowałem, finansowanego przez UE z programu Horizon2020, ze środków na badania Arktyki – program INTERACT, akr. „KolymaSed" pt. *Assessment of sediment fluxes in the lower Kolyma River System* (nr 730938). W ramach ww. projektu odbyłem staż naukowy w arktycznej części Syberii, na stacji North East Science Station w Chersky, w ujściowym odcinku rzeki Kołymy, gdzie przeprowadziłem kampanie pomiarowe w terenie. Mój wkład w powstanie tej publikacji to przede wszystkim opracowanie metodologii badawczej, gdzie zaproponowałem zestaw narzędzi skomponowany z różnych programów tworzących środowisko GIS dla teledetekcyjnej oceny koncentracji rumowiska zawieszonego w deltach dużych rzek. W artykule wykorzystałem również wyniki własnych pomiarów, które prowadziłem na rzece Kołymie w czerwcu i lipcu 2021 r. Wyniki moich pomiarów jak i tych dostarczonych przez współautorów dla pozostałych rzek pozwoliły mi na kalibrację danych pomiarowych z obrazami satelitarnymi. Zaangażowany byłem również w przygotowanie rozdziałów omawiających wyniki badań oraz ich dyskusję – podrozdział *4.1. Drivers of Sediment Transport Changes along Deltas.*				
Artykuł 8	Malik I., Wistuba M., Absalon D., **HABEL M.**, Chalov S., Yuad R. 2021. *Hydrodynamic parameters of floods and related bank erosion events indicated from tree rings and 2D hydrodynamic model for a small ungauged catchment (Sudeten Mts., Poland),* Ecological Indicators, 129, 108021 https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108021		140	6.263
Mój wkład w przygotowanie tej pracy obejmuje: opracowanie i opisanie metodyki badań jaka została wykorzystana do analiz erozji osadów w korycie rzeki Łomniczki w oparciu o narzędzia do symulowania hydrodynamiki i transportu osadów. Zastosowałem opracowaną przeze mnie metodykę badań do analizy danych z pomiarów geodezyjnych oraz analiz uziarnienia dostarczonych przez współautorów realizujących projekt NCN 2011/01/B/ST10/07096. Wykorzystanie opracowanej metodyki umożliwiło rekonstrukcję warunków hydrodynamicznych i transportu osadów w niekontrolowanej zlewni, w 37 przypadkach ekstremalnie wysokich przepływów wód powodujących erozję brzegów. Świadectwem tej erozji były blizny na korzeniach drzew. Przygotowałem opis metodologii badań, część wynikową dotyczącą rezultatów modelowania prędkości przepływu wody oraz wyznaczenia naprężenia ścinającego działających na dno koryta. Opracowałem również opis rozdziału z dyskusją poświęcony wynikom modelowania, a konkretnie zrekonstruowałem warunki hydrodynamiczne podczas przepływów w czasie których				

zachodziła intensywna erozja brzegów koryta Łomniczki (podrozdziały: *5.1. The accuracy and limitations of dendrocronological dating of floods and bank erosion* i *5.2. The accuracy and potential of dendrochronologiacl and 2D modelling in indication of floods and bank erosion*), oraz ryciny 4, 5 i 6.

Tabela 2. Podsumowanie wskaźników bibliometrycznych osiągnięcia naukowego na tle pozostałego dorobku

Publikacje	Sumaryczny Impact Factor z roku opublikowania	Sumaryczna liczba punktów MEiN
Osiągnięcie naukowe	**38,272**	**1020**
Pozostały dorobek	19,668	1353
Łącznie	57,940	2373

Tabela 3. Liczba cytowań publikacji osiągnięcia naukowego na tle pozostałego dorobku (stan na 25.09.2022)

Publikacje	Web of Science	Scopus	Google Scholar	Researchgate
Osiągnięcie naukowe	**77**	**84**	**104**	**106**
Autocytowania osiągnięcia	12	14	14	14
Pozostały dorobek	61	82	255	167
Łącznie cały dorobek	144	177	370	273
Łącznie cały dorobek bez autocytowań	95	128	321	224

Podsumowanie: Na osiągnięcie naukowe składa się osiem oryginalnych artykułów. Ukazały się one w latach 2020-2021 w czasopismach zagranicznych indeksowanych w bazie WoS i Scopus, wymienionych w wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych zamieszczonym w załączniku do komunikatu Ministra EiN z dnia 21 grudnia 2022 r. Wszystkie prace przypisane są do dyscypliny naukowej „Nauki o Ziemi i środowisku", z punktacją w zakresie od 100 do 200 pkt. O wysokiej randze czasopism, w których opublikowano siedem artykułów składających się na osiągnięcie naukowe, świadczy fakt, że zaliczono je do grupy czasopism Q1 (wg rankingu SJR – Scientifc Journal Rankings), a jedno do Q2 (czasopismo *Resources*). W przypadku rankingu JIF (Journal Impact Factor) czasopismo *Water* zaliczono do grupy czasopism Q2. Sumaryczny wskaźnik Impact Factor za osiągnięcie naukowe wynosi 38,272, a łączna liczba punktów za osiągnięcie to 1020 (średnia za artykuł = 127,5 pkt). Publikacje tworzące osiągnięcie były dotychczas cytowane 77 razy wg bazy WoS, 84 razy – wg bazy Scopus, a 104 razy – wg Google Scholar.

4.1. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników

Wstęp

Kształtowanie systemów rzecznych zależy od przebiegu procesu korytowego, którego składowe to erozja (E), transport (T) i akumulacja (A) osadów. Tempo erozji, transportu i akumulacji osadów nazywane dalej „ETA", uzależnione jest przede wszystkim od czynnika naturalnego, jakim jest klimat, modyfikowanego warunkami geologicznymi podłoża i gospodarką człowieka, która w tym procesie ma coraz to większy udział (Grant i in. 2003). Wymiary przekroju poprzecznego koryta przez który odbywa się przepływ wody i osadów, zmieniają się odpowiednio do zmian wielkości przepływu czy ładunku osadów, co wywołuje zmiany morfologii koryta wskutek erozji bądź akumulacji osadów (Lane, 1955; Knighton, 1998). W warunkach naturalnych koryto rzeczne kształtuje się w długim czasie, aby uzyskać równowagę hydrodynamiczną (Kondolf, 1997). Dynamika zmian brzegów koryta i dna jest naturalna, a jej szybkość pozwala odróżnić rzeki stabilne od rzek niestabilnych (Makkavieev, 1955; Schumm, 1969).

Osady rzeczne są ważnym naturalnym składnikiem krajobrazu dna doliny rzecznej. Różnicują one między innymi siedliska ekologiczne oraz odpowiadają za dostawę i warunki do kumulacji zanieczyszczeń w ekosystemie rzecznym (Vercruysse i in., 2017; Obolewski, Habel…i in., 2021). Czas i drogi dostawy osadów do koryt rzecznych modyfikowane mogą być m.in. przez działalność człowieka (Zwoliński, 1989; Kostrzewski i in. 1994; Walling i Fang, 2003). Przy stale wzrastającej antropopresji, trudno jest oddzielić w sposób jednoznaczny to, co jest efektem wpływu czynników naturalnych na rozwój koryt rzecznych od tego, co nosi znamiona działalności pośredniej (np. przyspieszenie antropogenicznych zmian klimatu, czy rolnictwo) lub bezpośredniej człowieka (np. przerwanie ciągłości hydrologicznej rzek przez zabudowę hydrotechniczną). Uznaje się, że współczesne tempo erozji kontynentalnej jest intensyfikowane właśnie przez działalność człowieka (Wilkinson i McElroy, 2007), ale jednocześnie obserwowany jest spadek ładunków transportowanego rumowiska w odcinkach ujściowych w większości dużych rzek na Świecie (Syvitski i in., 2009). W szczególności sztuczne zbiorniki wodne przyczyniają się do redukcji dostawy rumowiska rzecznego do oceanu światowego (Walling, Fang, 2003; Kondolf i in. 2014). Przyjmuje się, że około 30-40% materii transportowanej rzekami w formie osadów zatrzymują zbiorniki wybudowane przez człowieka (Vörosmarty, 1997; Wildi, 2010). Wielkość i zmienność przepływu decyduje o intensywności transportu osadów, przegrodzenie koryta zaporą ogranicza ciągłość hydrologiczną rzeki, a w konsekwencji kontinuum transportu rumowiska rzecznego (Vannote i in., 1980; Pringle 2001). Dość powszechna na świecie obecność zapór na rzekach spowodowała, że więcej niż 50% dużych rzek utraciło ciągłość hydromorfologiczną i ekologiczną (Ward i Stanford 1995, Nilsson et al., 2005, Li et al., 2011). Należy mieć na uwadze, że zachowanie ciągłej dostępność rumowiska klastycznego jest również konieczne, aby zachować naturalny charakter procesów fluwialnych. Obserwowane obecnie szybkie zmiany klimatu powodują, że przepływy wód w rzekach są coraz bardziej nieregularne (Hoegh-Guldberg i in., 2018), a w obszarach wysokich szerokości geograficznych półkuli północnej dominującym źródłem dostawy materiału do koryt rzecznych stają się produkty termoerozji. Wyrazem zachodzących zmian jest wzrost przepływów rzek Arktyki o 49% wiosną i o 31% zimą (Shiklamanov i in. 2021) oraz ładunku materiału klastycznego transportowanego tymi rzekami. Oprócz zmian klimatycznych poważny wpływ na systemy rzeczne mają szczególnie zmiany w użytkowaniu gruntów (Alcamo i in. 2007; Bussy i in. 2016). Nie bez znaczenia na zwiększoną dostawę osadów ze zlewni mają (i nadal będą miały) pożary, do których

dochodzi na coraz większej powierzchni Ziemi. Przykładowo w USA nastąpił wzrost o ok. 400% powierzchni areałów objętych pożarami w okresie ostatnich 30 lat (Congressional Research Service, 2022). Wzrost populacji ludzkiej i coraz częściej obserwowana nierównomierność opadów prowadzi do konieczności wyboru radykalnych rozwiązań technicznych zaopatrzenia w wodę, m.in. budowy zbiorników na rzekach (Tullos i in., 2020). Jednak, efektywność użytkowa zbiorników zmniejsza się wraz z utratą ich pojemności (Szatten, Habel i in. 2018, Pieron i in. 2018). Według raportów badaczy amerykańskich Annandale i in. (2016) i Randle i in. (2019) już na początku lat 90. XX w. znaczna część zbiorników do magazynowania wody w Stanach Zjednoczonych utraciła swoją pojemność użytkową. Udokumentowano, co najmniej sześć przypadków rozbiórki dużych zapór (>30 m) w USA, które zostały wcześniej wycofane z użytku ze względu na nadmierne wypełnienie osadem.

Motywy podjęcia tematu

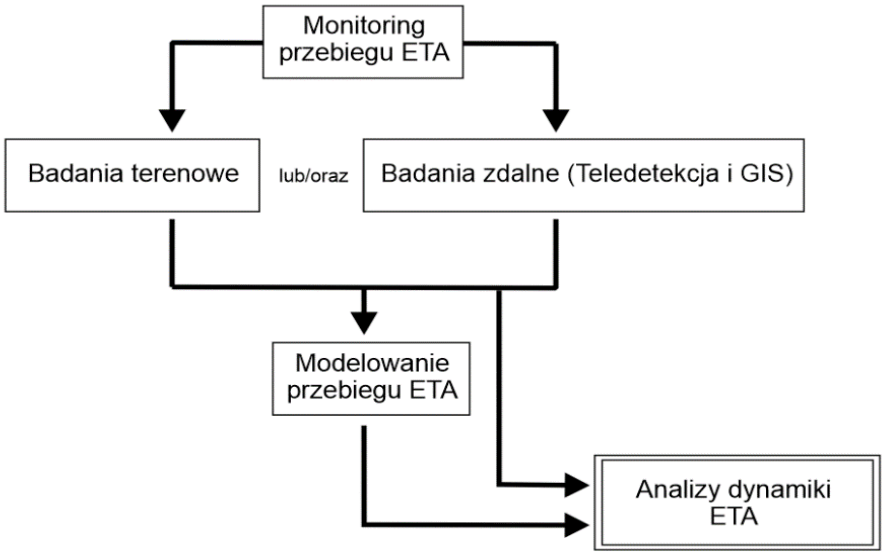
Mając na względzie udowodnione w skali globalnej zmiany warunków przepływu wód i rumowiska klastycznego, jako swoisty ślad działalności ludzkiej, niniejsze osiągnięcie stanowi wkład w doskonalenie metod monitorowania i analizowania przebiegu erozji, transportu i akumulacji osadów rzek. Motywację do podjęcia prowadzonych badań w ramach osiągnięcia można zilustrować w postaci cytatu:

> *The need to progress understanding of sediment systems at landscape is identified globally as a scientific and policy priority, since such knowledge is a prerequisite for understanding anthropogenic and climatic impacts on geochemical cycles and for targeting improved management for protecting soil and water resources essential for sustainable development livelihoods* (Foster and Gellis, 2021; *Catena*)

W nawiązaniu do informacji zawartych powyżej, sformułowano następujące pytania badawcze:

(1) Jak zmiana reżimu przepływu wód rzecznych może oddziaływać na dynamikę ETA?
(2) W jaki sposób skutecznie w sposób zdalny monitorować i analizować dynamikę ETA?
(3) Czy możliwe jest opracowanie miarodajnego modelu do odtwarzania i symulacji tempa ETA?

Odpowiedź na postawione pytania badawcze stała się możliwa dzięki realizacji projektów dwóch krajowych (MNiSW nr N N306437438 i MNiSW nr N N306217837) oraz dwóch międzynarodowych o akronimach FLUMEN oraz KolymaSed. Odbyłem również sześć staży naukowych w zagranicznych jednostkach badawczych, dzięki czemu nawiązałem współprace z doświadczonymi zespołami naukowców i stworzyłem stanowisko do modelowania hydrodynamiki i transportu rumowiska rzek wyposażone wydajny komputer oraz oprogramowanie MIKE 21C na licencji Duńskiego Instytutu Hydrauliki (DHI). Efektem przeprowadzonych prac jest seria powiązanych tematycznie ośmiu artykułów opublikowanych w 2020 i 2021 r. Wyniki badań zawarte w artykułach pokazują różne podejścia metodyczne, które zastosowałem do realizacji głównego celu badań. W **artykułach 1-5** wykorzystano wyniki prowadzonego przeze mnie długoterminowego monitoringu ETA. Jest to sprawdzona i stosowana od wielu lat metoda polegająca na stałych obserwacjach zmian parametrów morfologicznych koryt z dokładnością geodezyjną. Z kolei w **artykułach 6 i 7** wykorzystano wyniki obliczeń w oparciu o dane teledetekcyjne, do kalibracji których wykorzystano własne dane pomiarowo-obserwacyjne (badania koncentracji zawiesiny). W ostatnim artykule (**Artykuł 8**) do określenia dynamiki ETA wykorzystano modele matematyczne i numeryczne. Zastosowany model procesu badawczego przedstawiono na rycinie 1.



Rycina 1. Schemat przyjętego modelu procesu badawczego dynamiki ETA (erozji, transportu i akumulacji osadów rzek)

Cel badań

Głównym celem badań jest ustalenie prawidłowości pomiędzy hydrodynamiką wód a erozją, transportem i akumulacją (ETA) osadów rzek podlegających oddziaływaniu człowieka. Realizacja przyjętego celu głównego stała się możliwa dzięki następującym celom szczegółowym, tj.:

(1) określenie prawidłowości adaptacji koryt rzek do funkcjonowania w warunkach przerywania i przywracania ciągłości transportu rumowiska klastycznego spowodowanego obecnością zapór (**Artykuły 1 – 5**);

(2) ocena przydatności danych teledetekcyjnych do oceny tempa ETA w zlewniach rzecznych (**Artykuły 6 i 7**);

(3) opracowanie modelu matematycznego i numerycznego do rekonstrukcji parametrów hydrodynamicznych i transportu rumowiska na niekontrolowanych odcinkach koryt rzecznych (**Artykuł 8**).

Omówienie wyników badań oraz przedstawienie wniosków z realizacji poszczególnych celów wraz z odpowiadającymi im publikacjami zostało zaprezentowane w dalszej części autoreferatu.

Obszar badań

W związku z pogłębiającą się luką badawczą w zakresie monitorowania i pozyskiwania wiarygodnych danych dla „zasilania" modeli erozji, transportu i akumulacji osadów, w szczególności dużych rzek (Habel i in., 2021; Obolewski, Habel…i in., 2021), postanowiono skoncentrować się głównie na odcinkach rzek powyżej i poniżej zapór (**Artykuły 1 – 6**). Oddziaływanie zmian klimatu, w tym termoerozji, jako przykłady pośredniego oddziaływania człowieka na ETA zbadano w obrębie ujściowych odcinków dużych rzek syberyjskich (**Artykuł 7**). Odcinek koryta rzeki górskiej (Łomniczki) wykorzystano do testowania skuteczności symulowania tempa ETA za pomocą modeli matematycznych i numerycznych (**Artykuł 8**).

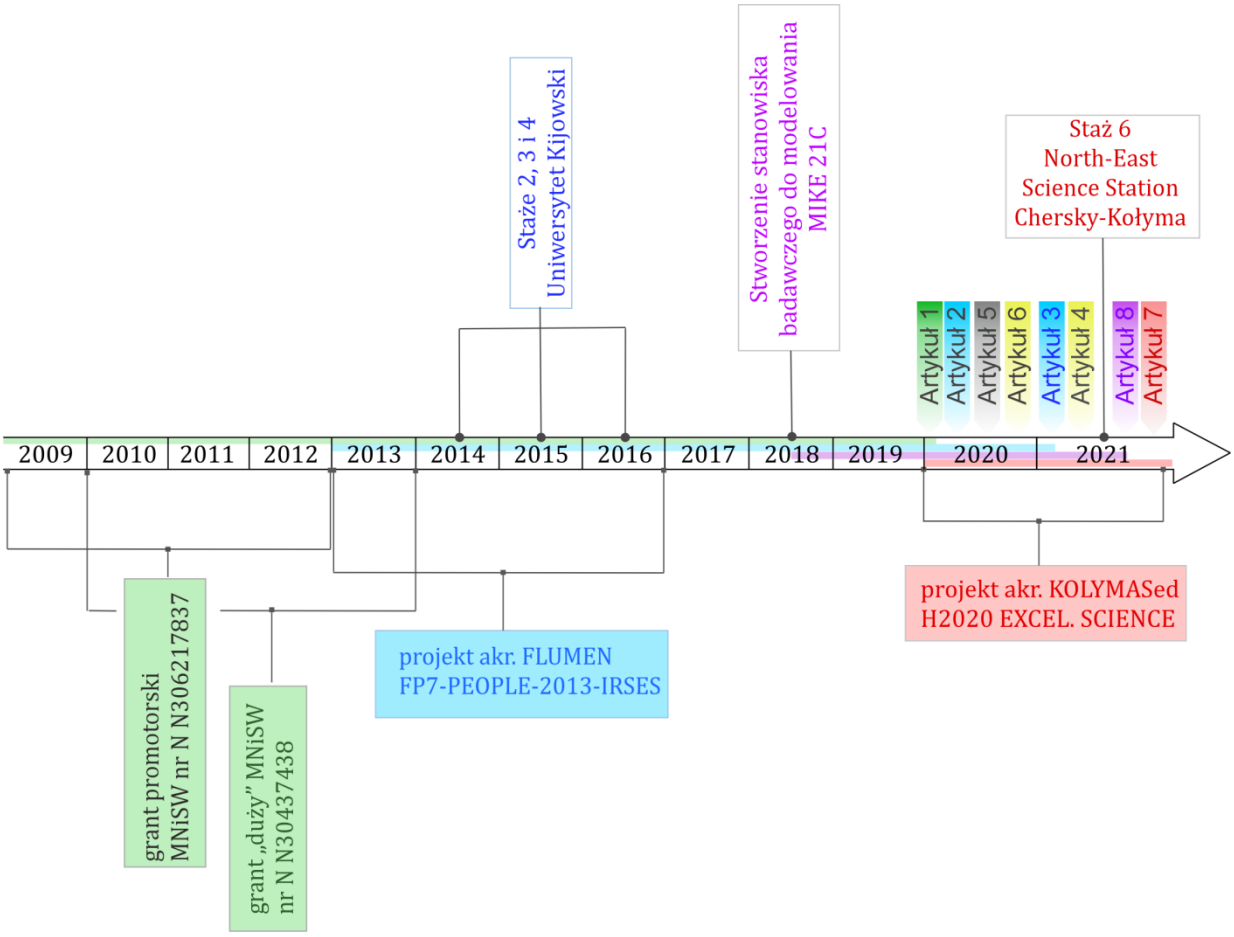
Szczególnie ważne, ze względu na przyjęty cel były badania przeprowadzone na około 45 km długości odcinkach dolnej Wisły i środkowego Dniepru (Ukraina). Badane fragmenty koryt obu rzek funkcjonowały w warunkach deficytu transportowanego rumowiska klastycznego. Rzeka Wisła poniżej zapory we Włocławku stanowi fragment koryta, które przed regulacją miało typowy roztokowo-anastomozujący charakter z osadami aluwialnymi w dnie o miąższości od ok. 5 do 25 m. W wyniku spiętrzenia Wisły o 14 m powstał największy pod względem powierzchni zbiornik zaporowy w Polsce (75 km^2). Średni dopływ wody do zbiornika w latach 1971–2015 wynosił 931,8 $m^3 \cdot s^{-1}$. Zapora we Włocławku oddana do użytku w 1969 r., stanowi przykład pojedynczej zapory na dużej rzece nizinnej. Eksploatacja tak położnej zapory na nieuregulowanej rzece powoduje znaczne problemy eksploatacyjne, tj. erozję koryta poniżej zapory, wzmożoną akumulację rumowiska klastycznego w zbiorniku i cofce oraz zagrożenie powodziami zatorowymi. Reżim przepływów powodowany pracą zapory zmieniano dwukrotnie. Początkowo była to praca szczytowo-interwencyjna, przez krótki moment przepływowa, aktualnie funkcjonuje w reżimie remontowo-interwencyjnym (przepływowy z przerwami na permanentne prace konserwacyjne). Z kolei badany odcinek Dniepru został przekształcony w wyniku oddziaływania zapory i elektrowni wodnej w Kaniowie, która jest jedną z sześciu zapór kaskady Dniepru. Średni przepływ wód Dniepru przez zaporę w Kaniowie wynosi około 1345 $m^3 \cdot s^{-1}$ (1971-2015). Koryto Dniepru poniżej zapory ma charakter rzeki anastomozującej, swobodnie wcinającej się w piaszczyste podłoże. W wyniku oddziaływania zapory i elektrowni wodnej, działającej w dwóch reżimach eksploatacyjnych: szczytowo-interwencyjnym i przepływowym ze sporadycznymi interwencyjnymi zrzutami koryto Dniepru uległo znacznej transformacji. Czas eksploatacji zapór we Włocławku i w Kaniowie jest zbliżony i wynosi około 50 lat.

Badania dynamiki ETA prowadzono również w deltach rzek syberyjskich: Kołymy, Leny, Selengi i Górnej Angary. Dwie pierwsze wielkie rzeki położone są w północno-wschodniej części Syberii i tworzą swe delty w wodach Oceanu Arktycznego, strefie tundry, obszarze występowania ciągłej wieloletniej zmarzliny. Zlewnia Kołymy w 100% leży w strefie występowania ciągłej warstwy wieloletniej zmarzliny. Obszary Arktyki charakteryzują się najszybciej postępującymi wzrostami temperatury na Ziemi. Rzeki Selenga i Górna Angara położone są w strefie stepowej i leśno-stepowej w obrębie Wyżyny Środkowosyberyjskiej i uchodzą do Jeziora Bajkał.

Badania prowadzono również na dwóch mniejszych rzekach Brdzie i Łomniczce. Rzeka Brda to rzeka nizinna, lewy dopływ Wisły. Jest ona przykładem rzeki o silnie zmienionych warunkach przepływu wód spowodowanych przez stopnie wodne kaskady dolnej Brdy oraz budowle wodne w obrębie Bydgoskiego Węzła Wodnego. W latach 1960-1970 na Brdzie zbudowano trzy zapory ze zbiornikami Koronowskim, Tryszczyńskim i Smukalskim o łącznej pojemności 84,3 mln m^3. Średni odpływ wody z ostatniego zbiornika kaskady wynosi 26,4 $m^3 \cdot s^{-1}$ (1962–2015). Z kolei Łomniczka to mała rzeka górska, której przepływy charakteryzują się dużą nieregularnością (od kilku litrów na sekundę do >100 $m^3 \cdot s^{-1}$). Rzeka ta jest prawym dopływem Łomnicy położonej w Sudetach Zachodnich, we wschodniej części Karkonoszy. Zlewnia Łomniczki ma powierzchnię 13,88 km^2, koryto jest częściowo uregulowane progami i zabudową brzegową, spadek podłużny wynosi od 63 do 98‰. Badania prowadzono na odcinku nieuregulowanym wciętym w osady glacjalne lodowca górskiego.

Metody badawcze i źródła danych

Badania, których wyniki zaprezentowano w autoreferacie prowadzono w latach 2009 – 2021. Na rycinie 2 zaprezentowano na osi czasu terminy rozpoczęcia i zakończenia prac składających się na osiągnięcie naukowe. Podstawą opracowania **Artykułów 1-4, 6 i 7** były dane uzyskane w wyniku własnych badań terenowych przy wykorzystaniu powszechnie stosowanych metod pomiarowych stosowanych w geomorfologii fluwialnej. Rozwijano przy tej okazji nowe techniki badawcze (patrz Prototyp 1 *River Explorer* oraz Patenty 3 i 4 – Załącznik nr 4, pkt. 5) mające szanse na szersze stosowanie w przyszłości.



Rycina 2. Oś czasu przebiegu prac składających się na osiągnięcie naukowe (odpowiednie kolory pól i czcionek tekstu przypisano do konkretnego artykułu)

Prace terenowe obejmowały:

- pomiary głębokości/rzędnych dna koryta w przekrojach poprzecznych za pomocą zestawu urządzeń: echosonda jednowiązkowa, odbiornik geodezyjny GPS GNSS na pontonie motorowym (**Artykuły 1-3 i 7**);
- pobór próbek osadów korytowych i zawiesiny w przekrojach poprzecznych, celem późniejszego ustalenia charakterystyk ich uziarnienia (**Artykuły 1, 2 i 7**);
- pobór próbek rumowiska zawieszonego w przekrojach kontrolnych (**Artykuł 7**);
- prowadzenie cogodzinnych obserwacjach stanów wody podczas interwencyjnej pracy zapór w ramach stworzonej sieci posterunków (**Artykuły 1 i 2**);

- rozpoznanie litologii podłoża koryta za pomocą sondowań geologicznych wiertnicą z pokładu barki – projekt MNiSW nr N N306 2178 37 (**Artykuł 1**);
- pomiary natężenia przepływów ADCP w przekrojach poprzecznych (**Artykuł 7**).

Prace laboratoryjne obejmowały:

- analizy uziarnienia osadów korytowych (**Artykuły 1 i 2**) oraz zawiesiny (**Artykuł 7**);
- oznaczenia koncentracji rumowiska zawieszonego (SSC) metodą wagową (**Artykuł 7**).

Prace kameralne obejmowały:

- przeprowadzenie analiz kartometrycznych i morfometrycznych w środowisku GIS: georeferencja mapy bazowej (współczesny pomiar) z archiwalnymi danymi morfologicznymi, obliczenia parametrów hydraulicznych dla przekrojów poprzecznych z wykorzystaniem narzędzia Flow Estimator w QGIS 2.18, obliczenia kubatur przemieszczonych osadów pomiędzy przekrojami na opracowanych numerycznych modelach terenu z wykorzystaniem narzędzia Kalkulator Rastrów (Map Algebra) (**Artykuły 1-3**);
- opracowanie profilu podłużnego koryt z rzędnymi stropu formacji geologicznych odpornych na erozję oraz maksymalną głębokość, do jakiej erodowane były aluwia na odcinku poniżej zapory (**Artykuł 1 i 3**);
- przeprowadzenie obliczeń stabilności koryt na podstawie wskaźników: Lothina (1948), Makkavieeva (1955) i Grishanina (1974) (**Artykuł 2**);
- ilościowa i jakościowa ocena transportu osadów w profilu podłużnym: i) ocena zmiany reżimu przepływów wynikających z funkcjonowania kaskady zbiorników za pomocą metody wskaźnika zmian hydrologicznych (IHA) zaproponowanej przez Richtera i in. (1997); ii) obliczenie średnich miesięcznych ładunków transportu rumowiska zawieszonego (SSL, tony·miesiąc^{-1}); iii) ustalenie relacji pomiędzy reżimem przepływów, a średnim rocznym oraz sezonowymi zmianami transportu osadów w obrębie zbiorników kaskady (**Artykuł 4**);
- przeprowadzenie pogłębionych analiz materiałów źródłowych dla przeszło 100 studiów przypadków rozebranych zapór w USA i Europie (**Artykuł 5**);
- jakościowa ocena przydatności zestawu narzędzi skomponowanego z różnych programów tworzących środowisko GIS do oceny wpływu rzeźby na natężenie erozji i dostawy osadów wdrożenie poprzez zastosowanie: i) analizy dynamiki zmian użytkowania terenu w zlewni w środowisku GIS na rastrowych podkładach danych CORINE Land Cover (CLC) zgodnie z metodą Heymann i in. (1994); ii) obliczenia średnich miesięcznych SSL; iii) obliczenia wartości wskaźnika zatrzymywania rumowiska zawieszonego (β) przez zbiorniki kaskady; iv) przeprowadzenie analiz wpływu morfometrii na potencjał erozji i dostawę osadów na poziomie pojedynczej komórki gridowej numerycznego modelu terenu DTM zgodnie z podejściem Marchi i Fontana (2005) dla wskaźników topograficznych: LS Factor (współczynnika długości nachylenia) zaproponowanego przez Mendicino (1999), Melton Ruggedness Number (MRN) – wskaźnika indeksu nachylenia nazywanego również wskaźnikiem wytrzymałości na erozję) opracowanego przez Meltona (1965), Stream Power Index (SPI – Indeks mocy strumienia) opisanego przez Dalla Fontana i Marchi (2003) oraz Topographic Wetness Index (TWI) – wskaźnika uwilgotnienia jako potencjalnego wskaźnika generacji spływu opisanego przez Baven i Kirkby (1979), rozwijanego przez Sørensen i in. (2006) (**Artykuł 6**);

- zaadoptowanie zestawu narzędzi skomponowanych z różnych programów tworzących środowisko GIS do szacowania koncentracji zawiesiny w oparciu o dane teledetekcyjne: i) zastosowanie algorytmu do szacowania koncentracji rumowiska zawieszonego (SSC, $mg \cdot dm^{-3}$) w oparciu o wskaźnik wrażliwości odbicia teledetekcyjnego od unoszącej się materii w wodzie (analiza odbicia w zakresie czerwonego pasma światła widzialnego) wcześniej stosowanego najpierw przez Wang i in. (2010), później przez Schild i in. (2017); ii) przeprowadzenie kalibracji radiometrycznej 304 szt. zdjęć satelitarnych Landsat 5 i Landsat 8 zgodnie z podejściem Chander i in. (2009), w celu przekształcenia wartości surowych pikseli obrazu (DN) na współczynnik odbicia; iii) przeprowadzenie interpolacji przestrzennej danych SSC na planie koryt rzecznych oraz budowa modelu SSC przy użyciu wielopoziomowego algorytmu B-spline do przestrzennej interpolacji rozproszonych danych (opracowanego przez Lee i in. 1997), na tej podstawie opracowanie mapy średniej koncentracji rumowiska; iv) przeprowadzenie obliczeń bilansowych ładunku rumowiska zawieszonego wzdłuż każdego z subkoryt w czterech deltach rzek syberyjskich (**Artykuł 7**);
- opracowanie modelu matematycznego i numerycznego m.in.: użycie formuły Matakiewicza (1905) na obliczanie maksymalnych przepływów w korytach rzek górskich oraz formuły Manninga (1891) do wyznaczania przepływów i prędkości przepływu wody, które zastosowano w modelu: i) użycie narzędzia Flow Estimator w QGIS 2.18 do określania przepływów w korytach wyznaczonych z DEM dla określonych rzędnych; ii) użycie oprogramowania MIKE 21C do symulowania hydrodynamiki i transportu rumowiska; iii) wykorzystanie zestawu narzędzi programowych oraz wyniki analiz dendrochronologicznych pobranych próbek korzeni drzew w terenie zrekonstruowano przybliżone daty 37 wezbrań powodziowych; iv) wyznaczenie prawdopodobnego zasięg wód wezbraniowych (przeprowadzono symulację przepływu) dla 6 stanowisk dendrochronologicznych; v) określono przybliżone wartości przepływów maksymalnych, a w poszczególnych komórkach gridowych (o wymiarach 2,5 m × 5 m) numerycznego modelu koryta: głębokości koryta (h), uśrednioną prędkość przepływu w pionie (v) i uśrednionych prędkości dla kierunków X i Y, naprężenia ścinającego dna (τ_b) oraz całkowite naprężenia ścinające (τ_v) (**Artykuł 8**);
- przeprowadzenie kalibracji i walidacji opracowanego modelu dwuwymiarowego z wykorzystaniem oprogramowania MIKE 21C w oparciu wyniki pomiarów terenowych oraz DEM. Procedura walidacji została oparta o wcześniej zaimplementowany model MIKE 21C (Habel in. 2019). Konfiguracja modelu została oparta o dane terenowe oraz dane teledetekcyjne: dane do warunków brzegowych przepływu opracowane w narzędziu Flow Estimator w QGIS 2.18, mapa szorstkości koryta n w klasach przestrzennych (0,045–0,070 $m^{-1/3} \cdot s$) opracowana na podstawie pomiarów terenowych (**Artykuł 8**).

Pozyskane i wykorzystane dane:

- codzienne uśrednione wartości przepływów Wisły i Dniepru (**Artykuły 1-3**);
- archiwalne dane morfologiczne koryta Wisły i Dniepru w postaci przekrojów poprzecznych i map batymetrycznych (**Artykuły 1-3**);
- archiwalne dane z wierceń geologicznych dla Dniepru oraz dla Wisły (**Artykuły 1-3**);
- dane dotyczące koncentracji rumowiska zawieszonego oraz średnich miesięcznych wartości przepływów dla stacji wodowskazowych na rzece Brdzie (**Artykuł 4 i 6**);

- niepublikowane dane 20 europejskich i amerykańskich instytucji rządowych dotyczące usuniętych zapór (**Artykuł 5**);
- dane pokrycia terenu CORINE Land Cover (CLC) (**Artykuł 6**) oraz numeryczny model terenu (DEM) (**Artykuły 6, 7 i 8**);
- zdjęcia satelitarne Landsat 5 TM i Landsat 8 OLI za okres 1989-2020 dla delt rzek Leny, Kołymy, Górnej Angary i Selengi (**Artykuł 7**);
- dobowe wartości przepływów dla stacji wodowskazowych na rzekach: Lena, Kołyma, Selenga i Górna Angara (**Artykuł 7**);
- dobowe wartości przepływów dla stacji wodowskazowej Łomnica na rzece Łomnica (**Artykuł 8**).

Ważniejsze wyniki przeprowadzonych badań

a/ Adaptacja morfologiczna koryt rzek w warunkach przerwania lub przywrócenia ciągłości transportu osadów

Badania skutków **przerwania ciągłości hydrologicznej** Wisły i Dniepru po spiętrzeniu ich wód zaporami wykazały, że w powstałych zbiornikach prędkości przepływ wody zmniejszył się do wartości krytycznej dla transportu osadów, co objawia się wzmożoną akumulacją (**Artykuły 1-3**). Powstały wskutek akumulacji osadów w zbiorniku zaporowym niedobór rumowiska klastycznego jest uzupełniany poniżej zbiorników produktami intensywnie zachodzącej erozji dennej i bocznej. Poniżej strefy erozyjnej pojawia się strefa akumulacji, o czym świadczą występujące licznie w korycie odsypy (Babiński 1992), które zazwyczaj szybko przekształcają się w wyspy rzeczne. Przeprowadzone pomiary terenowe i analizy materiałów archiwalnych pozwoliły na wyznaczenie zasięgu współczesnych granic trzech charakterystycznych pod względem dynamiki ETA stref morfodynamicznych, tj.: (i) strefy dominacji erozji; (ii) strefy przejściowej erozyjno-akumulacyjnej oraz (iii) strefy akumulacji. Przyjęty podział na charakterystyczne strefy poniżej sztucznych zbiorników jest zgodny z podejściami zaproponowanymi przez Kondolfa (1997), Babińskiego (1992) oraz Babińskiego i Habla (2009, 2017). W trakcie badań udokumentowano w przypadku Wisły wciąż zmieniający się zasięg granic odcinków (i-iii), które sukcesywnie przesuwają się w dół rzeki. Na Dnieprze już po 20 latach od uruchomienia zapory ukształtowały się względnie stałe granice stref (i-iii), a za ich stabilizację odpowiada kaskadowa zabudowa rzeki. Strefa erozyjna w przypadku obu badanych rzek charakteryzuje się zmniejszeniem spadku podłużnego zwierciadła wody w korycie, pojemności koryta i liczby oraz powierzchni bocznych koryt między wyspami - intensywne wypełnianie koryt bocznych osadem (na Dnieprze w tempie 1,89 $cm \cdot rok^{-1}$). Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że wypełnianie rumowiskiem klastycznym kanałów bocznych, jest procesem obserwowanym również poniżej innych zapór m.in. przez Smitha i in. (2016) w rzece Saskatchewan oraz w rzece Drawa przez Słowika i in. (2018). Stwierdziłem, że poniżej badanych zapór dochodzi również do obniżenia się średniego poziomu wody w korycie, co wiązać należy ze zmianą położenia tzw. bazy erozyjnej wynikającej z pogłębiania koryta. W rezultacie badań ustalono, że w początkowych latach funkcjonowania obu zapór następowało powolne wcinanie się koryta głównego i jego „prostowanie się". Na Wiśle zarówno w odcinku erozyjnym (i), jak i erozyjno-akumulacyjnym (ii) erozja boczna koryta była ograniczona przez zabudowę w postaci ostróg, natomiast na Dnieprze brzegi są jeszcze stale intensywnie erodowane w obrębie wszystkich trzech stref. Na Wiśle koryto zmniejszyło swoją szerokość nawet o 40% (akumulacja osadów w strefie brzegowej między ostrogami i w korytach bocznych), przy jednoczesnym pogłębianiu się koryta głównego w tempie

8,6 cm·rok^{-1} (średnia głębokość zwiększyła się w odcinku 10 km od zapory średnio o 3,5 m). Na Dnieprze zaznacza się stały trend erozji wgłębnej koryta w odcinku do 13 km od zapory w tempie 5,3 cm·rok^{-1} (średnia głębokość koryta zwiększyła się przeciętnie o 2,26 m). Na Wiśle zasięg strefy erozji (i) przekracza obecnie dystans 40 km, na Dnieprze jest to ok. 15 km.

Uzyskane wyniki dostarczyły kolejnych argumentów potwierdzających dużą rolę budowy geologicznej w rozwoju koryt poniżej zapór. W przypadku Wisły, w początkowym okresie funkcjonowania zapory erozja osadów dominowała na pierwszych 10 km rzeki, aż do momentu osiągnięcia odpornych na rozmywanie osadów gruboziarnistych i podłoża niealuwialnego – osady ilaste i – glina lodowcowa, a intensywność erozji zmniejszała się (zmiana pierwotnego spadku hydraulicznego koryta ~0,18 ‰ do <0,06 ‰). Tym samym tempo erozji wgłębnej Wisły poniżej zapory we Włocławku było w początkowym okresie funkcjonowania zapory wyższe o 22%, niż to ma miejsce obecnie (**Artykuł 1**). Na Wiśle, ze zróżnicowaną litologią podłoża, zaobserwowano dużą zmienność obliczonych wartości parametrów hydraulicznych: promienia hydraulicznego, lokalnego spadku zwierciadła wody, minimalnej czy maksymalnej głębokości w występujących po sobie kolejno przekrojach poprzecznych. Na Dnieprze zaobserwowano odwrotną sytuację, gdyż w dnie występują wyłącznie osady piaszczyste o znacznej miąższości. Z porównań wyników badań ilościowych erozji na Wiśle i Dnieprze wynika, że erozja denne koryta na Wiśle była wyższa o ponad 30%. Taki stan uzasadnić można dwukrotnie większym zasięgiem strefy erozyjnej na Wiśle, której rozwoju nie ogranicza cofka kolejnego zbiornika zaporowego. Zatem, obserwujemy poniżej zapory we Włocławku jednokierunkowy rozwój koryta – przemieszczanie się w dół rzeki stref (i-iii) oraz względnie stałe położenie strefy nurtowej. W okresie 1969-2009, na całej długości analizowanego odcinka Wisły zakumulowane zostało tylko około 1,0 m mln m^3 osadu (brak dużych koryt bocznych), a ubytek usadów w korycie głównym wyniósł ponad 24,51 mln m^3 (0,58 mln m^3·rok^{-1}). Z kolei w przypadku Dniepru, ograniczenie przemieszczania się osadów do granicy cofki kolejnego zbiornika kaskady powoduje wypłycanie głównego koryta, konsekwencją czego była awulsja głównego nurtu w obrębie strefy (ii). Na badanym odcinku Dniepru, w okresie 1962-1980, zostało zakumulowane około 3,62 mln m^3 osadu. Jednak dodatni bilans osadów dotyczy tam wyłącznie dużego koryta bocznego (Prokhorowsky Kanał), z akumulacją około 0,19 mln m^3·rok^{-1}. W korycie głównym Dniepru już od początku funkcjonowania zapory w Kaniowie bilans osadów był ujemny. W okresie 1962-2015 ubytek osadów wyniósł tam 19,08 mln m^3 (0,44 mln m^3·rok^{-1}). W przeliczeniu na jednostkę powierzchni koryta wskazuje to na ubytek warstwy dna koryta głównego o grubości 1,56 m przez cały okres funkcjonowania zapory.

W **artykułach 1-3** wykazano, że odcinki Wisły i Dniepru poniżej zapór wyjątkowo silnie reagowały na zmianę reżimu przepływów wód. W odcinkach poniżej tych zapór, tempo ETA szczególnie zwiększyło się pod wpływem szczytowej pracy elektrowni wodnych (ang. *hydropeaking regime*). Reżim ten polegający na dużych regularnych wahaniach przepływów najsilniej zaznaczał się na docinku ponad 40 km. Na obu rzekach stosowano ten system pracy elektrowni wodnej od początku funkcjonowania stopni wodnych, do 2002 r. w przypadku Wisły i do 1990 r. na Dnieprze. Obecnie na obu rzekach stosowany jest reżim zbliżony do przepływowego (ang. *run-of river regime*). Odwołując się do fundamentalnych teorii z geomorfologii fluwialnej, że morfologia kanału jest w dużym stopniu zależna od wielkości i częstotliwości fluktuacji przepływów w stosunku do wielkości efektywnych przepływów wynikających z naturalnych zjawisk zachodzących w zlewni (Leopold i Maddoc 1953; Makkaveev, 1957), należy się spodziewać wzmożonej dynamiki ETA w trakcie szczytowej pracy zapory. Oba badane przypadki różnią się zasięgiem oddziaływania zmian poziomu wody

na zaporze na brzegi koryta. Na Wiśle ten zasięg może wynosić nawet 200 km (Habel 2013), a na Dnieprze maksymalnie 45-50 km, na co wpływa położenie cofki niżej leżącego zbiornika.

Jednym z najważniejszych wyników badań adaptacji morfologicznej koryt rzecznych do warunków kiedy przerwana zostanie ciągłość hydrologiczna rzeki jest ustalenie wartości progowej dla stabilności koryta poniżej przegrody. Dla Dniepru poniżej zapory w Kaniowie ustalono, że po przekroczeniu wartości 3500 $m^3 \cdot s^{-1}$ koryto traciło równowagę dynamiczną, dominować zaczynała erozja osadów w obrębie wszystkich wydzielonych stref (i-iii), tym samym udowodniono, że w przypadku zastosowanych wskaźników określających stabilność koryta, spadek lub wzrost wartości wskaźnika nie zależał od parametru odległości od zapory, lecz od geometrycznych cech koryta, które na danym odcinku mogą łagodzić lub intensyfikować skutki szczytowej/interwencyjnej pracy zapór. Na Dnieprze w strefie erozyjno-akumulacyjnej (ii) morfotwórczy wpływ zwiększonych przepływów jest wyraźnie osłabiony" ze względu na obecność bocznych koryt i wysp, ogólnie zwiększających retencję wód. Na przykład podczas przepływu do 3500 $m^3 \cdot s^{-1}$, koryto rzeki jest tam względnie stabilne, podczas gdy w odcinku najniżej leżącym bez koryt bocznych (iii) zachodzi erozja osadów (**Artykuł 2**).

W **Artykule 4** wykazano związek między zmianą reżimu pracy elektrowni wodnych tworzących kaskadę dolnej Brdy a zmianą warunków akumulowania osadów drobnoziarnistych w zbiornikach. Na podstawie przeprowadzonych badań sedymentologicznych, z wykorzystaniem wskaźnika zmian hydrologicznych IHA, scharakteryzowano zróżnicowanie wielkość ładunku zawiesiny na spiętrzonym odcinku Brdy. Wprowadzona zmiana reżimu pracy elektrowni wodnych ze szczytowego na przepływowy korzystnie wpłynęła na ekosystem rzeki poniżej kaskady, ograniczając częstość i wielkość fluktuacji impulsów przepływowych. Z drugiej strony zmiana reżimu spowodowała intensyfikację akumulacji osadów w obrębie zbiorników kaskady. W okresie, gdy cała kaskada działała w reżimie szczytowej pracy elektrowni wodnych, wartość wskaźnika retencji rumowiska zawieszonego (β) wynosiła minus 44,0%, wahając się w poszczególnych latach od -113,0% do -0,3%. W drugim analizowanym okresie średnia roczna wartość β wyniosła +18,2%, wykazując na akumulację transportowanych drobnoziarnistych osadów przez zbiorniki. Ustalono również, że w wyniki zmiany reżimu średnie roczne wartości maksymalnych wartości SSC poniżej kaskady zredukowane zostały prawie o 16,5% (z 9,3 do 7,78 $mg \cdot dm^{-3}$). Zmianie uległ również wzorzec sezonowych zależności SSC do przepływów wody oraz terminów pojawiania się maksimum i minimum SSC. Na podstawie przeprowadzonych badań na rzece Brdzie można wyciągnąć wniosek, że wdrożenie w Polsce po 2002 r. (Pozwolenie wodnoprawne…, 2001) obowiązku pracy przepływowej elektrowni wodnych, z jednej strony ograniczyło negatywne skutki wahań przepływów poniżej zapór, z drugiej strony wpłynęło na zmniejszenie dostawy materiału pochodzącego z erozji dna i brzegów koryta oraz przepływającego przez zapory poszczególnych zbiorników w kaskadzie. Dalsze badania wymagałyby ustalenia, jak ta zmiana reżimu pracy zapór na typ przepływowy wpłynie na żywotność zbiorników i ekosystemy zależne od osadów w dole rzeki.

Badania tempa ETA spowodowanej eksploatacją zapór wodnych na rzekach nie były dotąd zbyt często podejmowane w Polsce, dlatego też porównanie ilościowe i jakościowe wyników badań uzyskanych dla trzech rzek nizinnych uzupełnia luki w wiedzy na ten temat.

Zagadnienia związane z funkcjonowaniem koryt rzecznych w warunkach **przywrócenia ich ciągłości hydrologicznej** jest w niewielkim stopniu omawiane w literaturze dotyczącej geomorfologii fluwialnej. Głównie są to prace dotyczące katastrof zapór (Costa, 1985; Brykała i in. 2003). Zatem, prezentowane wyniki badań w **Artykule 5** dostarczają nowej wiedzy dotyczącej adaptacji geomorfologicznej koryt do warunków wywołanych wyżej wymienionymi

przykładami presji ze strony człowieka na ekosystemy rzeczne. W oparciu o analizę ponad 100 opisów likwidacji zapór ustalono, że najliczniej w USA i Europie usuwano bardzo niskie zapory (do 2,0 m wysokości), tych średniej wielkości i dużych jest około 2% (ok. 45 szt.). Stąd też problem zmian geomorfologicznych odcinków zbiornikowych i koryt rzecznych po likwidacji zapór był dotychczas słabo akcentowany w badaniach geomorfologów fluwialnych. W większości przypadków analiza skutków po dotychczas zdemontowanych zaporach wskazywała na szybką transformację morfologii odcinków zbiornikowych i koryt poniżej zapór. Dynamika ETA uzależniona jest od technicznej strony przeprowadzenia prac rozbiórkowych. Główną metodą likwidacji zapór jest częściowa rozbiórka korpusu zapory i spontanicznej erozji osadów zgromadzonych w zbiorniku wywołanej zmianą poziomu bazy erozyjnej. W przypadku dwóch zbiorników na rzece Elwha, łącznie wyerodowanych zostało 66% osadów zakumulowanych w zbiornikach, tj. ok. 21 mln m^3 (Ritchie i in., 2018), które po roku od zakończenia prac częściowo osadziły się w korycie, a częściowo zostały przetransportowane w dół rzeki aż do ujścia (Foley i in., 2017). W odniesieniu do tempa usuwania osadów z likwidowanych zbiorników opisane zostały różne zachowania. W niektórych przypadkach zaobserwowano ich szybką erozję, na przykład w zaporach Grangeville i Lewiston na rzece Idaho Clearwater (USA), gdzie materiał denny został wyerodowany przez spływającą ze zbiorników wodę w ciągu tygodnia. Można również wymienić przykłady bardzo powolnego usuwania osadu, np. po rozebraniu w 1969 r. 8-metrowej zapory Newaygo na rzece Muskegon (USA). Szacuje się, że w przypadku tego zbiornika rumowisko zostanie usunięte po około 80 latach. Z kolei w efekcie usunięcia zapór Great Works i Veazie o wysokości 6 i 10 metrów na rzece Penobscot (USA) osady praktycznie nie zostały przemieszczone ze względu na ich gruboziarnisty charakter. Poniżej zlikwidowanej zapory Newaygo na rzece Muskegon (USA) zarejestrowano obecność strefy akumulacyjnej przemieszczającej się w dół rzeki z prędkością od 1,0 do 6,0 $km \cdot rok^{-1}$. Z kolei poniżej usuniętej zapory Fort Edward (rok 1973) na rzece Hudson (USA), osady ze zbiornika na krótki moment zablokowały przekrój poprzeczny koryta rzeki. Zarejestrowano również zdarzenia, podczas których osady w niezamierzony sposób spłynęły w krótkim czasie ze zbiorników jeszcze podczas prac przygotowawczych do rozbiórki,jak np. zapora Vezins na rzece Selune we Francji (Germaine, Lespez, 2017). Bezpośredni wpływ na tempo opróżniania zbiornika z osadów uwarunkowany był techniką likwidacji zapory. Najczęstszym technicznym sposobem likwidacji zapory i jej zbiornika było rozebranie stałych elementów korpusu czołowego budowli, co powodowało samoczynny spływ osadów w dół rzeki. Inne metody to mechaniczne usuwanie osadów lub ich stabilizacja w obrębie zbiornika (stosowane wyłącznie w przypadku likwidacji małych zbiorników). Jak pokazały studia przypadków, gdy obszar zbiornika był całkowicie lub częściowo wypełniony słabo skonsolidowanym osadem to rozpoczęcie procesu usuwania zapory polegało na początku na odprowadzeniu jak największej ilości wody ze zbiornika, a następnie budowie grodzi w niewielkiej odległości powyżej zapory. Dzięki grodzi, możliwe staje się spokojne spłynięcie wód i odsłonięcie dna zbiornika a następnie rozbieranie korpusu zapory, przy zachowaniu swobodnego przepływu wód rzeką. Zapora wtedy jest usuwana w całości lub częściowo poprzez wykonanie wyrwy V-kształtnej. Usunięcie grodzi uruchamia odpływ pozostałych wód i osadów ze zbiornika. W miejscu usuniętej częściowo lub całkowicie zapory, powstaje najczęściej nowy poziom bazy erozyjnej, co intensyfikuje tempo erozji osadów zbiornikowych i ich późniejsze odkładanie się w korycie poniżej zapory. Szybko wypływające wody ze zbiornika najczęściej formują w obrębie czaszy zbiornika jedno erozyjnie koryto, które wcina się w osady i dostosowuje do poziomu i spadku koryta poniżej zapory. Zależnie od szerokości, stopnia wypełnienia zbiornika osadem, koryto tworzące się w dnie opróżnionego

zbiornika może migrować na boki i być zasilane produktami erozji brzegów. Zazwyczaj szybka erozja osadów sięga do górnej części zbiornika, do strefy cofki, gdzie bardziej gruboziarnisty osad ogranicza tempo wcinania się koryta do poziomu lokalnej bazy erozyjnej jaką jest dno dotychczasowego zbiornika. Erozja brzegów zbiornika, zależy od szerokości zbiornika i miąższości osadów zbiornikowych. W korycie poniżej usuniętej zapory na początku dominuje akumulacja osadów, które są później sukcesywnie usuwane w wyniku erozji wgłębnej.

Przebieg erozji, transportu i akumulacji osadów w przypadku rozbiórek zapór może całkowicie zmienić charakter koryta rzecznego. Tak było w przypadku rozbiórki zapory Marmot, gdzie drobnopiaszczysto-mułkowe osady zbiornikowe wypełniły silnie nachylone żwirowe koryto rzeki poniżej zapory z (Cui i in. 2014). Można zatem stwierdzić, że dynamika ETA w przypadku odcinka rzeki, gdzie nastąpiło przywrócenie ciągłości hydrologicznej, wymaga kilkuletnich obserwacji zjawisk morfodynamiczych w celu pełnego wyjaśnienia tych procesów. Na podstawie studium literatury można przyjąć, że od 30 do 65% osadu ze zbiornika może ulec erozji po likwidacji zapory, z czego tylko niewielka część jest trwałe zdeponowana w korycie bezpośrednio poniżej zapory (od 5 do 15%).

W większości analizowanych przypadków rozbiórki zapór, największa dynamika erozji i transportu osadów obserwowana była w pierwszym i drugim roku po rozpoczęciu usuwania zapory. Przebiegała ona za pośrednictwem tzw. impulsów osadowych (*ang. sediment pulses*) wywoływanych krótkotrwałym zwiększonym przepływem wód wezbraniowych. Koncentracja zawiesiny na odcinku poniżej likwidowanego zbiornika osiąga wtedy kilkunastokrotnie wyższe wartości od charakterystycznych dla rzeki swobodnie płynącej. Lokalna agradacja rumowiska powodować może okresowe zwiększenie poziomu wody, migrację boczną koryta, tworzenie się mezoform i wysp śródkorytowych (**Artykuł 5**).

b/ ocena dynamiki ETA w oparciu o dane teledetekcyjne, metody statystyczne oraz narzędzia GIS

Dostępna jest obecnie cała gama produktów satelitarnych, których wykorzystanie może pomóc określić lokalizację stref erozji i transportu osadów zarówno na lądzie jak i w wodach powierzchniowych. W rezultacie przeprowadzonych badań zaproponowano zestaw narzędzi skomponowany z różnych programów tworzących środowisko GIS do kontroli natężenia erozji i akumulacji drobnoziarnistych osadów rzek (**Artykuły 6 i 7**). Wytypowane obszary badawcze miały posłużyć jako przykłady implementacji oprogramowania i modeli do wyjaśnienia procesów i zjawisk, które nie były dotąd wykorzystywane w tego typu badaniach.

Badania przeprowadzone na dolnym odcinku rzeki Brdy wskazują, że powiązanie dynamiki procesów erozji wodnej ze zmianami użytkowania terenu na obszarze zlewni daje obraz potencjalnych źródeł dostawy osadów do systemu fluwialnego (**Artykuł 6**). Dlatego na potrzeby tych badań został opracowany kompleksowy zestaw narzędzi programowych umożliwiających powiązanie zmian użytkowania terenu na podstawie CORINE Land Cover (CLC), wartości wskaźników morfometrycznych określonych z Modelu Wysokościowego Terenu (DEM) oraz obliczonych ładunków rumowiska zawieszonego transportowanego w korycie rzeki Brdy. Udało się z dużą precyzją wskazać potencjalne obszary źródłowe dostawy osadów do koryta Brdy. Basenem sedymentacyjnymi dla produktów denudacji mechanicznej zlewni są trzy zbiorniki zlokalizowane w dolnym odcinku Brdy, które są dodatkowo objęte stałym monitoringiem parametrów hydrologicznych i jakości wody (w tym koncentracji zawiesiny). Intensywność lokalnej erozji wodnej, jak i potencjalnej dostawy osadów do kaskady zbiorników zwizualizowano na mapach rastrowych. Jakościowy wynik symulacji erozji wodnej

na powierzchni zlewni i transportu osadów pozwala na ocenę łączności obszarów źródłowych dostawy osadów ze zlewni z korytami cieków, które są dopływami Brdy. Uzyskane wyniki badań dostarczają nowej wiedzy na temat jakie obszary zlewni wzdłuż kierunków spływu powierzchniowego, przyczyniają się do dostarczania drobnoziarnistych osadów do koryta Brdy. Wykorzystanie danych teledetekcyjnych pokrycia terenu (CLC) z trzech okresów pozwoliło wyjaśnić zmienność czasoprzestrzenną dostawy materiału klastycznego do koryta Brdy i transportu rumowiska zawieszonego na odcinku kaskady zbiorników.

W trakcie prowadzonych badań okazało się, że podejście, zastosowane w badaniach których wyniki przedstawiono w **Artykule 6,** pozwala ocenić za pomocą symulacji komputerowej, jakie mogą być potencjalne lokalizacje obszarów źródłowych dostawy osadów, w przypadku jeśli zostanie dokonana zmiana użytkowania terenu. Zmapowane obszary źródłowe osadów za pomocą wskaźników morfometrycznych LS Factor (współczynnika długości nachylenia), MRN – indeks Meltona (wskaźnik nachylenia nazywany również wskaźnikiem wytrzymałości na erozję), Stream Power Index – SPI (wskaźnik mocy strumienia) oraz TWI (wskaźnik uwilgotnienia) mogą być weryfikowane podczas badań terenowych. W przypadku Brdy istniejąca sieć monitoringu państwowego oraz własne dane dotyczące transportu osadów w obrębie kaskady (Szatten, Habeli in., 2018; Szatten, Habel… i in., 2021) pozwalają na zweryfikowanie pod względem ilościowym ładunku osadów drobnoziarnistych, które mogą być dostarczane z terenu zlewni do Brdy. W świetle przeprowadzonych analiz statystycznych zastosowany wskaźnik indeksu Meltona (MRN) wykazał najsilniejszy związek ze zmianami użytkowania terenu na obszarze dorzecza Brdy. Wyniki badań przedstawione w **Artykule 6** dostarczyły kolejnych argumentów potwierdzających, że nie zawsze zmiany użytkowania terenu zlewni mają bezpośredni wpływ na dostawę drobnoziarnistych osadów do środowiska fluwialnego co zauważył wcześniej Bussi i in. (2016). Słaba łączność między obszarami źródłowymi powstawania produktów erozji zlewni z korytami cieków jest typowa dla zlewni nizinnych takich jak zlewnia Brdy. Na podstawie wskaźników morfometrycznych ustalono, że w zlewni Brdy formy dolinne odgrywają największą rolę jeżeli chodzi o dostawę osadów do kaskady zbiorników dolnej Brdy. Podobne zależności zauważył Kostrzewski i in. (1994) na rzece Parsęcie. Na podstawie analiz ładunku transportowanego rumowiska zawieszonego ustalono, że średnia roczna dostawa do pierwszego zbiornika kaskady Brdy wynosi 6110 ton, z czego około 10% dostarczają dopływy bezpośrednie do zbiornika. Jednak z roku na rok Brda powyżej cofki Zbiornika Koronowskiego transportuje coraz mniej osadów w wyniku zmniejszania się wielkości odpływu.

Badania przeprowadzone w zlewni Brdy są istotne nie tylko z punktu widzenia opracowania rekomendacji dla monitoringu a rzeki Brdy oraz potrzeb racjonalnej gospodarki wodnej w jej zlewni, ale także oceny przydatności danych pokrycia terenu CLC i DEM do monitorowania natężenia erozji i jakości połączeń obszarów źródłowych osadów z korytami cieków. Badania te wpisują się w dyskusję na temat potrzeby poszukiwania nowych zdalnych metod badawczych dla ocen wpływu zmian pokrycia terenu na dynamikę ETA. W ramach prowadzonych badań ustalono, że związek zmian użytkowania terenu z dostawą osadów ze zlewni do rzeki Brdy nie był silny. Nie podważa to jednak zasadności szerszego stosowania opracowanej metody na innych obszarach.

Do badania przebiegu ETA w obrębie dużych delt rzek wykorzystano również dane teledetekcyjne. Potwierdzono, że delty rzek charakteryzują się różnymi wzorcami transportu rumowiska i rozwoju podwodnej części stożka, co ma decydujący wpływ na morfologię sieci kanałów rozprowadzających oraz różny stopień zmącenia w poszczególnych kanałach. W badaniach opisanych w **Artykule 7** zastosowano zmodyfikowany algorytm Schilda i in.

(2017) do szacowania SSC dla koryt dużych rzek. Na podstawie analizy ponad 300 obrazów satelitarnych Landsat 5 i Landsat 8 z ostatnich 30 lat określono zróżnicowanie czasoprzestrzenne ładunku rumowiska zawieszonego w korytach rozprowadzających delt czterech rzek syberyjskich. Na tej podstawie zidentyfikowano charakterystyczne wzorce transportu osadów w korytach poszczególnych delt. Po raz pierwszy wskazano na ilościowe i jakościowe różnice w tempie ETA w ujściowych odcinkach rzek północnej i południowej Syberii. Zastosowano w tym celu wskaźnik względnej retencji osadów (ΔS, %) dla każdej z badanych delt. Wskaźnik ΔS został następnie skorelowany z przepływami wody (Q) w celu uchwycenia charakterystycznego wzorca transportu osadów. Zidentyfikowane zostały sytuacje kiedy w korytach ma miejsce erozja osadów (ΔS>0, SSC wzrasta), jak i ich akumulacja (ΔS<0, SSC spada). W przypadku delt Selengi i Górnej Angary (Wyżyna Środkowosyberyjska), przy wysokich przepływach stwierdzona została akumulacja drobnoziarnistych osadów (ΔS<0), przy niskich przepływach ich erozja(ΔS>0). W przypadku tych rzek intensywna akumulacja podczas wysokich przepływów sprzyja obecność roślinności w korytach i na proksymalnej części terenów zalewowych. Wzrost SSC w okresie niskich przepływów jest spowodowany erozją w płytkich korytach oraz abrazją falowania Jeziora Bajkał, do którego te rzeki uchodzą. Z kolei delty Leny i Kołymy charakteryzują się innym wzorcem transportu osadów, dla którego charakterystyczna jest ujemna zależność ΔS do Q. W deltach Kołymy i Leny dostawa osadów do koryt jest przede wszystkim efektem termoerozji, która osiąga największą wydajność podczas kulminacyjnych przepływów wód powodzi wiosennej (ang. *freshnet peak*). Podczas krótkich wiosennych przepływów kulminacyjnych sięgających 30 000 $m^3 \cdot s^{-1}$ Kołyma odprowadza ogromne ilości osadów do Morza Wschodniosyberyjskiego „wymiatając" jednocześnie drobnoziarniste osady z koryt w obrębie delty (ΔS >0). Kołyma charakteryzuje się również większymi o ponad 100% zmierzonymi maksymalnymi wartościami SSC (>62 $mg \cdot l^{-1}$) w porównaniu do Leny, Selangi i Górnej Angary. Brak roślinności w ujściowych odcinkach Leny i Kołymy zwiększa zdolność transportową, co podczas wysokich przepływów prowadzi do zwiększonej erozji osadów przy stosunkowo małej powierzchni zalewu, w porównaniu do delty np. Selengi. Analiza zdjęć satelitarnych delty Leny ujawniła kontrastujące wzorce ΔS we wschodniej i zachodniej części delty. Erozja jest charakterystyczna tam dla największych koryt (ponad 75% całkowitej liczby sytuacji). W przypadku delty Kołymy wszystkie jej części zdominowane są przez erozję. Na Kołymie prawie cały ładunek osadów przemieszcza się dwoma korytami głównymi. Depozycja osadów zachodzi dopiero poniżej przepływu 15 000 $m^3 \cdot s^{-1}$, który został zidentyfikowany jako wartość progowa dla rozpoczęcia akumulacji i osadów wyłącznie w korytach. W przypadku koryt delt Kołymy i Leny, na krótkoterminowe zmiany koncentracji zawiesiny oddziaływają pływy morskie, co dodatkowo komplikuje interpretację wyników analiz szacowania koncentracji osadów ze zdjęć satelitarnych. Terenowe pomiary koncentracji zawiesiny (w interwałach co 5 godzin) prowadzone na Kołymie pozwoliły zarejestrować w sposób ilościowy i jakościowy wpływ cofki pływowej na SSC. W głównym korycie zjawisko to powodowało prawie całkowite zatrzymanie przepływu wody w kierunku morza, a na mniejszych dopływach Kołymy i w płytkich ramionach bocznych przepływem wód w kierunku przeciwnym. Stwierdzono również, że możliwa jest także resuspensji wcześniej zakumulowanych osadów. Świadczyć o tym może, między innymi wynik pomiarów prowadzonych na dopływie Kołymy, na rzece Panteleiha, gdzie w dniu 15.07.2021 r. podczas ujemnego przepływu (-180 $m^3 \cdot s^{-1}$) zaobserwowano, że średnia średnica cząstek zawiesiny była o prawie 100% większa niż w warunkach przepływu odbywającego się w kierunku morza.

W obecnych warunkach klimatycznych, wzrostu średniej temperatury, ponad 70% przeanalizowanych sytuacji hydrologicznych w największych dopływach delty rzeki Leny oraz

delty rzeki Kołymy reprezentuje sytuacje, w których dominuje erozja. Dodatni bilans osadów charakteryzuje delty Selengi i Górnej Angary (ponad 80% przeanalizowanych sytuacji hydrologicznych) jest związanych z zatrzymywaniem zawiesiny. W delcie tej drugiej rzeki zatrzymywane jest średnio 49% osadów. W delcie Selengi akumulowane jest tylko ok. 6% osadów. W przypadku ujścia tej rzeki duże jest natomiast zróżnicowanie przestrzenne i sezonowe sedymentacji. Wartością progową depozycji w delcie Selengi ($\Delta S<0$) jest przepływ ~1500 $m^3 \cdot s^{-1}$, a maksimum retencji $\Delta S=58\%$ zachodzi przy przepływach rzędu 575 $m^3 \cdot s^{-1}$ (**Artykuł 7**).

Delty Kołymy i Leny są przykładem miejsc gdzie efekty pośredniej działalności człowieka związanej ze zmianami klimatu najsilniej wpływają na funkcjonowanie ekosystemów rzecznych, m.in. przez intensyfikację i wzrost przepływów rzek. Według Shiklomanova (2021) w sezonie zimowym wzrosły one o 60%, a wiosną o 33%. Będzie to miało wpływ na wzrost tempa erozji koryt, zwiększoną termoerozję w dorzeczach (Cohen et al., 2014; Feng et al. 2021), przez co Ocean Atlantycki otrzymywać będzie coraz większe ilości drobnoziarnistych osadów. Zdaniem Syvitskiego (2002) każde 2°C wzrostu temperatury powietrza w obszarach Arktyki może skutkować 30% wzrostem strumienia osadów, a każdy 20% wzrost odpływu rzeki może skutkować 10% wzrostem ładunku osadów.

c/ wykorzystanie modelowania matematycznego i numerycznego do opisu transportu rumowiska klastycznego

W **Artykule 8** zostały przedstawione m. in. efekty zastosowania po raz pierwszy wyników badań dendrochronologicznych i modelowania dwuwymiarowego (2D) hydrodynamiki i morfologii cieku w celu określenia wielkości parametrów hydrologicznych kontrolujących erozję koryta zbudowanego z osadów glacjalnych (morena lodowca górskiego). Wykazano, że dzięki połączeniu metod dendrochronologicznych, geomorfologicznych oraz modelowania matematycznego i hydrodynamicznego w MIKE 21C opartego o siatkę krzywoliniową, możliwe jest rekonstruowanie przepływów wezbraniowych i powiązanych z nimi zdarzeń erozyjnych w niekontrolowanych hydrologicznie odcinkach rzek. Dane terenowe oraz wyniki analiz laboratoryjnych posłużyły do kalibracji i konfiguracji modeli. Metodykę sprawdzono na rzece Łomniczka gdzie dla 37 wezbrań powodziowych, dla których przybliżone daty wyznaczono metodami dendrochronologicznymi. Dla poszczególnych wezbrań określono hydrologiczne parametry fali powodziowej oraz wielkość ubytku osadów budujących brzegi koryta w wyniku erozji rzecznej dla przyjętych progowych wartości średnich prędkości przepływu wody (prędkości w kierunku X i Y) oraz naprężenia ścinające ($\underline{\tau}$) na kontakcie z brzegiem. Symulacje numeryczne przejścia fali powodziowej przez koryto Łomniczki przeprowadzono w zakresie od 3,8 do 106,7 $m^3 \cdot s^{-1}$.

Przykładowo na rzece Łomiczce dla wezbrania z 1997 ($Q=29{,}01$ $m^3 \cdot s^{-1}$) erozja brzegu na stanowisku nr 6 mogła wynieść nawet 120 cm, średnia prędkość (v) w przekroju poprzecznym nawet 2,7 $m \cdot s^{-1}$, dla komórek siatki przy brzegach v = 2,3 – 3,8 $m \cdot s^{-1}$, v w kierunku X = od 2,5 do 3,7 $m \cdot s^{-1}$, v w kierunku Y od -0,5 do 1,1 $m \cdot s^{-1}$, całkowite naprężenia ścinające (τ_v) wynosiły 283,9 $N \cdot m^{-2}$. Wyniki symulacji w modelu MIKE 21C wskazują, że tempo erozji brzegów przeważnie wynosiło 60 cm podczas pojedynczego zdarzenia, maksymalnie 120 cm. Największa wartość v przy brzegu to 4,59 $m \cdot s^{-1}$ i związana była z wezbraniem w 1930 r. na stanowisku nr 4. Największa intensywność erozji brzegów stwierdzono na stanowisku nr 2, gdzie dla wszystkich zdarzeń erozyjnych wartości τ_v mieściły się w zakresie 331,3 – 510,3 $N \cdot m^{-2}$, a na pozostałych stanowiskach od 115,3 do 285,6 $N \cdot m^{-2}$. Wzrost liczby i wielkości przepływów powodziowych zaznaczył się w ostatnich latach na Łomniczce, który spowodowany mógł być między innymi

regulacją cieków oraz zmian użytkowania terenu w zlewni, na co zwracał uwagę Kasprzak (2010). Wpływ antropopresji wpłynął tu tym samym na zwiększenie tempa ETA w ostatnich czterdziestu latach. Powiązanie danych dendrochronologicznych i hydrologicznych pokazało, że niektóre z datowanych powodzi nie spowodowały znacznej erozji na badanych odcinkach koryta lub też erozja wystąpiła, ale jej ślady nie zostały zarejestrowana na drzewach.

Przeprowadzone badania wykazały dużą zgodność między symulowanymi wartościami natężenia erozji podczas epizodów wezbraniowych, a wynikami zapisu erozji uzyskanymi na drodze badań dendrochronologicznych (**Artykuł 8**). Z badań prowadzonych przez Pasternacka i in. (2006) na rzekach górskich wynika, że zastosowanie modeli 2D zapewnia bardzo wysoką dokładność w porównaniu z pomiarami terenowymi. Modele 2D umożliwiają przede wszystkim przedstawienie przestrzennego obrazu przebiegu wezbrania i jego „erozyjnych" skutków w porównaniu z niewielką liczbą informacji uzyskanych w wyniku pomiarów terenowych. Nie oznacza to jednak, że modele cyfrowe nie mają ograniczeń wpływających na wyniki symulacji. Do ważniejszych w przypadku badań przedstawionych w omawianym artykule należy zaliczyć: i) parametry hydrodynamiczne i geomorfologiczne oszacowane dla starszych powodzi, oparte na współczesnej geometrii koryta, mogą być mniej wiarygodne w porównaniu do sytuacji gdyby możliwe było ich określenie na podstawie parametrów koryta z okresu ich występowania; ii) rzeczywista liczba występujących w przeszłości powodzi mogła być większa od stwierdzonej na podstawie badań śladów na drzewach, między innymi, dlatego że część drzew mogła w wyniku erozji bocznej osunąć się do koryta rzeki; iii) dane dotyczące zasięgu poziomu wody odczytane z słojów drzew (korzeni) mogą być nieprecyzyjne, a są one danymi wejściowymi (brzegowymi) do modelu 2D; iv) na błąd oszacowania hydrodynamiki i wielkości erozji w korycie z całą pewnością ma wpływ obecności w korycie dużych głazów, jak i drobnoziarnistego materiału osadowego, gdyż w trakcie walidacji i kalibracji modelu najsilniej reagował on na zmianę szorstkości na opracowanej mapie 2D szorstkości. Odnosząc się do ostatniego z ograniczeń należy zaznaczyć, że modele numeryczne najlepiej działają na korytach o małej szorstkości i jednolitym nachyleniu, ponieważ gwarantują one lepsze dostosowanie do wzorów i modeli matematycznych na których bazują. Przeprowadzone badania symulacyjne na przykładzie Łomniczki dostarczyły zatem kolejnych argumentów na to, że mobilność mniejszych cząstek osadu w mieszaninie wody i osadów zmniejsza się z powodu ich "zacienienia" przez większe cząstki osadu. Jest to również kolejny argument, iż w konfigurowaniu modeli symulujących morfologię koryt rzecznych stosowanie wyłącznie ograniczonej liczby średnic ziaren osadów lub jednej średnicy ziaren (średniej arytmetycznej lub średniej geometrycznej składu frakcyjnego osadów dennych) pogarsza jakość modelowania. Dobrze jest w takim przypadku zastosować współczynnik tętnienia (ang. *ripple factor),* który można interpretować jako zmniejszenie całkowitego naprężenia ścinającego i uwzględnić efekt "zacienienia". Wpłynie to na większą wiarygodność modelu (Gladkov, Habel i in., 2021).

4.2. Wkład osiągnięcia w dyscyplinę nauki o Ziemi i środowisku

Wskazane w cyklu publikacje wnoszą wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinę nauki o Ziemi i środowisku w obszarze monitorowania i modelowania dynamiki ETA w warunkach oddziaływania człowieka, a w szczególności:

- Pozwalają na lepsze zrozumienie reakcji geomorfologicznej koryt rzecznych w przypadku przerwania ciągłości transportu rumowiska klastycznego poprzez budowę i funkcjonowanie zapór. Wykazano bowiem, że po wybudowaniu zapory obserwowana

jest stopniowa reakcja koryt rzecznych, odzwierciedlająca pojawiający się deficyt lub nawet całkowite zaprzestanie dostawy rumowiska klastycznego oraz chwilowe przyrosty energii przepływu wody, co wpływa na zwiększenie tempa erozji koryta poniżej zapory z jednoczesną transformacją typu systemu fluwialnego.

- Poszerza wiedzę w zakresie wpływu stosowania różnych reżimów eksploatacyjnych na zaporach na transfer osadów w dół rzeki. Wykazano, że szczytowy reżim pracy zapór bardziej ograniczał akumulację osadów w zbiornikach zaporowych w porównaniu do reżimu przepływowego. Ustalono, że niekorzystnym zjawiskiem towarzyszącym zmianie reżimu ze szczytowego na jest zwiększenie deficytu rumowiska klastycznego transportowanego w korycie rzecznym poniżej zapór.
- Pozwalają na lepsze zrozumienie reakcji geomorfologicznej koryt rzecznych w przypadku odzyskania ciągłości transportu rumowiska klastycznego w rezultacie rozbiórek zapór. Wykazano, że po rozbiórce zapory następuje szybkie rozpoczęcie procesu transformacji morfologicznej odcinków zbiornikowych i koryt poniżej zapór. Uwalnianie osadów (erozja) ze zbiorników odbywa się w formie tzw. impulsów osadowych (*ang. sediment pulses*), czego rezultatem jest tymczasowe zaburzenie równowagi transportu osadów, po którym następuje nieliniowy powrót do stanu sprzed rozbiórki.
- Poszerzają wiedzę w zakresie stosowania danych teledetekcyjnych do zdalnej identyfikacji źródeł dostawy osadów drobnoziarnistych i ścieżek ich transportu na powierzchni terenu. Wykazano, że wykorzystanie dostępnych danych ze skaningu laserowego powierzchni terenu w postaci DEM i danych satelitarnych charakteru pokrycia terenu CLC umożliwia prowadzenie obserwacji zmian tempa erozji wodnej w obrębie zlewni rzecznych i oceny jakości połączeń dróg transportu osadów z systemami korytowymi w cyklu wieloletnim.
- Poszerza wiedzę w zakresie stosowania danych teledetekcyjnych do zdalnego monitorowania transportu osadów w korytach dużych rzek. Wykazano, że historia zapisu informacji na zdjęciach satelitarnych jest wystarczająco długa, aby ustalić współczesne wzorce transportu rumowiska dla delt dużych rzek. Wykazano również, że delty dużych rzek uchodzących do Oceanu Arktycznego charakteryzują się wzorcem erozyjnym, będącym pochodną ocieplenia się klimatu. Badania te rzucają nowe światło na tempo ETA związane z zachowaniem się rumowiska zawieszonego w aktualnych warunkach ocieplania się klimatu.
- Pozwalają na rozwój wiedzy w zakresie stosowania modeli matematycznych i numerycznych w powiązaniu z danymi dendrochronologicznymi do rekonstruowania warunków hydrodynamicznych i morfologicznych w korytach rzek. Wykazano, że zastosowanie w szczególności modelu 2D z siatką obliczeniową typu krzywoliniowego, w powiązaniu z wynikami analiz dendrochronologicznych z dużą precyzją pozwala odtwarzać warunki erozji brzegów. Po raz pierwszy kalibracja modelu hydrodynamicznego i morfologicznego odbyła się na podstawie wyników analiz dendrchronologicznych.

Literatura

Alcamo J., Florke M., Maerker M., 2007. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes, Hydrological Sciences Journal, 52:2, 247-275.

Annandale, G.W., Morris, G.L., Karki, P., 2016. Extending the life of reservoirs, sustainable sediment management for dams and run-of-river hydropower. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 736 Washington, DC.

Babiński, Z. 1982. Procesy korytowe Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku. Dok. Geogr.

Babiński, Z., 1992. Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły, Vol. 157. IGiPZ PAN.

Babiński Z., Habel M. 2009. Dynamika strefy akumulacyjnej poniżej czoła odcinka o wymuszonej erozji wgłębnej Zbiornika Włocławskiego, w: Przeobrażenia stosunków wodnych w warunkach zmieniającego się środowiska, red.: A. T. Jankowski, D. Absalon, R. Machowski, M. Ruman, Sosnowiec, Uniwersytet Śląski, s. 35-43.

Babiński Z., Habel M., 2017. Impact of a single dam on sediment transport continuity in large lowland rivers, ed. S. Wieprecht, S. Haun, K. Weber, M. Noack, K. Terheiden, in: River Sedimentation, Taylor&Francis Group, London, UK.

Beven, K.J.; Kirkby, M.J., 1979. A Physically Based, Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. Hydrol. Sci. Bull. 24, 43–69.

Brykała, D., Gębica, P. & Gierszewski, P., 2003. Geomorphological effects of the catastrophic drainage of artificial reservoir in the Młynówka valley at Górowo Iławeckie, Poland. Landform Analysis, 4.

Bussi, G., Dadson, S. J., Prudhomme, C., & Whitehead, P. G., 2016. Modelling the future impacts of climate and land-use change on suspended sediment transport in the River Thames (UK). Journal of hydrology, 542, 357-372.

Chander, G.; Markham, B.L.; Helder, D.L. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote Sens. Environ. 2009, 113, 893–903.

Cohen, J., Screen, J. A., Furtado, J. C., Barlow, M., Whittleston, D., Coumou, D., ... & Jones, J., 2014. Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. Nature geoscience, 7(9), 627-637.

Congressional Research Service, 2022. Wildfire statistics in USA https://sgp.fas.org/crs/misc/IF10244.pdf, dostęp z dnia 10.08.2022.

Costa, J.E., 1985. Floods from dam failures, vol. 85, no. 560, US Geological Survey.

Cui, Y., Wooster, J. K., Braudrick, C. A., & Orr, B. K., 2014. Lessons learned from sediment transport model predictions and long-term postremoval monitoring: Marmot Dam removal project on the Sandy River in Oregon. Journal of Hydraulic Engineering, 140(9), 04014044.

Dalla Fontana G, Marchi L ., 2003. Relationships between slopes and dynamics in two alpine passages. Process Hydrol 17: 73–87.

Germaine, M. A., & Lespez, L., 2017. The failure of the largest project to dismantle hydroelectric dams in Europe?(Sélune River, France, 2009-2017). Water Alternatives, 10(3), 655.

Gladkov, G., Habel, M., Babiński, Z., Belyakov, P., 2021. Sediment transport and water flow resistance in alluvial river channels: modified model of transport of non-uniform grain-size sediments. Water, 13(15), 2038.

Grant, G. E., Schmidt, J. C., & Lewis, S. L. 2003. A geological framework for interpreting downstream effects of dams on rivers. Water Science and Application, 7, 209-225.

Grishanin, K.V. Ustoychivost' rusel rek i kanalov (Stability of channels in rivers and canals); Hydrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1974; p. 144.

Feng, D., Gleason, C. J., Lin, P., Yang, X., Pan, M., & Ishitsuka, Y., 2021. Recent changes to Arctic river discharge. Nature Communications, 12(1), 1-9.

Foley M.M. , Bellmore J.R., O'Connor J.E. , Duda J.J. , East A.E. i in. 2017. Dam removal: listening in. Water Resour. Res. 53, 5229–5246.

Foster I. Gellis A., 2019. Using fingerprinting, monitoring and modelling to explore erosion, connectivity and transfers in catchment sediment systems (editorial of special issue), Catena, 15 September 2021.

Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., i in. 2018. Impacts of 1.5ºC global warming on natural and human systems, in: Global Warming of 1.5°C. (red.)Masson-Delmotte, V., https://www.ipcc.ch/sr15/.

Habel M., 2013. Dynamics of the Vistula River channel deformations downstream of Włocławek Reservoir, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, s.144, ISBN 978-83-7096-984-4

Habel M., Babiński Z., 2016. Masowa likwidacja stopni piętrzących na rzekach w Stanach Zjednoczonych – fakt czy manipulacja? Gosp. Wodna, 8, 254-259.

Habel M., Babiński Z., Szatten D., Ciepłowski D., 2019, Long-term bathymetry observation versus sediment transport simulation based on a curvilinear grid modelling approach - a comparison study, Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 3(54), p.95-97.

Habel M., Szatten D., Babiński Z., Nadolny G. 2021. Sediment Management in River Basins: An Essential Element of the River Basin Management Plans. w: Zeleňáková M., Kubiak-Wójcicka K., Negm A.M. (red.) Quality of Water Resources in Poland. Springer Water. Springer, Cham.

Heymann, Y.; Steenmans, C.; Croisille, G.; Bossard, M., 1994.CORINE Land Cover. Technical Guide; Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg,; p. 136.

Kasprzak, M., 2010. Wezbrania i powodzie na rzekach Dolnego Śląska, in: Migoń P. (red.), Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego, 14, 81–140.

Knighton, D., 1998. Fluvial forms and processes: a new perspective. Routledge.

Kondolf, M., 1997. Hungry water: Effects of dams and gravel mining on river channel. Environ. Manag., 21, 4.

Kondolf, M., Gao, Y.; Annandale, G.W.; Morris, G.L.; Jiang, E.; Zhang, J.; Cao, Y.; Carling, P.; Fu, K.; Guo, Q.; et al. 2014. Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents. Earth's Future , 2, 256–280.

Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z., 1994. Dynamika transport fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania system zlewni, UAM, s. 140.

Lane, E.W. 1955.The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 81.

Lokhtin, V.M., 1948. O mehanizmah rechnogo rusla (River channel processes), Ministry of Internal Waterways, Sankt-Peterburg, USSR., pp. 15–16.

Lee, S.; Wolberg, G.; Shin, S.Y., 1997. Scattered data interpolation with multilevel B-splines. IEEE Trans. Vis. Comput. Graph. , 3, 228–244.

Leopold, L.B.; Maddock, T., 1953. The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications; United States Government Printing Office: Washington, DC, USA,; p. 57.

Makkaveev, N.I. ,1955. Ruslo reki i eroziya v ee basseine (The River Channel and Erosion in its Basin), Izdvo AN SSSR; Moscow, USSR., pp. 138–145.

Makkaveev, N.I.,1957. Ruslovye processy i putevye raboty v nizhnich b'efah gidrouzlov [Channel processes and training works below dams]. Tr. CNIIEVT, 12, 5-86.

Manning R. , 1891. On the flow of water in open channels and pipes. Trans. Inst. Civ. Eng., 20, pp. 161-207.

Marchi, L., Fontana, G.D. 2005. GIS morphometric indicators for the analysis of sediment dynamics in mountain basins. Environ. Earth Sci., 48, 218–228.

Matakiewicz, M., 1905. Versuch der Aufstellung einer Geschwindigekeitsformel für natürliche Flußbette. Sonderabdruck aus der Österreichischen Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, Heft 51.

Mendicino, G.,1999. Sensitivity analysis on GIS procedures for the estimate of soil erosion risk. Natural Hazards, 20(2), 231-253.

Melton M.A., 1965. The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. The Journal of Geology, 1-38.

Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M., & Revenga, C., 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. science, 308(5720), 405-408.

Obolewski K., Habel M., Chalov S. 2021. River sediment quality and quantity: environmental, geochemical and ecological perspectives, Ecohydrology and Hydrobiology, 21, 4.

Pasternack, G. B., Gilbert, A. T., Wheaton, J. M., & Buckland, E. M., 2006. Error propagation for velocity and shear stress prediction using 2D models for environmental management. Journal of Hydrology, 328(1-2), 227-241.

Pieron Ł., Absalon D., Habel M., Matysik M. 2021. Inventory of Reservoirs of Key Significance for Water Management in Poland—Evaluation of Changes in Their Capacity. Energies; 14(23):7951.

Prawo wodne z 18 lipca 2001, Dziennik Ustaw nr 115 poz. 1229.

Pringle, C. M., 2001. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. *Ecological Applications*, *11*(4), 981-998.

Randle, T., Morris, G., Whelan, M., Baker, B., Annandale, G., et al. 2019. Reservoir sediment management: building a legacy of sustainable water storage reservoirs. National Reservoir Sedimentation and Sustainability Team White Paper, June 12, 2019.

Randle, T. J., Morris, G. L., Tullos, D. D., Weirich, F. H., Kondolf, G. M., Moriasi, D. N., ... & Wegner, D. L., 2021. Sustaining United States reservoir storage capacity: Need for a new paradigm. Journal of Hydrology, 602, 126686.

Ritchie, A. C. et al. 2018. Morphodynamic evolution following sediment release from the world's largest dam removal. Sci. Rep. 8, 13279.

Richter, B., Baumgartner, J., Wigington, R., & Braun, D.,1997. How much water does a river need?. Freshwater biology, 37(1), 231-249.

Rijn, L. C. (van Rijn), 1982. Equivalent roughness of alluvial bed. Journal of the Hydraulics Division, 108(10).

Schild K., Hawley R., Chipman J., Benn D., 2017. Quantifying suspended sediment concentration in subglacial sediment plumes discharging from two Svalbard tidewater glaciers using Landsat-8 and in situ measurements, International Journal of Remote Sensing, 38:23, 6865-6881.

Schumm, S. A., 1969. River metamorphosis. *Journal of the Hydraulics division*, *95*(1), 255-274.

Shiklomanov, A.; Déry, S.; Tretiakov, M.; Yang, D.; Magritsky, D.; Georgiadi, A.; Tang, W. 2021. River Freshwater Flux to the Arctic Ocean. In Arctic Hydrology, Permafrost and Ecosystems; Springer International Publishing: Cham, Switzerland,; pp. 703–738.

Smith, N. D., Morozova, G. S., Pérez-Arlucea, M., & Gibling, M. R., 2016. Dam-induced and natural channel changes in the Saskatchewan River below the EB Campbell Dam, Canada. Geomorphology, 269.

Słowik, M.; Dezső, J.; Marciniak, A.; Tóth, G.; Kovács, J., 2018. Evolution of river planforms downstream of dams: Effect of dam construction or earlier human-induced changes? Earth Surf. Process. Landf., 43, 2045–2063.

Sørensen, R., Zinko, U., Seibert, J., 2006. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. HESS 10 (1): 101–112.

Syvitski, J.P., 2002. Sediment discharge variability in Arctic rivers: implications for a warmer future. Polar Research, 21(2), 323-330.

Syvitski, J.P., Kettner, A. J., Overeem, I., Hutton, E. W., Hannon, M. T., Brakenridge, G. R., ... & Nicholls, R. J., 2009. Sinking deltas due to human activities. Nature Geoscience, 2(10), 681-686.

Szatten D., Habel M., Pellegrini L., Maerker M., 2018. Assessment of Siltation Processes of the Koronowski Reservoir in the Northern Polish Lowland Based on Bathymetry and Empirical Formulas, Water (Switzerland), 10(11) p.1681.

Szatten D., Habel M., Babiński Z., 2021. Influence of Hydrologic Alternation on Sediment, Dissolved Load and Nutrient Downstream Transfer Continuity in a River: Example Lower Brda River Cascade Dams (Poland), Resources, 10(7), 70.

Tullos, D., Nelson, P.A., Hotchkiss, R.H., Wegner, D., 2021. Sediment mismanagement puts reservoirs and ecosystems at risk. Eos - American Geophysical Union 102.

Wang J-J, Lu X. X., Chin L. S., Zhou Y., 2010. Remote sensing of suspended sediment concentrations of large rivers using multi-temporal MODIS images: an example in the Middle and Lower Yangtze River, China, International Journal of Remote Sensing, 31, 4, (1103-1111).

Ward, J. V., & Stanford, J. A., 1995. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. Regulated rivers: research & management, 11(1), 105-119.

Walling, D. E., & Fang, D., 2003. Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers. Global and planetary change, 39(1-2), 111-126.

Wildi, W., 2010. Environmental hazards of dams and reservoirs. Near Curriculum in Natural Envir. Science.

Wilkinson, B.H., McElroy, B.J., 2007. The impact of humans on continental erosion and sedimentation. GSA Bulletin. 119 (1-2), 140–156.

Vercruysse, K., Grabowski, R.C., Rickson, R.J., 2017. Suspended sediment transport dynamics in rivers: Multi-scale drivers of temporal variation. Earth-Science Rev 166, 38–52.

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E., 1980. The river continuum concept. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 37(1), 130-137.

Vörosmarty C. J., 1997. Sediment transport by the global network of. Human impact on erosion and sedimentation, (245), 261.

Vercruysse, K., Grabowski, R. C., & Rickson, R. J., 2017. Suspended sediment transport dynamics in rivers: Multi-scale drivers of temporal variation. Earth-Science Reviews, 166, 38-52.

Zwoliński Z., 1989. Geomorficzne dostosowanie się koryta Parsęty do aktualnego reżimu rzecznego, Dok. Geogr. 3-4.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

5.1. Aktywność naukowa realizowana z uczelniami zagranicznymi

2012 - obecnie: Uniwersytet w Pawii (Włochy), współpraca z prof. dr. Michaelem Märkerem z Wydziału Nauk o Ziemi.

Efekty współpracy:

- 2012: przygotowanie projektu i złożenie wniosku do Komisji Europejskiej FP7-MARIA CURE-PEOPLE-2013-IRSES, akronim FLUMEN, Proposal no.: 318969; Grant Agreement: PIRSES-GA-2012 (uzyskanie finasowania na lata 2013-2016).
- 2018: wspólna publikacja wyników badań: https://doi.org/10.3390/w10111681 (IF=2.542; 30 pkt. MNiSW);
- 2018: współorganizacja warsztatów terenowych dla młodych naukowców i studentów 2nd International Summer School Val Tidone/Oltreppo Pavese, Apeniny Liguryjskie;
- 2020: wspólna publikacja wyników badań: https://doi.org/10.3390/rs12060979 (IF=4.848; 100 pkt. MEiN);
- 2020: wspólna publikacja wyników badań: https://doi.org/10.3390/w12041104 (IF=3.103; 100 pkt. MEiN);
- 2021: przygotowanie projektu badawczego, Program OPUS-LAP, Narodowe Centrum Badań, wniosek nr 2020/39/I/ST10/03265 pt. *Dynamika hydromorfologiczna z perspektywy regionalnej: połączenie różnych skal procesów dla ich kompleksowego zrozumienia i modelowania* (wniosek nie uzyskał finasowania).
- 2022: udział w pracach komisji oceniającej jako egzaminator zewnętrzny w przewodzie doktorskim Manuela La Licata, praca pt. *Quantitative assessment of sediment dynamics on catchment scale using advanced modelling and scenario analysis to adapt Mediterranean agroecosystems to global change,* promotor prof. dr M.Märker.

2013 – 2021: Moskiewski Państwowy Uniwersytet im Łomonosowa (Rosja), współpraca z prof. dr. Romanem S. Chalovem, prof. dr. Sergeyem Chalovem, dr. Aleksandrem Zawadskym z Wydziału Geografii – Laboratorium Erozji Gleb i Procesów Korytowych Rzek. Celem współpracy było początkowo realizowanie zadań w ramach projektu FLUMEN dotyczących badań wpływu człowieka na procesy korytowe rzek nizinnych, w kolejnych latach zrealizowano projekt MANTRA-Rivers (projekty opisano w Załączniku 3, pkt. 9).

Efekty współpracy:

- 2013: staż naukowy, termin 22.05–22.06.2013 (30 dni), temat: *Zróżnicowanie zarządzania procesami korytowymi systemów rzecznych Europy Północnej na przykładzie rzek Wisły i Dźwiny Północnej*, opiekun: prof. dr Roman S. Chalov, finansowany w ramach projektu akr. FLUMEN;
- 2014: referat wygłoszony wspólnie z prof. dr. S. Chalovem podczas konferencji EGU - General Assembly European Geoscience Union, Austria, afiliowany w projekcie FLUMEN: https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014EGUGA..16.9260C/abstract;
- 2014: wspólna publikacja z prof. dr. S. Chalovem: https://doi.org/10.2478/quageo-2014-0025;
- 2015: wspólna publikacja z S. Chalovem i A. Zawadskym afiliowana na projekt FLUMEN: https://waterjournal.ru/files/wj/1615529533.pdf;
- 2018: wspólna publikacja z prof. dr. S. Chalovem afiliowana na projekt MANTRA-rivers: https://doi.org/10.12854/erde-2018-389 (IF=0.641; 15 pkt. MNiSW);
- 2019: wspólna publikacja z prof. dr. S. Chalovem afiliowana na projekt MANTRA-rivers: https://doi.org/10.5194/piahs-381-7-2019;

- 2020-2021: współredagowanie z prof. dr. S. Chalovem tomu w czasopiśmie Ecohydrology and Hydrobiology (Elsevier) oraz publikacji do tomu specjalnego: https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2021.11.002 (IF= 2.957; 100 pkt. MEiN).

2014 – obecnie: Państwowy Uniwersytet im. Tarasa Shevchenki w Kijowie (Ukraina), współpraca z prof. dr. Oleksandrem Obodovskiym oraz dr. Vasilim Onyschukiem z Wydziału Geografii. Początkowo celem współpracy było realizowanie zadań dotyczących wpływu zapór na procesy korytowe Dniepru w ramach projektu FLUMEN. Obecnie współpraca polega na kontynuacji prowadzenia badań Dniepru w zakresie zmian strefy przejściowej wodno-lądowej (ATTZ).

Efekty dotychczasowej współpracy:

- 2014: staż naukowy na Wydziale Geografii, termin 10.04–11.05.2014 (30 dni), temat: *Ocena stabilności koryta Dniepru poniżej zapory i zbiornika w Kaniewie*, opiekun: prof. dr Oleksandr Obodovskyi, finansowany w ramach projektu akr. FLUMEN;
- 2015: staż naukowy na Wydziale Geografii, termin 01.07–30.07.2015 (30 dni), temat: *Wpływ wahań przepływu wód Dniepru poniżej elektrowni wodnej w Kaniewie na erozję koryta*, opiekun: prof. dr Oleksandr Obodovskyi, finansowany z projektu akr. FLUMEN;
- 2016: staż naukowy na Wydziale Geografii, termin 01.08–29.08.2016 (30 dni), temat: *Wpływ wahań przepływu wód Dniepru poniżej elektrowni wodnej w Kaniewie na erozję koryta*, opiekun: prof. dr Oleksandr Obodovskyi, finansowany z projektu akr. FLUMEN;
- 2017: wspólne opatentowanie wynalazku z prof. dr. O. Obodovskyim i dr. V. Onyschukiem: *Model konstrukcji małej elektrowni wodnej*, patent nr UA121863U, Ukraiński Urząd Patentowy, data rejestracji 26.12.2017, klasyfikacja patentu: międzynarodowy https://tiny.pl/wm2fk;
- 2018: wspólne opatentowanie wynalazku z prof. dr. O. Obodovskyim i dr. V. Onyschukiem: *Model konstrukcji uniwersalnej elektrowni wodnej*, patent nr UA124817U, Ukraiński Urząd Patentowy, data rejestracji 25.04.2018, klasyfikacja patentu: międzynarodowy https://tiny.pl/wm2f2;
- 2018: wspólne opatentowanie wynalazku z prof. dr. O. Obodovskyim i dr. V. Onyschukiem: *Urządzenie do pobierania próbek osadów z wody*, patent nr UA125299U, Ukraiński Urząd Patentowy, data rejestracji 10.05.2018; klasyfikacja patentu: międzynarodowy https://tiny.pl/wxf74;
- 2019: wspólna publikacja wyników badań z prof. dr. O. Obodovskyim: https://doi.org/10.12911/22998993/113136 (70 pkt. MEiN);
- 2019: wspólny referat z prof. dr. O. Obodovskyim na konferencji w Kijowie i publikacja w materiałach pokonferencyjnych afiliowana na projekt FLUMEN: https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903230;
- 2019: wspólne opatentowanie wynalazku z prof. dr. O. Obodovskyim i dr V. Onyschukiem: *Urządzenie do pobierania próbek osadów z wody (z wykorzystaniem procesu osmozy)*, patent nr UA131903U, Ukraiński Urząd Patentowy, data rejestracji 11.02.2019; klasyfikacja patentu: międzynarodowy https://tiny.pl/wxf7p;
- 2020-obecnie: udział w pracach Komitetu Redakcyjnego czasopisma Hydrology, hydrochemistry and hydroecology (Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія) wydawanego na Państwowym Uniwersytecie im. Terasa Shevczenki w Kijowie, ISSN: 2306-5680 https://tiny.pl/wm2fb;
- 2020: wspólna publikacja wyników badań z prof. dr. O. Obodovskyim afiliowana w projekcie FLUMEN: https://doi.org/10.3390/w12041104 (IF 3.103; 100 pkt. MEiN);

- 2021**:** wspólna publikacja wyników badań z prof. dr. O. Obodovskyim afiliowana w projekcie FLUMEN: https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105265 (IF 6.367; 140 pkt. MEiN).

2019 - 2020: Glasgow Caledonian University (Wielka Brytania), współpraca z dr. Marisem Saunesem z Wydziału Inżynierii Środowiska i Budownictwa. Celem współpracy było stworzenie bazy danych zlikwidowanych zapór w Wielkiej Brytanii.

Efekty współpracy:

2020: wspólna publikacja *Dam and reservoir removal projects – a mix of social-ecological trends and cost-cutting attitudes,* Nature - Scientific Reports, no 10, art. no 19210

- https://doi:10.1038/s41598-020-76158-3 (IF 4.379; 140 pkt. MEiN)

2019 - 2020: Loughborough University w Leicestershire (Wielka Brytania), współpraca z dr. Krestencją Podgorską z Wydziału Geografii i Środowiska. Celem współpracy było stworzenie bazy danych zlikwidowanych zapór w Wielkiej Brytanii.

Efekty współpracy:

2020: wspólna publikacja *Dam and reservoir removal projects – a mix of social-ecological trends and cost-cutting attitudes,* Nature - Scientific Reports, no 10, art. no 19210

- https://doi:10.1038/s41598-020-76158-3 (IF 4.379; 140 pkt. MEiN)

2019 – 2021: Uniwersytet Floty Morskiej i Rzecznej im. Admirała Makarowa w St. Petersburgu (Rosja), współpraca z prof. dr. Genadym Gladkovem z Laboratorium Modelowania Hydraulicznego Rzek – umowa dwustronna pomiędzy Uniwersytetem Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy a Uniwersytetem w St. Petersburgu. Wspólne badania polegały na poprawie skuteczności modelowania matematycznego transportu rumowiska rzek, m.in. poprzez uwzględnienie w algorytmach złożonej szorstkości dna zbudowanego z osadów niejednorodnych.

Efekty współpracy:

- 2019: staż naukowy, termin 30.05-02.06.2019 (3 dni), temat: *Modelowanie fizyczne transportu rumowiska rzek*, opiekun: prof. dr Genady Gladkov
- 2021: wspólna publikacja *Sediment Transport and Water Flow Resistance in Alluvial River Channels: Modified Model of Transport of Non-Uniform Grain-Size Sediments.* Water (Switzerland), 13, 2038 https://doi.org/10.3390/w13152038 (IF=3.530; 100 pkt. MEiN)

2020 – 2021: Stacja badawcza North-East Science Station, Chersky Sacha - Jakucja (Rosja), stacja międzynarodowej sieci badań i monitoringu Ziemi w Arktyce INTER⇆ACT. Współpraca z dr. Kristiną Prokopeva i dr. Nikitą Zimov w ramach projektu akr. KolymaSed. Celem współpracy było monitorowanie dynamiki transportu osadów podczas tzw. *przepływów freshnetowych* (wiosennego piku wezbraniowego) rzeki Kołymy.

Efekty współpracy:

- 2021: staż naukowy, termin 26.06–06.07.2021 (12 dni), temat: *Ocena ładunku transportowanych osadów w dolnym odcinku rzeki Kołymy*, opiekun: dr Nikita Zimov
- 2021: wspólna publikacja North to South Variations in the Suspended Sediment Transport Budget within Large Siberian River Deltas Revealed by Remote Sensing Data. Remote Sensing; 13(22):4549, https://doi.org/10.3390/rs13224549 (IF= 5.349; 100 pkt. MEiN)

5.2. Aktywność naukowa realizowana z uczelniami krajowymi

2013: Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, współpraca z dr. Dariuszem Górskim z Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska w ramach projektu pt. *„Bilans wodny Jeziorka Czerniakowskiego w Warszawie dla lat hydrologicznych 2009-2010*" wykonywanej dla dzielnicy Mokotów m. st. Warszawy. W wyniku wspólnych badań opracowano mapę batymetryczną akwenu oraz obliczenia morfometryczne.

Efekty współpracy:

- 2013: zatrudnienie na umowę zlecenie w projekcie dotyczącym Jeziorka Czerniakowskiego w Warszawie w ramach prac zleconych przez Gminę Mokotów https://mokotow.um.warszawa.pl/-/ekspertyzy-i-publikacje

2017 – obecnie: Uniwersytet Śląski w Katowicach, współpraca z dr hab. Damianem Absalonem prof. UŚ, dr hab. Magdaleną Matysik z Wydziału Nauk Przyrodniczych. Współpraca dotyczyła wspólnych badań dotyczących sedymentacji w zbiornikach, wpływu likwidacji zapór na uruchomienie osadów, w tym badań monitoringowych rozbiórki zapory Wilkówka, pierwszej zapory likwidowanej w Polsce

Efekty współpracy:

- 2017: organizacja sesji tematycznej pt. *GIS, Statistics and Remonte Sensing Technologies for River Valleys* w ramach cyklicznej zagranicznej konferencji indeksowanej w WoS, 13th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMES), Saloniki, Grecja w dniach 22-26.04.2017. W rezultacie prac współredagowano materiały konferencyjne*:* Absalon D., Habel M., 2017*. Preface of the Symposium on "GIS, Statistics and Remote Sensing Technologies for River Valleys Development"*, w: AIP Conference Proceedings, red.: Simos T. E., Kalogiratou Z., Monovasilis T., New York: American Institute of Physics, 1906, 170001, https://doi.org/10.1063/1.5012436;
- 2018: zatrudnienie na umowę zlecenie i udział w projekcie pt. *Ocena możliwości żeglugowych rzeką Wisłą ze szczególnym uwzględnieniem wymagań dla transportu turbiny gazowej przewidzianej dla nowego Bloku Gazowo-Parowego w Elektrociepłowni Żerań* w ramach prac zleconych Uniwersytetowi Śląskiemu przez Polimex Energetyka Sp. z o.o.;
- 2019: wspólny referat podczas konferencji Inland Shipping, Inland Shipping International Conference, Akademia Morska w Szczecinie, 16-17.05.2019, pt. *Assessment of the water level limitation for ships carrying oversized cargo in the Vistula channel in winter season*;
- 2020: wspólna publikacja naukowa dotycząca jakości wody zbiorników zaporowych w Polsce: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64892 -3_7 (20 pkt. MEiN);
- 2020: wspólna publikacja naukowa dotycząca likwidacji zapór: https://doi:10.1038/s41598-020-76158-3 (IF 4.379; 140 pkt. MEiN);
- 2020: wspólna publikacja naukowa dotycząca wpływu zmian użytkowania ternu na jakość wody w zbiornikach zaporowych: https://doi.org/10.3390/rs12060979 (IF=4.848; 100 pkt. MEiN);
- 2020: Zawiązanie nieformalnego konsorcjum badawczego (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Uniwersytet Śląski i Uniwersytet Łódzki) w celu monitorowania przebiegu pierwszej rozbiórki zapory w Polsce - https://www.projekt-wilkowka.pl;
- 2021: Przygotowanie wspólnego projektu badawczego, Program Granty Interwencyjne, NAWA, Nr wniosku BPN/GN/2021/1/00091 pt. *Rozbiórka zapory Wilkówka – ryzyka i konsekwencje dla funkcjonowania systemów społeczno-ekologiczno – technologiczny (SETS)* (wniosek nie uzyskał finasowania);

- 2022: Przygotowanie wspólnego manuskryptu publikacji pt. *Dam removal as a means of offsetting environmental degradation in ecosystem services and infrastructure* (manuskrypt w trakcie oceny przez recenzentów - czasopismo Land Degradation&Development, Wiley);
- 2021: wspólna publikacja naukowa dotycząca procesu zamulania zbiorników: https://doi.org/10.3390/en14237951 (IF 3.252; 140 pkt. MEiN).

2017 – 2021: Uniwersytet Śląski w Katowicach, współpraca z prof. dr hab. Ireneuszem Malikiem i dr hab. Małgorzatą Wistubą z Wydziału Nauk Przyrodniczych. Współpraca dotyczyła wspólnych badań warunków erozji koryt w oparciu o dane dendrochronologiczne, w tym doskonalenia metod symulowania warunków hydrodynamicznych i morfologicznych ekstremalnych przepływów rzek.

Efekty współpracy:

- 2021: wspólna publikacja naukowa https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108021 (IF 6.263; 140 pkt.);
- 2021: Zawiązanie konsorcjum (umowa) i przygotowanie projektu badawczego, Program OPUS-LAP, Narodowe Centrum Badań, wniosek nr 2020/39/I/ST10/03265 pt. *Dynamika hydromorfologiczna z perspektywy regionalnej: połączenie różnych skal procesów dla ich kompleksowego zrozumienia i modelowania* (wniosek nie uzyskał finasowania).

2020 – obecnie: Uniwersytet Łódzki, współpraca z dr hab. Iwoną Wagner, dr. Zbigniewem Kaczkowskimi i dr hab. Tomaszem Jurczakiem z Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska. Celem współpracy są wspólne badania monitorowania wpływu rozbiórki zapory Wilkówka na środowisko fluwialne.

Efekty współpracy:

- 2020: Zawiązanie nieformalnego konsorcjum badaweczego (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Uniwersytet Śląski i Uniwersytet Łódzki) w celu monitorowania przebiegu pierwszej rozbiórki zapory w Polsce – https://www.projekt-wilkowka.pl;
- 2021: Przygotowanie wspólnego projektu badawczego, Program Granty Interwencyjne, NAWA, Nr wniosku BPN/GN/2021/1/00091 pt. *Rozbiórka zapory Wilkówka - ryzyka i konsekwencje dla funkcjonowania systemów społeczno-ekologiczno – technologiczny (SETS)* (wniosek nie uzyskał dofinasowania);
- 2022: Artykuł o projekcie monitoringu rozbiórki zapory w serwisie Nauka w Polsce pt. *Pierwsze wnioski naukowców monitorujących proces rozbiórki zapory w Wilkowicach* https://tiny.pl/wm26c;
- 2022: Przygotowanie wspólnego manuskryptu publikacji pt. *Dam removal as a means of offsetting environmental degradation in ecosystem services and infrastructure* (manuskrypt w trakcie oceny przez recenzentów - czasopismo Land Degradation&Development, Wiley)

2021: Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk w Łodzi, współpraca z dr hab. Iwoną Wagner i dr. Kamilą Belką. Celem współpracy było opracowanie nowych wskaźników dla usługi ekosystemowej m.in. wskaźnika: kontrola poziomu erozji.

Efekty współpracy:

- 2021: zatrudnienie na umowę zlecenie w ramach projektu badawczego pt. *Rozpoznanie i oceny usług świadczonych przez ekosystemy wód słodkich w Polsce* finansowanego ze środków Iceland, Lichtenstein, Norway grants, Mechanizmu Finansowego EOG 2014-2021 w ramach Programu Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu akr. Ecoserv.

Podsumowanie: W ramach realizowanej aktywności naukowej z naukowcami z sześciu uczelni zagranicznych (z Włoch, Ukrainy, Wielkiej Brytanii i Rosji) oraz jednej samodzielnej międzynarodowej stacji badawczej odbyłem łącznie sześć staży naukowych (łącznie 135 dni pobytu w uczelniach zagranicznych), zrealizowałem trzy projekty międzynarodowe (FLUMEN, MANTRA-Rivers i KolymaSed), opublikowałem łącznie 10 prac naukowych z czego 7 to artykuły w czasopismach z tzw. Listy Filadelfijskiej (m.in. Catena, Scientific Reports, Water, Remote Sensing, Ecohydrology&Hydrobiology) oraz opatentowałem cztery wynalazki. W ramach realizowanej współpracy z czterema uczelniami krajowymi przygotowywałem wspólne prace o charakterze aplikacyjnym (dwa projekty dla instytucji publicznych i prywatnych), realizowałem badania naukowe opublikowane w czterech czasopismach z tzw. Listy Filadelfijskiej (Ecological Indicators, Scientific Reports, Energies, Remote Sensing), złożyłem dwa wnioski o projekty do NCN i NAWA. Szczególnie efektywną współpracę prowadziłem z pracownikami Uniwersytetu Śląskiego, zapoczątkowaną m.in. wspólną organizacją sesji na konferencji zagranicznej oraz realizacją badań dotyczących oddziaływania zapór i zbiorników na środowisko wodne (pięć wspólnych publikacji).

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

Prowadzenie zajęć dydaktycznych

Od 2005 roku prowadzę zajęcia dydaktyczne (wykłady i ćwiczenia) na Uniwersytecie Kzimierza Wielkiego na kierunkach: geografia, ochrona środowiska, rewitalizacja dróg wodnych, zarządzanie kryzysowe w środowisku realizowanych na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy z następujących przedmiotów:

- Hydrologia ogólna;
- Hydrologia i oceanografia;
- Potamologia;
- Limnologia;
- Teledetekcja
- Rzeczne Systemy Informacyjne RIS;
- Gospodarka wodno-ściekowa;
- Podstawy hydrochemii;
- Seminarium dyplomowe i Seminarium magisterskie;
- Modelowanie hydrauliczne rzek (w ramach projektu PO WER „Wypłyń na szerokie..")

W latach 2020-2022 przeprowadzono cztery cykle zajęć szkoleniowych na Uniwersytecie Śląskim dla studentów geografii, geologii i aquamatyki w ramach projektu *„Zintegrowany Program Rozwoju Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach"* z modelowania hydrologiczne rzek 1D i 2D.

Nadzór nad realizacją prac dyplomowych i doktorskich

W okresie od października 2012 do chwili obecnej pełniono następujące role:

- promotorstwo 2 prac licencjackich na kierunku geografia;
- promotorstwo 10 prac inżynierskich na kierunku rewitalizacja dróg wodnych,
- promotorstwo 7 prac magisterskich na kierunku geografia;
- zrecenzowanie 21 prac licencjackich, inżynierskich i magisterskich;

- promotorstwo pomocnicze w przewodzie doktorskim Dawida Szattena, pracy pt. *Wpływ działalności człowieka na procesy fluwialne dolnego odcinka Brdy*, promotor pracy: prof. dr hab. Zygmunt Babiński; obrona odbyła się w 2017 przed Radą Naukową Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego Polskiej Akademii Nauk w Warszawie;
- egzaminator zewnętrzny Komisji Doktorskiej Uniwersytetu w Pawi (Włochy) w przewodzie Manuela La Licata, praca doktorska pt. *Quantitative assessment of sediment dynamics on catchment scale using advanced modelling and scenario analysis to adapt Mediterranean agroecosystems to global change,* promotor prof. dr M. Märker, przeprowadzenie oceny śródokresowej w 2022.

Osiągnięcia organizacyjne

- 2015: Pomysłodawca i organizator Ogólnopolskiej Olimpiady wiedzy o żegludze i drogach wodnych odbywającej się na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, dotychczas odbyło się 6 edycji konkursu;
- 2015: Pomysłodawca i autor programu nauczania dla kierunku studiów magisterskich, geografia o specjalności geografia dróg wodnych na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego;
- 2016: Pomysłodawca i kierownik projektu realizowanego na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy: "Pracownia modelowania zagrożeń chemicznych w wodzie i powietrzu"; pozyskano 45 000 PLN z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska w Toruniu;
- 2017-2020: Pomysłodawca i kierownik projektu realizowanego na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy: *Wypłyń na szerokie wody z nowymi kompetencjami* finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju Program Operacyjny Wiedza, Edukacja Rozwój (POWER.03.01.00-00-K401/16);
- 2022: Współorganizator międzynarodowej Szkoły Zimowej dla młodych naukowców i studentów (on-line) pt. „*Assessment of Landscape Processes: From the Past over the Present to the Future*", wspólnie z Uniwersytetem Isfahan (Iran) oraz Uniwersytetem Karola w Pradze (Czechy);
- 2022: Współorganizator Międzynarodowej Szkoły Letniej dla studentów na rzece Taglamento (Włochy) pt. *Monitoring Alpine River Dynamics from a biodiversity and landscape perspective – Tagliamento river,* orgazniowanej w ramach projektu Blended Intensive Program – ERSAMUS+, wspólnie z Uniwersytetem w Udine (Włochy) i Akademią Nauk Stosowanych w Eberswalde (Niemcy).

Pełnienie funkcji dydaktycznych

- 2005 - 2012: Koordynator programu ERASMUS w Instytucie Geografii, na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy;
- 2013 - 2017: Członek Rady Programowej kierunku Rewitalizacja dróg wodnych w Instytucie Geografii, na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy;
- 2015 - 2016: Członek Rady Programowej kierunku Geografia – studia licencjackie w Instytucie Geografii, na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy;
- 2015 – 2021: Członek Jury Ogólnopolskiej Olimpiady wiedzy o żegludze i drogach wodnych odbywającej się na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy.

Popularyzacja nauki

Prowadzone badania były przedmiotem zainteresowania mediów publicznych:

- 2020: **portal Nauka w Polsce** https://tiny.pl/wm9w8
  Artykuł omawia wyniki opublikowanych przeze mnie badań w Scientific Reports (https://www.nature.com/articles/s41598-020-76158-3), dzięki którym udało się zweryfikować liczbę i przebieg rozebranych zapór w Europie i USA.
- 2020: **Polska Agencja Prasową (PAP)** w dziale Nauka https://tiny.pl/wmsq7
  Informacja o opublikowanych przełomowych badaniach zespołu którym kierowałem. Z publikacji wynika m.in., ile likwidacji zapór przeprowadzono w ostatnich dekadach w USA i Europie. Praca obala stereotyp promowany przez organizacje ekologiczne, że jest obecnie „boom" na rozbiórki zapór, a z naszych badań wynika że wcale nie jest powszechne zjawisko w stosunku do zapór ze zbiornikami. Informacja ta została powielona przez przeszło 20 portali informacyjnych.
- 2020: **Gazeta Wyborcza** https://tiny.pl/wmsqm
  W artykule dotyczył fragmentacji rzek w Europie, w którym nawiązano do opublikowanych przez mnie badań w Scientific Reports (https://www.nature.com/articles/s41598-020-76158-3) z których wynika brak powszechności rozbiórek zapór a częstych rozbiórek niskich przeszkód w korytach rzek (progów, jazów, przepustów).
- 2020: **Telewizja Polska** - TVP3 https://tiny.pl/wmsqx
  W materiale przedstawiono kulisy pracy badawczej międzynarodowego zespołu badającego rozbiórki zapór
- 2021: **portal Nauka w Polsce** https://tiny.pl/wgcjw
  Artykuł omawia wyniki badań realizowanych przeze mnie projektu międzynarodowego dotyczącego rzeki Kołymy (w Arktycznej części Syberii). W ramach moich badań udowadniałem m.in. wzrastającą roli termoerozji w dostawie osadów do rzek i Oceanu Arktycznego
- 2022: **portal Nauka w Polsce** https://tiny.pl/wm26c
  Artykuł omawia wyniki prowadzenia monitoringu pierwszej w Polsce rozbiórki zapory – zapory Wilkówka. Zaprezentowano m.in. pierwsze wyniki badań interdyscyplinarnego zespołu naukowego, którym kieruję.

Przygotowane i opublikowane rozdziały w podręcznikach akademickich

- 2017: Wydawnictwo PWN w Warszawie, podręcznik pt. *Hydrologia Polski* (red.): P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka, rozdział pt. *Wykorzystanie i zagrożenia rzek i wód rzecznych* (współautor Babiński Z.);
- 2021: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, podręcznik *pt. Współczesne przemiany rzeźby Polski* (red.): A. Kostrzewski, K. Krzemień, P. Migoń, L. Starkel, M. Winowski, Z. Zwoliński, rozdział pt. *Współczesne przemiany rzeźby koryta i równiny zalewowej Wisły* (współautorzy: Łajczak A., Babiński Z., Falkowski T., Gierszewski P., Plit J., Soja R., Szmańda J.)

7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej

Pełnienie funkcji na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego

- 2013 – 2016: p.o. kierownika Katedry Rewitalizacji Dróg Wodnych w Instytucie Geografii;
- 2016 – 2019: prodziekan ds. nauki, Wydział Kultury Fizycznej, Zdrowia i Turystyki;
- 2016 – 2019: członek Senackiej Komisji ds. Nauki;
- 2016 – 2019: członek Senackiej Komisji ds. Współpracy;
- 2019 – obecnie: wiceprzewodniczący Rady Naukowej Instytutu Geografii;
- 2020 – obecnie: członek Rady Naukowej Instytutu Geografii na kadencję 2020-2024;
- 2020 – obecnie: członek Komisji Oceniającej Instytutu Geografii na kadencję 2020-2024;
- 2020 – obecnie członek Komisji Wydawniczej Instytutu Geografii;
- 2021 – członek zespołu JM Rektora ds. opracowania Strategii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego na lata 2021-2025;
- 2021 – obecnie: kierownik Katedry Rewitalizacji Dróg Wodnych w Instytucie Geografii.

Pełnienie funkcji państwowych

- 2020 – obecnie: wiceprzewodniczący Państwowej Rady Gospodarki Wodnej - Ministerstwo Infrastruktury, kadencja 2020-2023.

Nagrody i wyróżnienie

- 2009: Stypendium naukowe w ramach konkursu Marszałka Województwa „Krok w przyszłość – stypendia dla doktorantów III edycja";
- 2013: Nagroda indywidualna III stopnia nadana przez JM Rektora UKW za wybitne osiągnięcia naukowe w 2012;
- 2015: Brązowy Krzyż Zasługi Prezydenta RP Bronisława Komorowskiego za działalność na rzecz rozwoju nauki;
- 2016: Wyróżnienie JM Rektora UKW za wybitne osiągnięcia naukowo-organizacyjne w 2014/2015 r.;
- 2018: Medal Komisji Edukacji Narodowej za wybitne osiągnięcia dydaktyczne;
- 2020: Nagroda indywidualna II stopnia za osiągnięcia naukowe w roku 2020, nadana przez JM Rektora UKW w Bydgoszczy.

Współpraca z organami państwowymi

Pełnienie funkcji **biegłego sądowego** w zakresie hydrologii

- 2012: Sąd Rejonowy w Brodnicy - opracowanie opinii pt. *„Ustalenie czy na działce nr 38/66 stanowiącej własność Krzysztofa i Marii Jarosz, KW TO1B/0037705/3 prowadzonej przez Wydział Ksiąg Wieczystych Sadu Rejonowego w Brodnicy znajdują się wody gruntowe pitne lub wody głębinowe i czy istnieje tam możliwość wywiercenia studni poborowej?";*
- 2016: Sąd Okręgowy w Warszawie, opracowanie opinii pt. *„Ustalenie powierzchni obwodu rybackiego nr 5 – Zbiornik Włocławki na rzece Wiśle";*
- 2016 - 2017: Sąd Rejonowy w Tucholi, opracowanie opinii pt. *„Ustalenie charakteru wód Jeziora Suskiego Wielkiego i Jeziora Suskiego Małego";*

- 2017: Sąd Okręgowy w Toruniu, opracowanie opinii pt. *„Czy nieruchomości powodów położone w Bydgoszczy przy ul. Wypaleniska, Toruńska 179, Przyłubska tj. w pobliżu Oczyszczalni Ścieków „Kapuściska" znajdującej się przy ul. Toruńskiej 342A były zagrożone powodzią w latach 1980 – 1998 i czy są w chwili obecnej na podstawie bogato zgromadzonych w aktach sprawy i na podstawie oględzin ?"*

Współpraca z Ministerstwem Edukacji Narodowej za pośrednictwem instytucji: Centralnej Komisji Egzaminacyjnej w Warszawie oraz Ośrodkiem Rozwoju Edukacji w Warszawie. Współpraca polegała na nadzorowaniu procesu przygotowywania egzaminów końcowych i efektów kształcenia podstawy programowej szkolnictwa zawodowego:

- 2017: Przeprowadzono ocenę 6 wiązek zadań egzaminacyjnych do części pisemnej i praktycznej egzaminu potwierdzającego kwalifikacje w zawodzie technik żeglugi śródlądowej: A.37 Planowanie i prowadzenie żeglugi po śródlądowych drogach wodnych i morskich w zawodzie technik żeglugi śródlądowej;
- 2018: Wykonano recenzję 8 wiązek zadań egzaminacyjnych do części pisemnej i praktycznej egzaminu potwierdzającego kwalifikacje w zawodzie technik żeglugi śródlądowej: AU.39 Planowanie i prowadzenie żeglugi po śródlądowych drogach wodnych i morskich w zawodzie technik żeglugi śródlądowej;
- 2018: Wykonano recenzję kryteriów weryfikacji dla uszczegółowionych efektów kształcenia określonych w podstawie programowej kształcenia w zawodach: żegluga śródlądowa i morska oraz technik nawigator morski;
- 2019: Opracowano kursy kwalifikacji zawodowych w zawodzie technik budownictwa wodnego tj. kursów: TWO.01 Wykonywanie robót regulacyjnych i hydrotechnicznych oraz TWO.04 Organizacja robót związanych z regulacją cieków oraz budową urządzeń wodnych.

PODPIS ZAUFANY
MICHAŁ JANUSZ
HABEL
01.10.2022 22:08:31 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

(podpis wnioskodawcy)