

Autoreferat

1. Imię i nazwisko: Małgorzata Błaszczuk

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

1998 **Inżynier.** Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska.

2000 **Magister w zakresie geoinformatyka i teledetekcja.** Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska. Tytuł rozprawy: „Wykorzystanie programu Geomedia dla potrzeb ewidencji zdjęć lotniczych i produktów ich przetwarzania”. Promotor: dr inż. Krystian Pyka.

2008 **Doktor Nauk o Ziemi w zakresie geografii.** Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach. Tytuł rozprawy: „Zastosowanie metod teledetekcyjnych dla określenia intensywności cielenia lodowców Svalbardu”. Promotor: prof. dr hab. Jacek Jania. Rozprawa wyróżniona uchwałą Rady Wydziału Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

2000-2004 *Śląski Urząd Marszałkowski w Katowicach. Wydział Geodezji, Kartografii i Gospodarki Nieruchomościami. Stanowisko: podinspektor. Współpraca jako wolontariusz i uczestnik projektów badawczych z zespołem Wydziału Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach.*

2004-2008 *Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Katowicach. Stanowisko: główny specjalista. Współpraca jako wolontariusz i uczestnik projektów badawczych z zespołem Wydziału Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach.*

2008-2009 Instytut Geofizyki PAN, uczestnik całorocznej XXXI Wyprawy Naukowej IGF PAN na Spitsbergen, **obserwator środowiska abiotycznego.**

2009-2010 *Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Katowicach. Stanowisko: główny specjalista. Współpraca jako wolontariusz i uczestnik projektów badawczych z zespołem Wydziału Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach.*

2010-2019 Katedra Geomorfologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach, **adiunkt.**

2019-nadal Instytut Nauk o Ziemi, Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, **adiunkt.**

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

Osiągnięcie naukowe stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny stanowi **cykl pięciu powiązanych tematycznie artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych** – zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018 poz. 1668), art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b.

4.1. Tytuł dzieła naukowego

„Rozpoznanie dynamiki svalbardzkich lodowców uchodzących do morza na podstawie badań teledetekcyjnych”

4.2. Spis prac prezentujących osiągnięcie naukowe

A1. Błaszczyk M., Jania J.A., Kolondra L. **2013.** Fluctuations of tidewater glaciers in Hornsund Fjord (Southern Svalbard) since the beginning of the 20th century. *Polish Polar Research*, ISSN 0138-0338, 34(4), 327-352.

Mój wkład polegał na opracowaniu koncepcji badań, analizie kartometrycznej i ocenie dokładności danych przestrzennych. Miałam współudział w zebraniu materiału badawczego. Samodzielnie pozyskałam i dokonałam analizy danych satelitarnych oraz opracowałam dane meteorologiczne. Zestawiałam dane o zasięgu czół lodowców oraz podkład satelitarny, które stanowią główny element treści mapy z zasięgami lodowców, będącej załącznikiem do publikacji. Dokonałam interpretacji wyników, przeprowadziłam dyskusję i sformułowałam wnioski. Przygotowałam ostateczną wersję tekstu oraz wszystkie ilustracje i zestawienia tabelaryczne w publikacji.

A2. Błaszczyk M., Ignatiuk D., Uszczyk A., Cielecka-Nowak K., Grabiec M., Jania J.A., Moskalik M., Walczowski W. **2019a.** Freshwater input to the Arctic fjord Hornsund (Svalbard). *Polar Research*, 38, 3506, <https://doi.org/10.33265/polar.v38.3506>.

Mój wkład polegał na wiodącym współtworzeniu koncepcji badań, udziale w sformułowaniu problemu badawczego i zaplanowaniu metodyki badań. Byłam odpowiedzialna za wyznaczenie wielkości dostawy słodkiej wody do fiordu pochodzącej z ablacji frontalnej lodowców. Samodzielnie zebrałam przestrzenne dane satelitarne i dokonałam ich analizy, wyznaczyłam pozycje czół lodowców, opracowałam wyniki pomiarów prędkości lodowców, dane batymetryczne oraz wielkość ablacji frontalnej. Zestawiałam i opracowałam zbiorczo dane zebrane przeze mnie oraz współautorów, a także dokonałam ich interpretacji. Na tej podstawie przeprowadziłam dyskusję wyników i sformułowałam wnioski. Przygotowałam ostateczną wersję publikacji, wszystkie ilustracje i tabele z wynikami statystycznymi.

A3. Błaszczyk M., Ignatiuk D., Grabiec M., Kolondra L., Laska M., Decaux L., Jania J., Berthier E., Luks B., Barzycka B., Czapla M. **2019b**. Quality Assessment and Glaciological Applications of Digital Elevation Models Derived from Space-Borne and Aerial Images over Two Tidewater Glaciers of Southern Spitsbergen. *Remote Sensing*, 11, 1121, <https://doi.org/10.3390/rs11091121>.

Mój wkład polegał na opracowaniu koncepcji badań, zdefiniowaniu problemu badawczego i zaplanowaniu metodyki badań. Pozyskałam zasadniczą część satelitarnych, opracowałam metodykę generowania numerycznych modeli terenu (NMT), wygenerowałam NMT z obrazów satelitarnych Pléiades, przeprowadziłam walidację dokładności wszystkich NMT. Wyzaczyłam geodezyjny bilans masy lodowców. Zestawiłam i poddałam interpretacji dane pozyskanych przeze mnie i współautorów; w oparciu o uzyskane wyniki sformułowałam wnioski i przeprowadziłam dyskusję. Przygotowałam ostateczną wersję publikacji, w tym większość ilustracji i tabel.

A4. Błaszczyk M., Jania J.A., Cieplý M., Grabiec M., Ignatiuk D., Kolondra L., Kruss A., Luks B., Moskalik M., Pastusiak T., Strzelewicz A., Walczowski W., Wawrzyniak T. **2021**. Factors controlling terminus position of Hansbreen, a tidewater glacier in Svalbard. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 126, e2020JF005763, <https://doi.org/10.1029/2020JF005763>.

Mój wkład polegał na opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu zasadniczej części analiz, interpretacji wyników badań oraz napisaniu roboczej wersji manuskryptu. Miałam główny udział w opracowaniu strategii pozyskania danych i zarządzania nimi oraz w gromadzeniu materiału badawczego. W szczególności zebrałam wszystkie przestrzenne dane satelitarne oraz opracowałam fluktuacje czoła Lodowca Hansa. Opracowałam zmienność zalodzenia morza we fiordzie, skompilowałam dane batymetryczne, wykonałam pomiary klifu z wykorzystaniem skaningu laserowego i opracowałam dane. W oparciu o dane zebrane przeze mnie oraz współautorów przeprowadziłam kluczowe analizy statystyczne, sformułowałam wnioski i przeprowadziłam dyskusję. Przygotowałam ostateczny tekst publikacji oraz wszystkie ilustracje i zestawienia tabelaryczne w artykule.

A5. Błaszczyk M., Moskalik M., Grabiec M., Jania J., Walczowski W., Wawrzyniak T., Strzelewicz A., Malnes E., Lauknes T.R., Pfeffer W.T. **2023**. The Response of Tidewater Glacier Termini Positions in Hornsund (Svalbard) to Climate Forcing, 1992-2020. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 128, e2022JF006911, <https://doi.org/10.1029/2022JF006911>.

Mój wkład polegał na wiodącym udziale w sformułowaniu problemu badawczego, współtworzeniu koncepcji badań i zaplanowaniu metodyki badań. Samodzielnie zebrałam przestrzenne dane satelitarne, wyznaczyłam pozycje czoł lodowców, opracowałam prędkości lodowców, wielkość ablacji frontalnej oraz zmienność zalodzenia morza we fiordzie. Zestawiłam

i opracowałam zbiorczo dane zebrane przeze mnie i współautorów, wykonałam część analiz statystycznych. W oparciu o uzyskane rezultaty wykonałam interpretację wyników badań, sformułowałam wnioski i przeprowadziłam dyskusję. Przygotowałam ostateczną wersję publikacji, wszystkie ilustracje i współtworzyłam tabele z wynikami statystycznymi.

4.3. Wprowadzenie

Jednym z głównych wskaźników długofalowych zmian klimatu jest ubytek masy lodowców (Bojinski i in., 2014), przy czym najszybsze i największe zmiany zachodzą w lodowcach zakończonych w wodzie (Truffer i Motyka, 2016). Negatywny bilans masy lodowców obserwowany jest w skali globalnej (Fox-Kemper i in., 2021) i istotnie przyczynia się do wzrostu poziomu oceanu światowego (Zemp i in., 2019; Hugonnet i in., 2021), zmienności warunków hydrologicznych (Immerzeel i in., 2020) oraz powstawiania zagrożeń naturalnych (Kääb i in., 2018). Jednym z najszybciej ocieplających się rejonów jest Arktyka, gdzie od lat 70. ubiegłego wieku temperatura powietrza wzrosła trzykrotnie szybciej niż średnia światowa (AMAP, 2021), a lodowce tego regionu mają istotny udział we wzroście poziomu oceanu (Fox-Kemper i in., 2021).

Obszar mojego zainteresowania stanowi fiord Hornsund znajdujący się w południowej części Spitsbergenu, w archipelagu Svalbard. Południowy Spitsbergen jest szczególnie wrażliwy na zmiany klimatu ze względu na dopływ ciepłej wody atlantyckiej wraz z Prądem Zachodniospitsbergeńskim (Przybylak i in., 2014; Merchel i Walczowski, 2020). Ponadto pozostaje pod wpływem Morza Barentsa, najszybciej ocieplającą się częścią Arktyki w ostatnich dekadach (Isaksen i in., 2022). To szczególne umiejscowienie Hornsundu powoduje, że ocieplenie we fiordzie w latach 1979-2018 było sześciokrotnie większe od ocieplenia globalnego (Wawrzyniak i Osuch, 2020). Ma to swoje odzwierciedlenie w deglacji badanego obszaru. Lodowce południowego i centralnego Spistbergenu charakteryzują się najbardziej negatywnym bilansem klimatycznym na Svalbardzie (Schmidt i in., 2023; van Pelt i in., 2019), a modele prognozują największy ubytek masy lodowców w południowej części archipelagu także w okresie 2019-2060 (Van Pelt i in., 2021). Co więcej, globalne modele bilansu masy (z pominięciem lądolodów Grenlandii i Antarktydy) wskazują na Svalbard jako region o największym negatywnym bilansie masie do końca XXI wieku (Huss i Hock, 2015). **W świetle tych badań, zrozumienie szybszej i intensywniej reakcji svalbardzkich lodowców uchodzących do morza na ocieplanie klimatu ma znaczenie dla prognozowania dynamicznych procesów glacialnych w pozostałej części archipelagu, a także dla innych obszarów Arktyki.**

Swoje zainteresowania dynamiką lodowców Hornsundu rozpoczęłam podczas pracy doktorskiej realizowanej pod opieką Prof. dr hab. Jacka Jani. W pracy tej oszacowałam intensywność ablacji frontalnej wszystkich lodowców Svalbardu oraz jej wpływ na wzrost poziomu oceanu światowego.

Studia te pozwoliły mi na rozpoznanie luk w wiedzy i zainspirowały do dalszych badań skierowanych na głębsze zrozumienie dynamiki lodowców zakończonych w morzu.

Intensywny rozwój technik satelitarnych umożliwia coraz dokładniejsze rozpoznanie bilansu masy lodowców w skali globalnej. Szerokie spektrum tych technik obejmuje m.in. metodę grawimetryczną (np. Wouters i in., 2019) i satelitarną altymetrię laserową (np. Nuth i in., 2010). Metody te charakteryzują się jednak niską rozdzielczością przestrzenną (Rowlands i in., 2005; Nuth i in., 2010), co ogranicza ich wykorzystanie tylko do skali regionalnej i globalnej. Metodą alternatywną i coraz bardziej powszechną jest wyznaczenie zmian objętości lodowców przez odejmowanie numerycznych modeli terenu (NMT). Metoda ta pozwala na pomiary bilansu masy zarówno w skali lokalnej jak i globalnej (Zemp i in., 2019; Hugonnet i in., 2021; przegląd literatury dla Svalbardu w Schuler i in., 2020). **Jednakże dużym problemem w estymacjach geodezyjnego bilansu masy pozostaje pomijanie lub niedoszacowanie w obliczeniach utraty masy lodowców zakończonych w morzu w procesie recesji** (Hugonnet i in., 2021), co jest spowodowane brakiem danych dotyczących aktualnej batymetrii przed stale wycofującymi się klifami.

Podobnie często pomijany jest komponent ablacji frontальной lodowców uchodzących do morza przy wyznaczaniu klimatycznego bilansu masy (van Pelt i in., 2019; Schmidt i in., 2023). Przyczyną jest nie tylko brak danych o głębokości akwenu wodnego przed klifem, ale także o ruchu lodowca, pomimo znacznego zwiększenia dostępu do obrazów satelitarnych po 2000 roku (Schuler i in., 2020). Ablacja frontalna lodowca uchodzącego do morza jest ściśle powiązana z położeniem klifu lodowca - jeśli ablacja jest szybsza niż dostawa lodu (prędkość lodowca), czoło lodowca ulegnie recesji (Cowton i in., 2018). Recesja lodowców uchodzących do morza w Arktyce obserwowana jest od połowy lat 90. XX wieku (Carr i in., 2017) i ma znaczący wpływ na transformację krajobrazu (Strzelecki i in., 2020). Jednak interakcja pomiędzy położeniem czoł lodowców, czynnikami atmosferycznymi oraz oceanograficznymi w dłuższym okresie czasu rozpoznana jest jedynie dla niektórych lodowców Arktyki (Carr i in., 2017), a bardziej szczegółowo głównie w Arktyce Kanadyjskiej (Cook i in., 2019) i Grenlandii (Moon i in., 2015; Cowton i in., 2018). **Natomiast wciąż brak jest długoterminowych opracowań dotyczących odpowiedzi czoł lodowców uchodzących do morza na Svalbardzie na zmiany klimatu w XX i XXI wieku. Równie mało rozpoznane są czynniki wpływające na fluktuacje czoł lodowców svalbardzkich w skali sezonów i miesięcy.**

Na dodatkową uwagę zasługuje fakt, że topniejące lodowce są jednym z głównych źródeł słodkiej wody we fiordach Svalbardu (Jania i Pulina, 1996; Svendsen i in., 2002). Dostawa słodkiej wody znacząco wpływa na środowisko wodne oraz modyfikację cyrkulacji wód morskich (Torsvik i in., 2019; Hopwood i in., 2020). W świetle obecnych zmian klimatu prowadzących do zwiększenia temperatury powietrza i opadów (Wawrzyniak i Osuch, 2020) oraz topnienia powierzchniowego lodowców (Schmidt

i in., 2023) należało podjąć badania celem określenia współczesnej wielkości dostawy słodkiej wody do fiordu.

Zasadniczym celem przeprowadzonych przeze mnie badań składających się na główne osiągnięcie naukowe było rozpoznanie dynamicznych zmian czół lodowców uchodzących do morza w interakcji z atmosferą, wodą morską i głębokością morza. Podjęłam szczegółowe studia nad zachowaniem lodowców w skali południowego Spitsbergenu, dla określenia znaczenia poszczególnych czynników prowadzących do tych zmian oraz skwantyfikowania dynamicznej odpowiedzi lodowców na zmiany klimatu. Szczegółowe pytania odnosiły się do następujących problemów badawczych:

- **określenie czynników determinujących wieloletnią i sezonową zmienność pozycji czół lodowców uchodzących do morza;**
- **rozpoznanie roli lodowców w dostawie słodkiej wody do fiordu;**
- **oszacowanie udziału utraty lodu w procesie ablacji frontalnej w ogólnym bilansie lodowca;**
- **określenie zakresu dokładności metod teledetekcyjnych stosowanych w badaniach.**

Dla osiągnięcia celów założonych w pracy wykorzystałam głównie średnio- i wysokorozdzielcze wielospektralne oraz radarowe obrazy satelitarne o wielkości piksela od 0.5 m do 30 m. Dane satelitarne uzupełnione zostały o zdjęcia lotnicze i materiały kartograficzne. Dobór materiałów źródłowych podyktowany był możliwością identyfikacji zmian, które zachodzą w badanym środowisku. Dane radarowe, niewrażliwe na noc polarną i warunki meteorologiczne, pozwoliły na identyfikację minimalnego położenia klifów oraz prędkości lodowców z wykorzystaniem metody *offset tracking* (Strozzi i in., 2002). Dla wyznaczenia zmian geometrii lodowców wykorzystałam numeryczne modele terenu. W przeprowadzonych badaniach istotne było określenie zakresu błędu metody w stosunku do wielkości mierzonego zjawiska. Niestety dane teledetekcyjne używane w badaniach rejonów polarnych są rzadko walidowane ze względu na trudności w pozyskiwaniu danych *in situ*. Dlatego, obok celów merytorycznych, dodatkowym celem pracy było określenie zakresu dokładności metod teledetekcyjnych w stosowanych w badaniach. Dla walidacji dokładności danych teledetekcyjnych i kartograficznych wykorzystano szereg pomiarów terenowych wykonanych podczas wypraw naukowych do Polskiej Stacji Polarnej Hornsund im. Stanisława Siedleckiego.

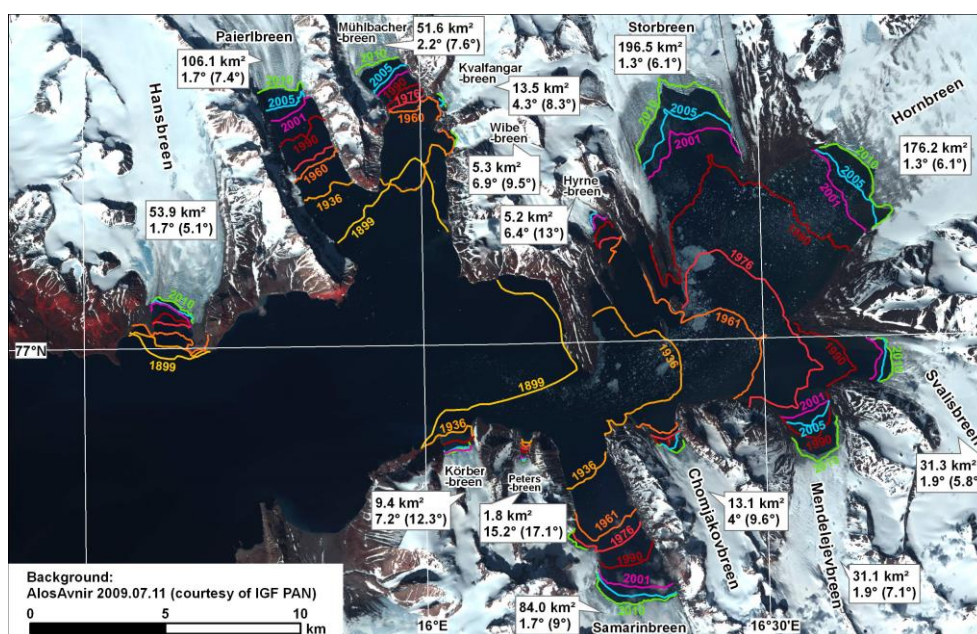
Dynamika lodowców rozumiana jest w tym opracowaniu jako kompleks procesów związanych z ruchem lodowca i prowadzących do zmian geometrii i bilansu masy lodowca. Ablacja frontalna definiowana jest jako suma składowych: cielenia, topnienia i sublimacji klifu nad wodą oraz topnienia podwodnej części klifu (Cogley, 2011). Podstawą dla stosowania nazw są wytyczne Komisji Standaryzacji Nazw Geograficznych poza Granicami Rzeczypospolitej Polskiej (<https://www.gov.pl/web/ksng>). Dla nazw nie zawartych w wykazie zastosowano oryginalną nazwę norweską. Większość badań omawianych w pracy dotyczy czół lodowców uchodzących do morza.

Zatem, jeżeli używając terminu lodowiec nie zaznaczono w tekście, czy chodzi o lodowiec zakończony na lądzie czy w wodzie, domyślnie rozumieć należy lodowiec uchodzący do morza. Termin numeryczny model terenu (NMT) rozumiany jest tutaj jako informacja o wysokości terenu i jest tożsamy z terminem cyfrowy model wysokościowy w pracy Zwoliński (2010).

4.4. Szczegółowe omówienie osiągnięć

A1. Błaszczyk M., Jania J.A., Kolondra L. 2013. Fluctuations of tidewater glaciers in Hornsund Fjord (Southern Svalbard) since the beginning of the 20th century. *Polish Polar Research*, ISSN 0138-0338, 34(4), 327-352.

Pierwsza publikacja wchodząca w skład dzieła dotyczy oceny tempa deglacjacji fiordu Hornsund, jako obszaru Svalbardu wrażliwego na zmiany klimatu (van Pelt i in., 2019, 2021). Prowadzone przeze mnie badania koncentrowały się na opracowaniu zmienności pozycji czoł czterestu lodowców uchodzących do morza w Hornsundzie, na podstawie kartograficznych i fotogrametrycznych materiałów archiwalnych oraz obrazów satelitarnych o średniej i wysokiej rozdzielczości. Pozycje czoł lodowców w latach 1899-1936-1960/1961-1976-1990-2001-2005-2010 przedstawiono na Rys. 1, natomiast szczegółowe opracowanie wraz ze wskazaniem materiałów źródłowych stanowi ortofotomapa będąca załącznikiem do publikacji („Changes to the front positions of tidewater glaciers. Spitsbergen, Svalbard, Norway. Satellite orthophotomap 1:50 000”). Badania tego obszaru mają szczególne znaczenie ze względu na prognozowaną transformację fiordu Hornsund w cieśninę (Ziaja i Ostafin, 2015; Grabiec in., 2018).



Rys. 1. Recesja lodowców uchodzących do morza we fiordzie Hornsund w okresie 1899-2010 oraz wybrane cechy morfometryczne: powierzchnia, nachylenie lodowca wzdłuż linii centralnej oraz (w nawiasie) średnie nachylenie całej powierzchni lodowca (Błaszczyk i in., 2013).

Historyczne materiały kartograficzne wraz najnowszymi materiałami satelitarnymi poddałam krytycznej ocenie dokładności przestrzennej. Wiązało się to m. in. z zagadnieniem rozpoznania wpływu wielkości fluktuacji sezonowych na dokładność wyznaczenia pozycji lodowca. Problem ten był do tej pory zaniedbywany. Ponadto, dane archiwalne lub obrazy wielospektralne prezentują zazwyczaj pozycje klifów w miesiącach letnich (czerwiec-sierpień) i pomijają minimalny zasięg lodowca, co jest determinowane obecnością światła słonecznego (daty wykorzystanych materiałów źródłowych pokazano na wspomnianej ortofotomapie). Badania sezonowej zmienności położenia klifów przeprowadziłam na podstawie 45 obrazów radarowych (SAR) dla okresu 1999-2002 i 2006-2008. Wyniki walidowałam w oparciu o dane naziemne (pozyskane z wykorzystaniem radaru panoramicznego oraz dalmierza laserowego) dla Lodowca Hansa. Średnia amplituda oscylacji sezonowych lodowców w Hornsundzie, uwzględniając minimalną i maksymalną pozycje czoł, wyniosła 160 m/rok, z maksymalnymi fluktuacjami 600 m/rok dla Paierlbreen. Natomiast średnia zmienność położenia klifów tylko w miesiącach letnich wyniosła 45 m. Wielkość ta jest znacznie mniejsza niż dokładność położenia klifów otrzymana z map archiwalnych (100-300 m), a ok. 2-4 razy większa niż dokładność źródeł teledetekcyjnych (10-30 m). Studia te mają istotne znaczenie dla rozpoznania dokładności określenia położenia klifu lodowego czoła z różnych materiałów i w różnej skali czasowej. Wyniki pokazują, że nieuwzględnianie amplitud sezonowych zmian położenia czoła nie odgrywa istotnej roli w długich przedziałach czasowych. Natomiast fluktuacje sezonowe, często większe niż zmiany międzyroczne, nie powinny być pomijane w analizach położenia czoła w skali roku lub kilku lat. Należy przy tym podkreślić, że ostateczny wpływ na możliwość wykorzystania danych teledetekcyjnych z różnych sezonów dla oceny fluktuacji klifu ma charakter dynamiki badanego lodowca.

Wyniki tego syntetycznego opracowania - uwzględniając dokładność przestrzenną - pokazują, że ogólny obszar lodowców zmniejszył się w ciągu analizowanego okresu o ok. 172 km², a średnie tempo recesji wyniosło 1.6 km²/rok. Znalazłam również zależności między średnią roczną temperaturą powietrza, a tempem cofania się lodowców dla długiej skali czasowej. Wyniki jednoznacznie wskazują na przyspieszoną recesję lodowców w badanym okresie, z ok. 1 km²/rok w pierwszych dekadach XX wieku do ok. 3 km²/rok w okresie 2001-2010. Na podstawie zebranych danych uaktualniłam również inwentarz lodowców południowego Spitsbergenu (w stosunku do Błaszczuk i in., 2009), łącznie z lodowcami zakończonymi na lądzie.

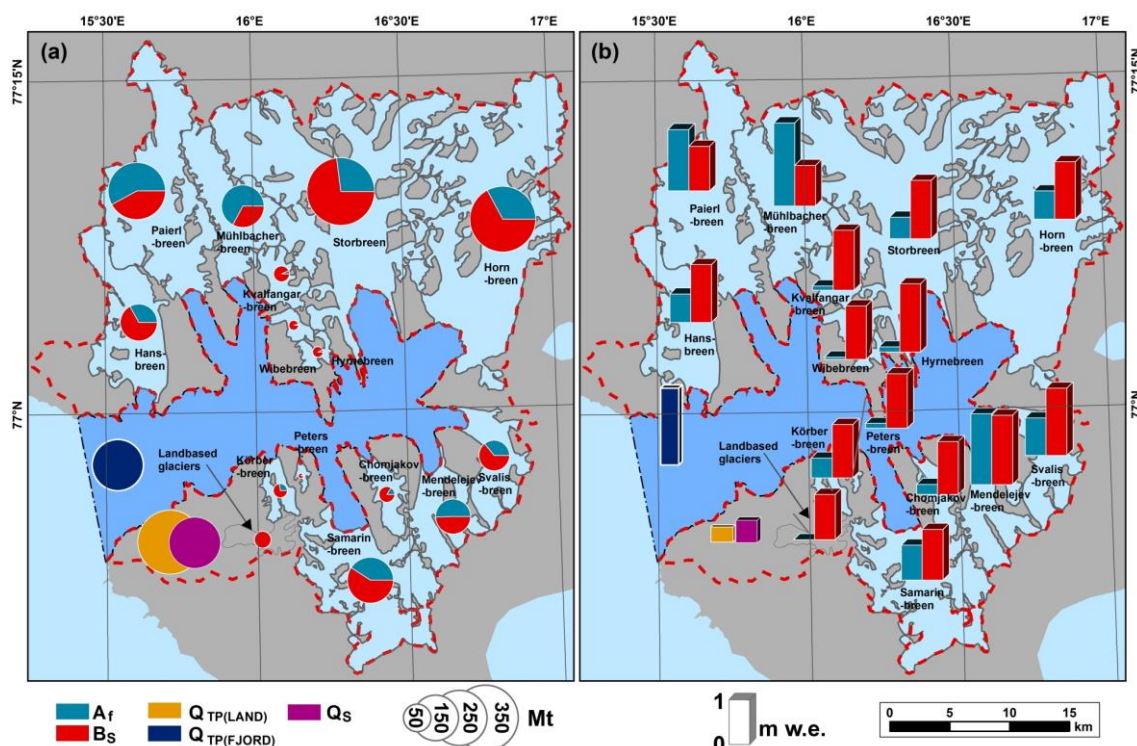
Na uwagę zasługuje wniosek, że lodowce uchodzące do morza w latach 1999-2002 i 2006-2008 osiągnęły swoją minimalną pozycję późną jesienią/wczesną zimą. Są to wyniki unikatowe po raz pierwszy udokumentowane dla Svalbardu, co było także impulsem do rozwinięcia badań przedstawionych w następnych publikacjach. Kolejnym istotnym zagadnieniem w pracy było pokazanie wielkości recesji lodowców w Hornsundzie na tle Svalbardu (bez Ziemi Północno-Wschodniej). Wykorzystując dane satelitarne stwierdziłam, że średnie tempo cofania się lodowców uchodzących do

morza w Hornsundzie w latach 2001-2010 wyniosło ok. 70 m/rok i było wyższe niż średnia recesja lodowców Svalbardu (ok. 45 m/rok). Potwierdza to szybszą odpowiedź lodowców południowego Spitsbergenu na ocieplenie klimatu (van Pelt i in., 2019, 2021). Ponadto warto podkreślić zastosowanie danych SAR dla udokumentowania szarż lodowców Mendeleyevbeen i Paierlbreen oraz wykazanie wpływu temperatury wody morskiej na fluktuacje sezonowe lodowców.

A2. Błaszczuk M., Ignatiuk D., Uszczyk A., Cielecka-Nowak K., Grabiec M., Jania J.A., Moskalik M., Walczowski W. **2019a.** Freshwater input to the Arctic fjord Hornsund (Svalbard). *Polar Research*, 38, 3506, <https://doi.org/10.33265/polar.v38.3506>.

Stwierdzona wyraźna i przyspieszająca recesja lodowców wpływa na zwiększenie dopływu słodkiej wody z lodowców do środowiska morskiego. Chociaż objętość lodu na Svalbardzie odpowiada tylko 15 milimetrom wzrostu poziomu oceanu (Fürst i in., 2018), dostawa słodkiej wody z lądu do morza ma istotny wpływ na zmiany środowiska morskiego (Lydersen i in., 2014). Dlatego celem kolejnej publikacji było wyznaczenie całkowitej ilości dostawy słodkiej wody do fiordu Hornsund dostarczanej z: (1) ablacji frontalnej lodowców, (2) topnienia powierzchniowego lodowców, (3) odpływu wód roztopowych z sezonowej pokrywy śnieżnej na obszarze zlewni niezlodowaconych, (4) opadów atmosferycznych na powierzchni analizowanej zlewni (części lądowej) oraz (5) opadów atmosferycznych na powierzchni całego fiordu. Szczególny nacisk w badaniach położyłam na uwzględnienie roli ablacji frontalnej w całkowitym bilansie masy lodowców oraz w dostawie słodkiej wody do fiordu. Badania przeprowadzono dla okresu 2006-2015 na podstawie danych satelitarnych, glaciologicznych pomiarów terenowych oraz danych meteorologicznych i batymetrycznych. Dla wyznaczenia prędkości lodowców z obrazów radarowych zastosowałam nowoczesną technikę „*offset tracking*” (śledzenia cech charakterystycznych powierzchni lodowca; Strozzii i in., 2002), a wyniki walidowałam w oparciu o dane terenowe.

Uzyskane wyniki pokazały, że **średni dopływ słodkiej wody do Hornsundu wyniósł 2517 ± 82 Mt na rok, przy czym główny udział w dostawie wody mają lodowce (Rys. 2). Topnienie powierzchniowe z wszystkich lodowców oraz ablacja frontalna lodowców uchodzących do morza stanowią odpowiednio 39% i 25% całkowitej wielkości dopływu słodkiej wody do fiordu. Udział opadów całkowitych nad lądem, opadów nad obszarem fiordów i odpływu wód roztopowych z topnienia pokrywy śnieżnej na obszarach niezlodowaconych jest mniejszy: odpowiednio 21%, 7% i 8%. Warto podkreślić, że dostawa słodkiej wody do fiordu zwiększyła się dwukrotnie w porównaniu do wcześniejszych estymacji z lat 80. ubiegłego wieku (Jania i Pulina, 1996), przy czym dominującym źródłem słodkiej wody pozostają lodowce (Węsławski i in., 1995).**

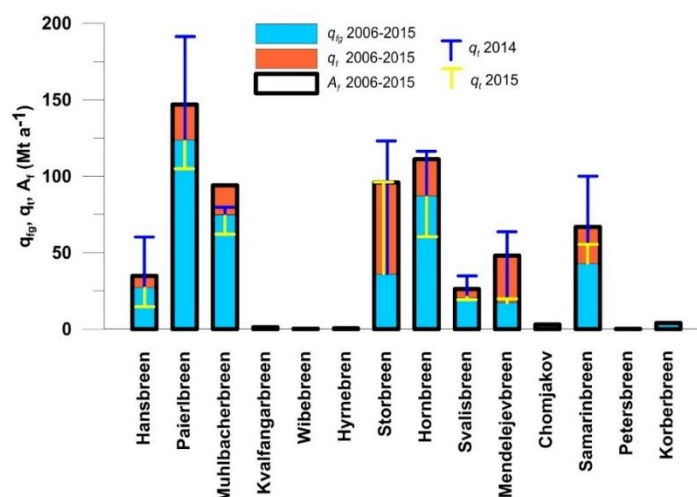


Rys. 2. Wielkość dopływu słodkiej wody z lądu do fiordu Hornsund przedstawiona w Mt (a) oraz metrów w ewkiwalencie wodnym (b): A_f - ablacja frontalna, B_s - odpływ wody pochodzącej z topnienia powierzchniowego lodowców $Q_{TP(LAND)}$ - odpływ pochodzący z opadu całkowitego nad całym basenem glacialnym; $Q_{TP(FJORD)}$ - odpływ pochodzący z opadu całkowitego nad fiordem; Q_s - topnienie pokrywy śnieżnej na obszarach niezlodowaconych (Błaszczyk i in., 2019a).

Szczegółowe badania przeprowadzone przeze mnie wykazały, że lodowce uchodzące do morza w Hornsundzie tracą średnio ok. 40% swojej masy w procesie ablacji frontальной (proporcje dla poszczególnych lodowców pokazano na Rys. 2). Zatem ablacja frontalna stanowi istotną składową całkowitego bilansu masy, znacznie większą niż dla całego Svalbardu, gdzie średnia wyniosła ok. 20% (Błaszczyk i in., 2009). Dalsze badania pokazały, że ok. 30% utraty masy lodowców przez ablację frontálną jest wynikiem recesji, a średnio 70% wynika z prędkości ruchu lodowców (Rys. 3). Warto jednak podkreślić, że stosunek ten waha się dla poszczególnych lodowców w różnych latach, w zależności od czynników oceanograficznych, meteorologicznych i batymetrycznych.

Należy podkreślić, że było to pierwsze tak dokładne oszacowanie dopływu wód słodkich do fiordu, ze wskazaniem prawidłowości oraz zmienności międzyrocznej ablacji frontальной w skali Svalbardu. Dopiero w 2022 Kochitzky i in. wyznaczyli i porównali wielkość ablacji frontальной w różnych regionach Arktyki. Estymacje te dla archipelagu Svalbard charakteryzują się jednak dużym zakresem błędów wynikającym z zastosowanej metody, zwłaszcza z wykorzystania nieciągłych informacji dotyczących miąższości lodowców (GlaThiDa Consortium, 2020). Autorzy wykazali, że wielkość ablacji frontальной na Svalbardzie pomiędzy okresem 2000-2010 a 2010-2020 wzrosła ponad dwukrotnie. W tych samych okresach udział recesji w ablacji frontальной spadł z ok. 36% do ok. 14%, co było najprawdopodobniej

spowodowane szarżą Basin 3 (Dunse i in., 2015). Na tym tle wyniki opracowane dla lodowców Hornsundu (wykorzystujące znacznie precyzyjniejsze dane, także batymetryczne) są istotne dla modeli deglacjacji tej części Svalbardu.



Rys. 3. Ablacja frontalna lodowców zakończonych w morzu (A_f) i jej składowe: komponent prędkości ruchu (q_{fg}) oraz komponent recesji (q_r). Dodatkowo pokazano maksymalną oraz minimalną recesję (q_r), odpowiednio, w latach 2014 i 2015 (Błaszczuk i in., 2019a).

Wyniki badań zostały wykorzystane m.in. do określenia zależności między topniejącymi lodowcami a ilością węgla organicznego w Hornsundzie (Pouch i in., 2021). Ponadto wykazano, że międzyroczna zmienność w dostawie wód z lodowców wpływa istotnie na warunki życia pelagicznych organizmów morskich co może tłumaczyć zmienność ilości żerujących ptaków morskich we fiordzie (Stempniewicz i in., 2021). Natomiast ilościowe określenie składowych całkowitego bilansu masy oraz komponentów ablacji frontальной jest kluczem do zrozumienia mechanizmów bilansu masy i wskazuje, na jakich obszarach należy skoncentrować przyszłe wysiłki, aby zwiększyć dokładność pomiarów glaciologicznych (Kochitzky i in., 2022).

A3. Błaszczuk M., Ignatiuk D., Grabiec M., Kolondra L., Laska M., Decaux L., Jania J., Berthier E., Luks B., Barzycka B., Czapla M. **2019b**. Quality Assessment and Glaciological Applications of Digital Elevation Models Derived from Space-Borne and Aerial Images over Two Tidewater Glaciers of Southern Spitsbergen. *Remote Sensing*, 11, 1121, <https://doi.org/10.3390/rs11091121>.

Jak wspomniano we wstępie, zmiany objętości lodowców mierzone są z powodzeniem przy użyciu NMT, jednak stosując tę metodę często pomija się udział recesji lodowców zakończonych w morzu w całkowitym bilansie masy (Hugonnet i in., 2021). Należy także pamiętać, że globalne modele terenu takie jak ASTER DEM czy SPOT DEM charakteryzują się niską dokładnością wysokościową (Cuartero i in., 2005), co ogranicza ich wykorzystanie do badań bilansu masy w dłuższych przedziałach czasowych (Hugonnet i in., 2021).

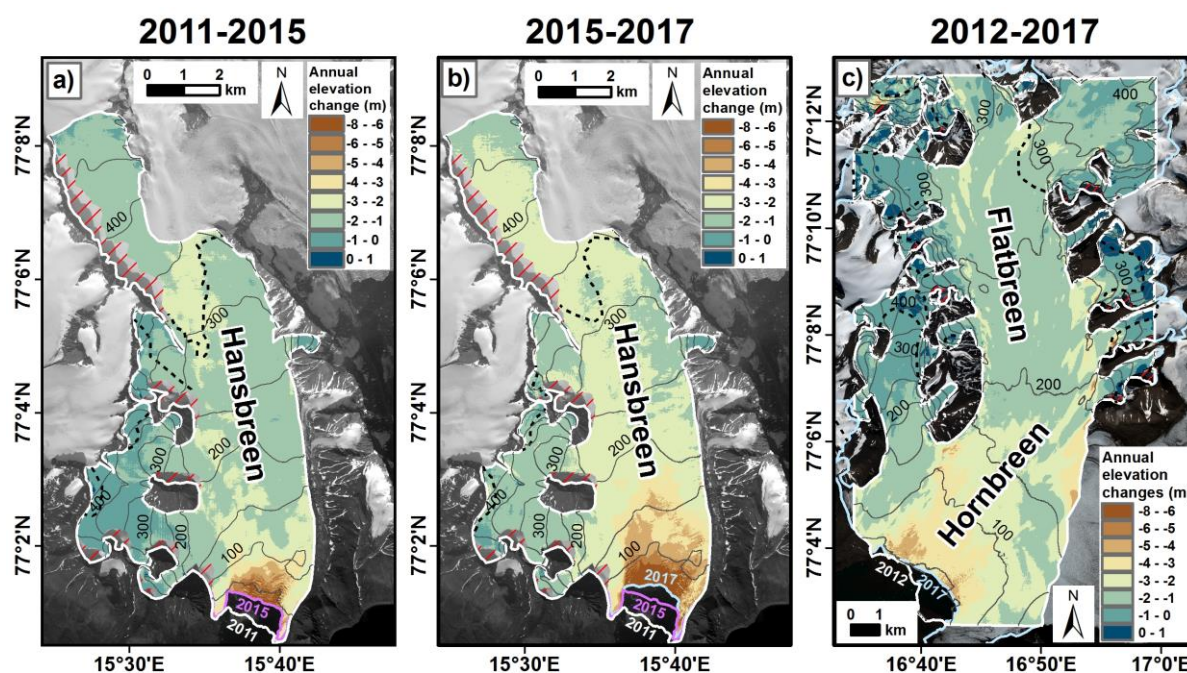
Publikacja A3 miała na celu określenie zmian geometrii Lodowca Hansa i Hornbreen oraz znaczenia recesji w całkowitym bilansie masy wyznaczanym z użyciem NMT. W tym celu przeprowadzono krytyczną analizę dokładności modeli generowanych ze zdjęć lotniczych i zdjęć satelitarnych wysokiej rozdzielczości oraz możliwości ich wykorzystania dla badań zmian geometrii lodowców arktycznych, na przykładzie Svalbardu. Badaniom dokładnościowym poddałam NMT wygenerowane ze zdjęć lotniczych wykonanych w roku 2011 oraz zdjęć satelitarnych wysokiej rozdzielczości (WorldView-2 i Pléiades) z lat 2012-2017. Jakość NMT nad obszarami zlodowaconymi zweryfikowałam za pomocą danych *in situ*: pomiarów różnicowych dGPS, wysokości lodowca mierzonej w miejscu tyczek ablacyjnych zainstalowanych na obszarze Lodowca Hansa oraz danych kinematycznych GPS uzyskanych podczas badania georadarem na obszarze obu lodowców.

Wyniki (Tabela 1) pokazały, że jakość NMT generowanego ze stereopary zdjęć satelitarnych WorldView-2 z użyciem jednego fotopunktu jest porównywalna z jakością NMT utworzonego bez żadnego fotopunktu. W przypadku NMT generowanego ze stereopary zdjęć satelitarnych Pléiades wszystkie statystyki wskazują na znaczną poprawę dokładności wysokościowej modelu przy użyciu jednego fotopunktu. Dodatkowo porównałam wysokości w ogólnodostępnym produkcie ArcticDEM z wysokością tyczek ablacyjnych. Studia te pokazały, że generowany automatycznie produkt ArcticDEM może być źródłem grubych błędów wysokościowych, nawet rzędu decymetrów. Dlatego produkt ten powinien być zawsze dokładnie kontrolowany przed użyciem. **Podsumowując, wyniki tej części badań pokazały, że po odpowiednim przetworzeniu oraz wzajemnym wertykalnym i horyzontalnym wpasowaniu NMT ich błąd wysokościowy jest mniejszy od 1 metra. Pozwala to na wykorzystanie NMT z generowanych z obrazów wysokorozdzielczych w badaniach zmian wysokości powierzchni lodowca w okresie co najmniej dwóch lat.**

Tabela 1. Analiza dokładności wysokości NMT oszacowana na podstawie pomiarów terenowych dla Lodowca Hansa i Hornbreen. Zaprezentowano dwa rodzaje NMT wygenerowanych ze zdjęć satelitarnych WorldView-2 i Pléiades: bez użycia naziemnych punktów kontrolnych (GCP) oraz z jednym GCP zlokalizowanym na stabilnym terenie. Wszystkie wyniki odnoszą się do obszaru zlodowaconego. Objaśnienia skrótów, patrz Tabela 3 w Błaszczuk i in. (2019b).

Glacier	VHR System	No of GCP	Ref. Data	Median (m)	SD (m)	NMAD (m)	Max Error (m)
Hansbreen	Aerial photographs 2011	9 xyz 20 z	Mass balance stakes	-0.23	0.60	0.72	-1.76
			GPS-kinematic	-0.55	0.52	0.43	5.14
	WorldView-2 2015	0	Mass balance stakes	0.10	0.19	0.28	0.35
			GPR/GPS	0.80	1.07	0.57	13.16
		1	Mass balance stakes	-0.45	0.18	0.21	-0.82
			GPR/GPS	0.35	0.98	0.50	12.06
	Pléiades 1A 2017	0	Mass balance stakes	7.54	1.52	1.39	8.65
			GPR/GPS	8.48	2.64	1.83	23.64
		1	Mass balance stakes	-0.36	0.24	0.19	-0.81
			GPR/GPS	0.57	0.54	0.44	9.39
Hornbreen -Flatbreen	WorldView-2 2012	0	GPR/GPS	0.26	1.18	1.2	4.06
		1	GPR/GPS	0.53	0.63	0.7	2.62
	Pléiades 1B 2017	0	GPR/GPS	2.91	1.94	1.68	19.65
		1	GPR/GPS	0.66	0.49	0.38	3.07

Wyniki jednoznacznie wskazujące na wysoką jakość NMT pozwoliły wykorzystać modele do scharakteryzowania zmian geometrii Lodowca Hansa i Hornbreen (Rys. 4). Wykazałam, że ich powierzchnia obniżyła się w ostatnich latach. Średnie roczne zmiany wysokości dla Lodowca Hansa były bardziej negatywne w latach 2015-2017 (2.4 m/rok) niż w okresie 2011-2015 (1.7 m/rok). Średnie roczne zmiany wysokości Hornbreen w latach 2012-2017 wyniosły 1.6 m/rok. Nieznacznie mniejsze zmiany wykazane dla Hornbreen mogą wynikać z równoleżnikowej zmienności warunków meteorologicznych na południowym Spitsbergenie (Arañy i in., 2018). Wyniki pokazują także wzrost utraty objętości lodowców na południowym Spitsbergenie w ostatniej dekadzie. Zmiany wysokości zaobserwowane dla obu lodowców są wyższe niż wcześniejsze obserwacje dla obszaru Wedel Jarlsberg Land w latach 1936-1990 (Nuth i in., 2007) czy 1990-2003/2007 (Nuth i in., 2010). Warto także podkreślić, że od 2011 do 2017 roku Lodowiec Hansa tracił rocznie średnio ponad 1% swojej objętości.



Rys. 4. Średnia zmiana wysokości lodowców: Lodowiec Hansa (a, b) Hornbreen (c). Czarną przerywaną linią przedstawiono średnią linię firnową w badanych okresach. Nie przedstawiono zmian dla części czoł lodowców objętych recesją w analizowanym okresie. Czerwone linie przedstawiają obszary wykluczone z analiz ze względu artefakty w wygenerowanych NMT spowodowane zacienieniem treści zdjęć satelitarnych (Błaszczuk i in., 2019b).

Dalsza szczegółowa analiza bilansu geodezyjnego wykazała, że w latach 2011-2017 Lodowiec Hansa utracił około 80% swojej objętości poprzez zmiany wysokości i około 20% wskutek recesji (bez uwzględnienia komponentu ruchu), co potwierdza znaczącą rolę recesji lodowca w ogólnym bilansie masy lodowców. Ponadto, jak wspomniano wyżej, recesja lodowców ma istotny udział w dostawie słodkiej wody do akwenów morskich oraz odgrywa rolę w cyrkulacji wody we fiordach.

W pracy tej podjęłam również próbę zestawienia geodezyjnego bilansu masy Lodowca Hansa z całkowitym bilansem masy (rozumianym jako suma bilansu klimatycznego i ablacji frontalnej; Cogley

i in., 2011). Była to pierwsza taka próba wykonana dla południowego Spitsbergenu i druga w ostatnich dwóch dekadach dla svalbardzkich lodowców uchodzących do morza (Deschamps-Berger i in., 2019). Bilans geodezyjny Lodowca Hansa był nieznacznie bardziej negatywny od bilansu klimatycznego, jednak różnice te mieściły się w granicach błędu obu wykorzystanych metod. Wyniki pokazują, że wielkości bilansu geodezyjnego i klimatycznego są zbliżone w krótkich przedziałach czasowych. Biorąc pod uwagę, że monitoring bilansu klimatycznego dla każdego lodowca jest niemożliwy, a pomiary *in situ* często niebezpieczne, coraz bardziej praktyczne znaczenie w badaniach lodowców ma wykorzystanie bezpłatnego produktu ArcticDEM (Porter i in., 2022). **Wyniki tych analiz pokazały, że NMT z wysokorozdzielczych danych satelitarnych, po zastosowaniu wzajemnego wpasowania, oraz przy uwzględnieniu recesji lodowca, mogą z powodzeniem być wykorzystane w badaniach bilansu masy lodowców metodami geodezyjnymi.** Zagadnienie to ma zatem znaczenie uniwersalne, ponieważ dotyczy *de facto* wszystkich, nawet bardzo odległych lodowców.

Wykazałam również, że Lodowiec Hansa charakteryzuje się bardziej negatywnym geodezyjnym i klimatycznym bilansem masy niż Kronebreen, położony w północno-zachodniej części Spitsbergenu (Deschamps-Berger i in., 2019). Wyniki te są zgodne z badaniami wskazującymi na znacznie większe ocieplenie południowego Spitsbergenu (van Pelt i in., 2019) i wskazują na znaczenie badanego rejonu.

A4. Błaszczyk M., Jania J.A., Ciepley M., Grabiec M., Ignatiuk D., Kolondra L., Kruss A., Luks B., Moskalik M., Pastusiak T., Strzelewicz A., Walczowski W., Wawrzyniak T. **2021.** Factors controlling terminus position of Hansbreen, a tidewater glacier in Svalbard. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 126, e2020JF005763, <https://doi.org/10.1029/2020JF005763>.

Wstępne wyniki badań dotyczące fluktuacji sezonowych lodowców uchodzących do morza wykazane w artykule A1 były motywacją do szczegółowego zbadania jak lodowce Hornsundu reagują na zmiany klimatu. Dynamika czoła lodowca uchodzącego do morza powiązana jest z procesami zachodzącymi w atmosferze, hydrosferze i litosferze, tworzącymi kompleks podlegający skomplikowanemu systemowi sprzężeń zwrotnych. Czoła lodowców uchodzących do morza, w przeciwieństwie do zakończonych na lądzie, reagują nie tylko na zmiany temperatury powietrza i ilości opadów (zarówno ciekłych jak i stałych), ale także na zmiany temperatury morza, głębokość akwenu wodnego przed klifem i cyrkulację wód morskich. Dodatkowo, zalodzenie morza i obecność *ice-melange* z lodu lodowcowego wpływają na osłabienie falowania (Truffer i Motyka, 2016) i cienienie. Najnowsze badania pokazują, że za recesję lodowców w Arktyce Kanadyjskiej odpowiada wzrost temperatury powietrza (Cook i in., 2019), a Grenlandii wzrost temperatury powietrza i wody (Cowton i in., 2018) lub obecności paku lodowego (Moon i in., 2015). Oscylacje sezonowe na Spitsbergenie rozpoznano dla pojedynczych lodowców, np. Kongsvegen w 1964/1965 (Voigt, 1979), lodowców północno-zachodniej części Spitsbergenu (Mansell i in., 2012) i dla Lodowca Hansa w Hornsundzie

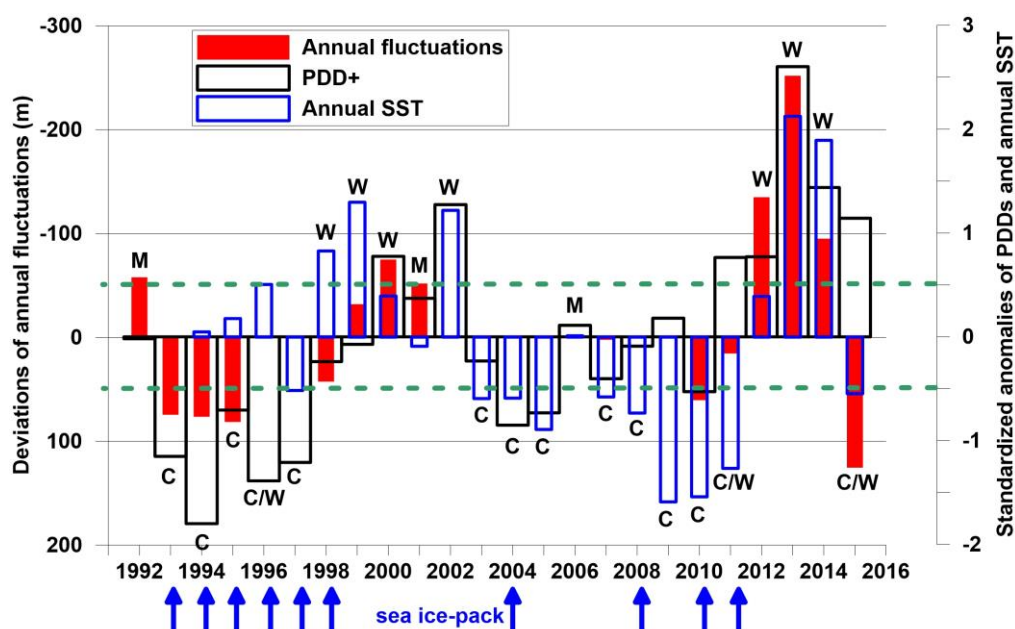
(Kolondra, 2003). Brak jest jednak w literaturze długich ciągów obserwacyjnych oraz rozpoznania czynników warunkujących zachowania czoł lodowców Svalbardu w skali wielolecia i sezonów.

Kolejna praca wchodząca w skład cyklu publikacji dotyczyła próby odpowiedzi na pytanie o znaczenie warunków meteorologicznych i oceanograficznych oraz cech morfologii dna morskiego i klifu dla wieloletnich i sezonowych zmian położenia klifu Lodowca Hansa. Wybór obiektu badań podyktowany był dostępem do obszernych danych pochodzących wieloletniego monitoringu dynamiki i bilansu masy lodowca, monitoringu meteorologicznego w Polskiej Stacji Polarnej Hornsund, a także dobrym rozpoznaniem warunków oceanograficznych przed klifem, ze szczególnym uwzględnieniem głębokości morza oraz obecności paku lodowego tuż przy klifie lodowców. Dla pomiarów recesji dużych lodowców Grenlandzkich z powodzeniem wykorzystuje się obrazy z sensora satelitarnego MODIS, o rozdzielczości przestrzennej 250 m i jedno-dwudniowej rozdzielczości czasowej (np. Schild i Hamilton, 2013). Mniejsze lodowce wymagają jednak zastosowania obrazów satelitarnych o większej rozdzielczości przestrzennej (np. Moon i in., 2015). Dla rozpoznania fluktuacji czoła Lodowca Hansa wykonałam szczegółową i pracochłonną analizę 166 wielospektralnych i radarowych zdjęć satelitarnych o wielkości piksela ok. 10-40 m (serie Landsat, Terra ASTER, ERS SAR, Envisat, TerraSAR-X, Sentinel-1, Sentinel-2, RADARSAT). Walidację dokładności pozycji klifów uzyskanych na podstawie danych teledetekcyjnych przeprowadziłam w oparciu o dane z terenowego monitoringu czoła Lodowca Hansa (dane pozyskane z wykorzystaniem skanera laserowego, dalmierza laserowego oraz radaru panoramicznego).

Uzyskane wyniki wykazały, że czoło Lodowca Hansa w okresie 1992-2015 wycofało się o 917 m, ze średnim i maksymalnym tempem recesji odpowiednio 38 m/rok i 311 m/rok. Dalsze studia umożliwiły wskazanie czynników warunkujących zmienność położenia czoła lodowca. Wielkość rocznych i sezonowych fluktuacji czoła porównałam z danymi meteorologicznymi, oceanograficznymi, głębokością wody przed czołem lodowca oraz prędkością lodowca. **Stwierdziłam, że tempo wypływu subglacjalnych wód roztopowych aproksymowane z użyciem indeksu pozytywnych stopniodni (PDD), wraz z warunkami termicznymi morza, są głównymi czynnikami odpowiedzialnymi za fluktuacje czoła lodowca, podczas gdy głębokość wody przed klifem odgrywa drugorzędną rolę.** PDD jest w tym opracowaniu wskaźnikiem (*proxy*) intensywności odpływu wód subglacjalnych pochodzących z topnienia lodowca. Woda z lodowca, wynosząc w ruchu turbulentnym ciepłą wodę morską ku powierzchni, wzmagając topnienie podwodnej części klifu, stymulując cielenie (Motyka i in., 2013). Jednocześnie, obecność i wysokie ciśnienie wody w podłożu lodowcu stymuluje prędkość lodowca, przyspieszając lub zmniejszając jego dynamikę, w zależności od stopnia rozwinięcia drenażu wewnętrznego lodowca (Meier i Post, 1987; Dunse i in., 2012; How i in., 2017).

Biorąc pod uwagę warunki termiczne oceanu i powietrza, badany okres podzieliłam na lata ciepłe, zimne i umiarkowane (Rys. 5). Dla okresów tych wykazałam różne zachowanie czoła lodowca. Lodowiec

wycofał się znacznie w bardzo ciepłym okresie 2012-2014, przy bardzo głębokiej wodzie. Do szybkiej recesji przyczynił się również spadek prędkości lodowca (przepływu lodu do czoła) najprawdopodobniej ze względu na szybką ewolucję mało efektywnego rozproszonego drenażu sublacialnego w efektywny (skanalizowany) oraz intensywny wypływ wód na czole lodowca zwiększający topnienie podwodnej części klifu i stymulujący cienienie. Warto podkreślić, że wieloletnia recesja lodowca nie była jednostajna, a przerywana przez awans lodowca w latach chłodniejszych, niezależnie od głębokości wody na froncie. Awans lub wolniejsze tempo recesji było zatem efektem zwolnienia procesu cienienia oraz zwiększenia prędkości ruchu lodowca, związanych z mniejszym topnieniem powierzchniowym i mniej rozwiniętym drenażem subglacjalnym.



Rys. 5. Odchylenia wielkości fluktuacji klifu Lodowca Hansa od średniej z wielolecia oraz odchylenia standardowe rocznej temperatury powierzchniowej wody (SST) oraz wskaźnika pozytywnych stopniodni (PDDs) od średniej z wielolecia. Wartości negatywne (pozytywne) odchylen fluktuacji pokazują, o ile recesja była większa (mniejsza) od do wartości średniej. Zielona linia pokazuje wartość progową dla odróżnienia lat ciepłych (W) i zimnych (C) od lat umiarkowanych (M) lub lat, kiedy wartości PDDs i SST były wysokie, ale o przeciwnym znaku. Niebieskie strzałki pokazują okresy obecności paku lodowego we fiordzie lub przed wejściem do fiordu w czerwcu lub lipcu.

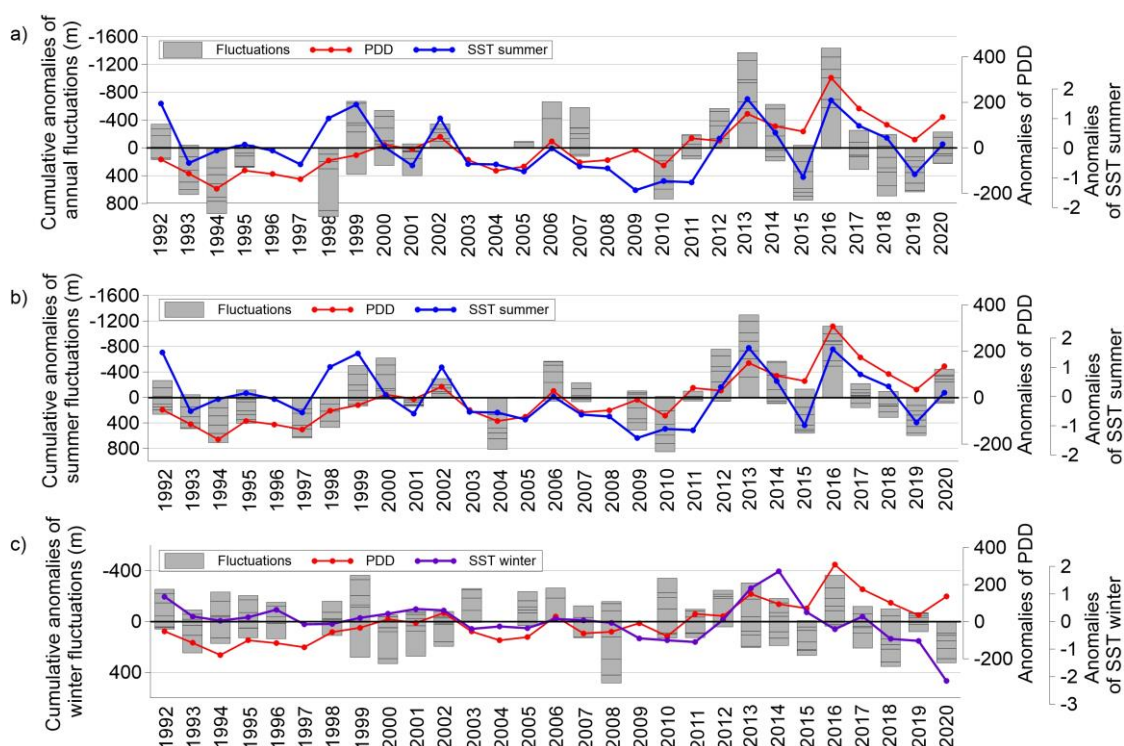
Ważnym osiągnięciem było rozpoznanie okresu rozpoczęcia i zakończenia recesji lodowca dla znacznie dłuższego okresu niż opisano w publikacji A1. **Wyniki ponad 20-letnich badań potwierdziły recesję czoła nawet do miesięcy zimowych, a długość trwania sezonu recesji związaną była z obecnością ciepłych wód atlantyckich we fiordzie.** Są to unikalne dane w skali całego archipelagu Svalbard, dla tak długiej serii obserwacji. Rola temperatury morza ma istotne znaczenie w wahaniach czoł lodowców, zatem powinna być uwzględniona w prognozach zmian lodowców uchodzących do morza, zwłaszcza w odniesieniu do obserwowanego ocieplenia Prądu Zachodniospitsbergeńskiego (Merchel i Walczowski, 2020) i wód Morza Barentsa (Isaksen i in., 2022).

A5. Błaszczyk, M., Moskalik, M., Grabiec, M., Jania, J., Walczowski, W., Wawrzyniak, T., Strzelewicz, A., Malnes, E., Lauknes, T.R., Pfeffer W.T. **2023.** The Response of Tidewater Glacier Termini Positions in Hornsund (Svalbard) to Climate Forcing, 1992-2020. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 128, e2022JF006911, <https://doi.org/10.1029/2022JF006911>.

Biorąc pod uwagę szybsze rozpoczęcie topnienia pokrywy śnieżnej na południowym Spitsbergenie (Vickers i in., 2020), wspomniany wyżej wzrost dostawy ciepła przez wody Prądu Zachodniospitsbergeńskiego (Merchel i Walczowski, 2020) oraz coraz cieplejsze zimy i wzrost ilości opadów ciekłych w Hornsundzie (Wawrzyniak i Osuch, 2020), należy spodziewać się zwiększonego dopływu wody do systemu wewnętrznego lodowców Svalbardu (van Pelt i in., 2021). Nie jest jednak jasne, w jaki sposób zmiany temperatury powietrza i morza przekładają się na zmiany w ablacji frontalnej i położenia czoł lodowców, zarówno na Svalbardzie jak i w innych rejonach Arktyki (Bunce i in., 2021). Dlatego w kolejnej pracy składającej się na prezentowane osiągnięcie naukowe zajęłam się odpowiedzią na pytanie: jak duże lodowce uchodzące do morza w Hornsundzie reagują na zmiany klimatu i czy wyniki uzyskane dla Lodowca Hansa (wykazane w artykule A4) mogą być reprezentatywne dla całej populacji lodowców uchodzących do morza. W publikacji tej do opracowania zmienności położenia klifów siedmiu lodowców wykorzystałam metodę badawczą wypracowaną w publikacji A4. Fluktuacje klifów zestawiałam z danymi meteorologicznymi, obserwacjami temperatury powierzchni morza oraz z dostępnymi danymi batymetrycznymi. Do wyznaczania wpływu czynników klimatycznych na zmienność pozycji czoł lodowców w skali regionalnej, oprócz wyznaczenia współczynników korelacji Pearsona wykorzystano również test kointegracji Engle'a-Grangera (Engle i Granger, 1987).

Przeanalizowałam zmienność ponad 1500 pozycji czoł lodowców pozyskanych z danych satelitarnych dla znacznego okresu czasu (1991/1992 - 2019/2020), co było unikalnym przedsięwzięciem w skali całego archipelagu. Wyniki dowodzą, że wszystkie lodowce wycofały się znacznie w badanym okresie, z największym tempem regresji wykazanym dla Storbreen (190 m/rok). Regresja lodowców, podobnie jak w przypadku Lodowca Hansa, przerywana była awansami, a także epizodami szarży trzech badanych lodowców. Znalezione także istotną statystycznie synchroniczność zachowań lodowców w skali regionalnej (Rys. 6). **Analizy statystyczne pokazały, że fluktuacje roczne czoł lodowców są wrażliwe na zmiany PDD i temperaturę powierzchni morza (SST), podczas gdy zmiany położenia czoł podczas lata skorelowane są głównie z wielkością PDD.** Podobnie jak w przypadku Lodowca Hansa, większość lodowców charakteryzowała się największą regresją w latach najcieplejszych. W latach 2013 i 2016 zaobserwowano największe skumulowane anomalie regresji rocznej oraz największe dodatnie anomalie wskaźników PDD i SST (Rys. 6). Znaczenie obu wskaźników dla dynamiki lodowców przedstawiono w opisie artykułu A4. Na uwagę zasługuje reakcja lodowców na ekstremalną regresję w najcieplejszych latach. W kolejnych, chłodniejszych latach lodowce awansowały

lub znacznie zmniejszały tempo recesji. Należy jednak zaznaczyć, że zachowania pojedynczych lodowców odbiegały od powyższego wzorca, co pokazuje skomplikowaną wrażliwość systemów glacialnych uchodzących do morza na czynniki klimatyczne i nie wyklucza znaczenia głębokości morza.

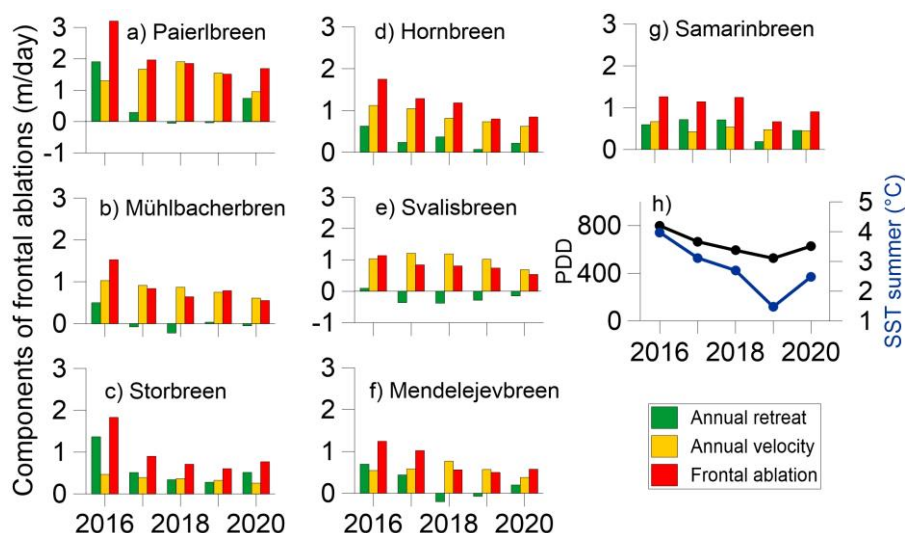


Rys. 6. Skumulowane anomalie wahań czoł lodowców (poziome linie wewnątrz słupka oznaczają udział poszczególnych lodowców), anomalie wskaźnika pozytywnych stopniodni (PDD) i temperatury powierzchni morza (SST) w stosunku do średniej wieloletniej (1992-2020). Oś Y przy prezentacji fluktuacji czoł została odwrócona dla ułatwienia interpretacji (Błaszczyk i in., 2023).

Obserwacje wykazały także regionalną synchroniczność w terminie rozpoczęcia i zakończenia okresu recesji i awansu lodowców. Z pojedynczymi wyjątkami lodowce rozpoczynały recesję między czerwcem a początkiem lipca, przy jednoczesnym wzroście temperatury powietrza i morza. W przypadku kilku lodowców znalazłam związek między początkiem recesji a dezintegracją morskogo lodu jednorocznego. Recesja czoł lodowców kończyła się zazwyczaj między październikiem a grudniem, co w kilku przypadkach skorelowane było ze spadkiem temperatury powierzchni morza. **Wyniki te potwierdzają wcześniejsze badania dla Lodowca Hansa. Pokazują także znaczenie dostępności wód z topnienia powierzchniowego lodowca oraz ciepłej wody atlantyckiej dla wzmożonego topnienia podwodnej części i intensyfikacji cieniienia czoła, a w rezultacie na pozycję klifów lodowców w całym regionie.** W świetle modeli wskazujących na dalsze ocieplenie klimatu (van Pelt i in., 2021) można spodziewać się wydłużenia okresu ablacji frontalnej, a tym samym recesji, zwłaszcza przy częstym występowaniu cieplejszych zim (Wawrzyniak i Osuch, 2020).

Niespotykana wcześniej dostępność obrazów satelitarnych Sentinel-1 charakteryzujących się dużą rozdzielczością czasową (6 dni) pozwoliła na dodatkowe, szczegółowe badania sezonowej i rocznej

zmiany pozycji czoł lodowców (Rys. 7). Nowością w stosunku do poprzedniej pracy (artykuł A2), a także pracy Kochitzki i in. (2022), było wyznaczenie ciągłej prędkości dla kilku kolejnych lat. Pozwoliło to na estymację tempa ablacji frontalnej lodowców z największą możliwą dotąd dokładnością. Stwierdziłam, że ablacja frontalna wszystkich lodowców była największa w 2016 roku, kiedy zanotowano najwyższą temperaturę powietrza w całym badanym okresie oraz największą sumę opadów ciekłych. Z kolei ablacja frontalna była około dwukrotnie niższa w chłodniejszym roku 2019.



Rys. 7. (a-g) Wielkość ablacji frontalnej w okresie 2016-2020 oraz komponentów recesji i prędkości lodowca; (h) wskaźnik pozytywnych stopniodni (PDD) i letnia temperatura powierzchni morza (SST).

Wyniki wskazują na istotną zmienność czasową dwóch składowych ablacji frontalnej - komponentu prędkości ruchu i komponentu recesji. **Średni komponent recesji dla wszystkich lodowców w najcieplejszym roku 2016 stanowił około 45% całkowitej ablacji frontalnej. Z kolei udział recesji w ablacji frontalnej w latach 2017-2020 zmalał do 2%-26% co jest spowodowane anomalią w długookresowym trendzie recesji lodowców. W okresie tym, w przypadku pięciu z siedmiu lodowców recesja znacznie się zmniejszyła lub zanotowano awans.** Należy także podkreślić zależność między wielkością dostawy lodu do czoła a szybkością ablacji frontalnej, co potwierdza sprzężenia zwrotne między atmosferą, oceanem oraz dostawą lodu do czoła lodowca (Truffer i Motyka, 2016) omówione w artykule A4. Wyniki te jednoznacznie wskazują na wpływ czynników atmosferycznych i morskich na intensywność procesu ablacji frontalnej spitsbergeńskich politermalnych lodowców wspartych o dno, a w konsekwencji na położenie czoł lodowców. Warto również podkreślić, że udział recesji w całkowitej ablacji frontalnej został wyznaczony ze znacznie większą precyzją niż wykazał Kochitzki i in. (2022). Ze względu na objęcie dużego obszaru Arktyki i Sub-Arktyki, autorzy uśrednili prędkości lodowców do dekad i nie uwzględnili ciągłych danych batymetrycznych dla Hornsundu.

Modele przewidują, że odpływ z lodowców Svalbardu podwoi się w XXI wieku, a stosunek powierzchni akumulacji do powierzchni lodowców osiągnie zero na południowym Svalbardzie do około 2030 roku (van Pelt i in., 2021). Efekty zaprezentowanych badań pozwalają odpowiedzieć na pytania postawione przez Schulera i in. (2020), jakie jest znaczenie ablacji frontalnej w ogólnym bilansie masy lodowców svalbardzkich oraz jak dynamika i zmiany geometrii lodowców odpowiadają na zmiany klimatu.

4.5. Podsumowanie najważniejszych rezultatów

Moje główne osiągnięcie badawcze dotyczy pogłębienia znajomości czynników wpływających na dynamikę lodowców uchodzących do morza oraz rozpoznania odpowiedzi lodowców na współczesne zmiany klimatu. Badania prowadzone były na przykładzie lodowców basenu glacialnego Hornsund, ze szczególnym uwzględnieniem Lodowca Hansa.

Wyniki badań ilościowych jednoznacznie wskazały na przyspieszoną recesję lodowców uchodzących do morza w Hornsundzie w okresie 1899-2020. Kolejne badania wykazały istotną synchroniczność fluktuacji czół lodowców we fiordzie. Rozpoznano wrażliwość położenia czół lodowców uchodzących do morza na sygnał klimatyczny wyrażony poprzez wskaźniki PDD i SST. Oba parametry powinny być uwzględniane w modelach deglacjacji archipelagu.

Rozpoznano minimalne i maksymalne zasięgi lodowców uchodzących do morza, a na szczególną uwagę zasługuje wykazanie, że recesja czół często kończyła między październikiem a grudniem. Są to wyniki unikatowe, po raz pierwszy udokumentowane dla Svalbardu w skali 2-3 dekad i mają ważne znaczenie dla wyznaczania całkowitego bilansu masy lodowców uchodzących do morza.

Wyznaczono średni dopływ słodkiej wody do fiordu Hornsund dla okresu 2006-2015. Wyniki pokazały, że dostawa słodkiej wody zwiększyła się dwukrotnie w porównaniu do estymacji z lat 80. ubiegłego wieku, a dominującym źródłem słodkiej wody we fiordzie są lodowce. Przedstawione osiągnięcia mają szerokie znaczenie środowiskowe, zwłaszcza dla współczesnych badań z zakresu fizyki i ekologii morza. Informacja nt. dostawy słodkiej wody wraz ze szczegółową charakterystyką pozwoli lepiej zrozumieć zmiany zachodzące obecnie w środowisku morskim.

Rozpoznano, że ablacja frontalna stanowi istotny komponent (ok. 40%) całkowitego bilansu masy lodowców uchodzących do morza w badanym regionie. Ponadto wykazano, że udział recesji w ablacji frontalnej zmieniał się dla poszczególnych lodowców w zależności od czynników oceanograficznych i meteorologicznych w danym roku. W świetle wyników, dla lodowców południowego Svalbardu, w badaniach dla dłuższych okresów czasu można przyjąć za uniwersalny wskaźnik ok. 30%. Otrzymane wyniki mogą być wykorzystane w modelach bilansu masy lodowców uchodzących do morza, co ma istotne znaczenie w kontekście częstego pomijania ablacji frontalnej w badaniach klimatycznego bilansu masy lodowców.

Wykazano, że numeryczne modele terenu generowane z wysokorozdzielczych danych satelitarnych mogą być z powodzeniem wykorzystane w badaniach całkowitego bilansu lodowców zarówno w skali lokalnej jak i globalnej. Szczegółowa analiza bilansu geodezyjnego Lodowca Hansa wykazała, że w latach 2011-2017 Lodowiec Hansa utracił około 20% masy wskutek recesji, a około 80% wskutek topnienia powierzchniowego. Należy zatem podkreślić znaczącą rolę recesji lodowca w utracie masy i potrzebę uwzględniania recesji w geodezyjnym bilansie masy.

Istotnym wkładem w dyscyplinę była analiza dokładności materiałów teledetekcyjnych i kartograficznych, głównych źródeł danych wykorzystanych w badaniach. Walidacja danych w oparciu o liczne pomiary terenowe umożliwiła wskazanie możliwości i ograniczeń różnych metod teledetekcyjnych w badaniach procesów glaciologicznych.

Podsumowując, uzyskane rezultaty wyraźnie wskazują na wysoką wrażliwość lodowców uchodzących do morza w Hornsundzie na ocieplenie klimatu. Badania pozwoliły na określenie różnic pomiędzy południowym Spitsbergenem, a pozostałą częścią archipelagu. Uzyskane wyniki mają znaczenie nie tylko w skali lokalnej, ale i globalnej. Svalbard położony jest w najszybciej ocieplającym się, euroazjatyckim sektorze Arktyki (Isaksen i in., 2022), a Kochitzky i in. (2022) wykazali, że wielkość ablacji frontalnej na Svalbardzie pomiędzy okresem 2000-2010 a 2010-2020 wzrosła ponad dwukrotnie, najszybciej w porównaniu do całej Arktyki. Tym samym zaprezentowane wyniki można traktować jako prawdopodobny model deglacjacji w innych obszarach arktycznych.

4.6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Spis omówionych poniżej artykułów (nie wymienionych w pkt. 4.2) oraz projektów znajduje się, odpowiednio, w punktach 4 i 9 „Wykazu osiągnięć naukowych”, który stanowi Załącznik 4 do Wniosku przewodniego.

Znaczące osiągnięcie o charakterze naukowo-badawczym związane jest z moim udziałem w projekcie międzynarodowym IPY „Glaciodyn” w latach 2007-2008, w trakcie przygotowywania rozprawy doktorskiej. W projekcie pełniłam rolę wykonawcy. Efekty moich badań realizowanych w ramach zespołu UŚ przedstawiono w dwóch publikacjach: Błaszczyk i in. (2009) oraz Błaszczyk i in. (2010). Do znaczących zaliczam publikację Błaszczyk i in. (2009) - „Tidewater glaciers of Svalbard: recent changes and estimates of calving fluxes” - prezentującą wyniki mojej pracy doktorskiej. W pracy tej stworzyłam nową klasyfikacji dynamiczną lodowców, co pozwoliło na oszacowanie intensywności ablacji frontalnej wszystkich lodowców Svalbardu oraz ocenę wpływu ablacji frontalnej na wzrost poziomu oceanu światowego. Publikacja ta znacząco wypełniła luki w wiedzy nt. utraty masy lodowców svalbardzkich.

W latach 2010-2016 kontynuowałam tematykę badawczą w zakresie studiów dynamiki czół lodowców uchodzących do morza na Spitsbergenie z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych. Prace

te realizowałam w ramach czterech międzynarodowych projektów badawczych: „AWAKE”, „Ice2sea”, „SvalGlac” oraz „AWAKE 2”. Ponadto kluczowym źródłem danych w mojej działalności badawczej były dane teledetekcyjne. Złożyłam siedem dedykowanych projektów naukowych do Europejskiej Agencji Kosmicznej, Niemieckiej Agencji Kosmicznej oraz - we współpracy zagranicznej z dr. Etienne Berthier - do Francuskiej Agencji Kosmicznej. W okresie 2020-2022 byłam kierownikiem dwóch polsko-norweskich projektów finansowanych przez Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System (SIOS). Podczas wypraw naukowych na Spitsbergen w latach 2010-2020 prowadziłam naziemny monitoring glaciologiczny Lodowca Hansa oraz Hornbreen i Storbreen. W roku 2010, we współpracy z Prof. Tadem Pfefferem z Uniwersytetu w Boulder, Kolorado w USA, wzięłam udział w wyprawie naukowej Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen. Podczas wyprawy zastosowano unikatową metodę półautomatycznego opracowania fotogrametrycznego dużej liczby powtarzanych cyfrowych zdjęć naziemnych dla czoła Lodowca Hansa. Celem tych badań było rozpoznanie dynamiki lodowców i dostarczenie kontrolnych danych obserwacyjnych dla walidacji wyników otrzymanych na podstawie obrazów satelitarnych. Dane zebrane w ramach w/w projektów i wypraw wykorzystano m.in. we wszystkich publikacjach (A1-A5) stanowiących osiągnięcie naukowe opisane w pkt. 4.4.

W roku 2013 sprawowałam opiekę merytoryczną w zakresie przetwarzania danych satelitarnych nad mgr Albą Martin-Espanol z Universidad Politecnica de Madrid, podczas jej stażu na Uniwersytecie Śląskim. Wynikiem współpracy była publikacja Martin-Espanol i in. (2015), w której głównym osiągnięciem było oszacowanie objętości lodowców Svalbardu.

W ramach projektu „SvalGlac” (2010-2013) rozpoczęłam badania nad określeniem przebiegu czasowej linii śnieżnej na lodowcach południowego Spitsbergenu z wykorzystaniem satelitarnych danych radarowych. Moim znaczącym osiągnięciem naukowo-badawczym było wykorzystanie nowatorskiej metody polarymetrii radarowej (PolInSAR) dla rozpoznania stref glacialnych na Spitsbergenie (Błaszczuk i in., 2012). Obiecujące wyniki tych prac zainspirowały mnie do rozszerzenia wykorzystania metod polarymetrycznych w ramach rozprawy doktorskiej podjętej przez mgr inż. Barbarę Barzycką: „Zastosowanie metod teledetekcyjnych i naziemnych do wykrywania zasięgu stref glacialnych lodowców”. Studia te zaowocowały trzema publikacjami: Barzycka i in. (2019, 2020, 2023).

Istotne znaczenie dla środowiska południowego Spitsbergenu ma prognozowana transformacja fiordu Hornsund w cieśninę. Dla oszacowania przybliżonego okresu w jakim ulegnie dezintegracji system lodowcowy Hornsund i Hambergbukta wykorzystałam zdjęcia satelitarne. Wyzaczyłam, że nowa cieśnina Hornsund odseparuje Sørkapp Land od Spitsbergenu pomiędzy latami 2055 i 2065 (Grabiec in., 2018). Badania te zostały rozszerzone o dalsze rozpoznanie dynamiki lodowców w ramach pracy magisterskiej (Saferna i in., 2023) i wskazały na możliwość otwarcia fiordu ok. 2053 roku.

Jedną z metod naziemnego monitoringu teledetekcyjnego były badania z wykorzystaniem skaningu laserowego dalekiego zasięgu. W roku 2015, we współpracy z naukowcami z Northern

Research institute Tromsø AS (Norut), pracownikami UŚ, IGF PAN oraz firmy prywatnej Laser 3D z Krakowa prowadziłam badania dynamiki czoła Lodowca Hansa w ramach projektu „Terrestrial radar interferometry for monitoring tidewater glaciers in Ny-Ålesund and Hornsund”. W badaniach tych wykorzystano nowoczesne metody obrazowania dynamiki klifu Lodowca Hansa za pomocą naziemnego interferometru radarowego oraz skanera laserowego dalekiego zasięgu, które następnie wykorzystano w wyznaczeniu ablacji frontalnej. Badania kontynuowane były w latach 2019-2020 w ramach projektu polsko-norweskiego „CoopCalving”. Prowadziłam także monitoring zlewni Fuglebekken (Hornsund) z użyciem skaningu laserowego i utworzyłam NMT zlewni, który wykorzystano w badaniach wiecznej zmarzliny (Glazer i in., 2020). Ponadto dokonałam integracji danych z fotogrametrii lotniczej i naziemnego skaningu laserowego oraz wykonałam ocenę otrzymanego NMT dla wykrywania zmian geomorfologicznych w Hornsundzie (Błaszczuk i in., 2022).

Od roku 2010 współpracowałam również oceanologami z IO PAN oraz IGF PAN, co pozwoliło na rozpoznanie batymetrii obszaru Brepollen (Moskalik i in., 2014) oraz opracowanie metody pasywnej akustyki podwodnej do monitoringu cielenia się lodowca (Głowacki i in., 2015). We współpracy z naukowcami z Norsk Polarinstitut i The University Centre in Svalbard oraz oceanografami z IO PAN określiłam wpływ dostawy ciepła z oceanu na topnienie i recesję lodowców uchodzących do morza w Hornsundzie (Arntsen i in., 2019). Zdjęcia satelitarne umożliwiły również rozpoznanie recesji lodowców i znaczenia lodowców zakończonych w morzu jako miejsca żerowania mewy trójpalczastej (Dragańska-Deja i in., 2020).

Istotnym elementem mojej aktywności naukowej była praca nad udostępnianiem danych w otwartych repozytoriach:

- Współpraca z IGF PAN w zakresie monitoringu dynamiki Lodowca Hansa: Po uzyskaniu stopnia doktora wzięłam udział w XXXI Wyprawie Polarnej IGF PAN na Spitsbergen (2008-2009), podczas której pełniłam funkcję obserwatora środowiska abiotycznego i prowadziłam m.in. monitoring położenia tyczek ablacyjnych na Lodowcu Hansa. Swoją wiedzę i umiejętności nabyte podczas wyprawy przekazywałam uczestnikom kolejnych Wypraw Polarnych IGF PAN na Spitsbergen, przeprowadzając szkolenia. Wynikiem współpracy z IGF PAN było opracowanie danych z wieloletniego monitoringu lodowca i upublicznienie danych w otwartym repozytorium: „High Temporal Resolution Records of Hansbreen Ice Flow Velocity for Years 2006-2019” (Błaszczuk i in., 2023). Opracowana baza jest znakomitym i unikatowym źródłem informacji na temat dynamicznej odpowiedzi lodowca uchodzącego do morza na zmiany klimatu.
- Monitoring glaciologiczny Werenskioldbreen: Podczas wypraw naukowych na Spitsbergen brałam udział w prowadzeniu monitoringu lodowca. Zebrane dane zestawiono w bazie, która

obejmuje 10 lat badań (Ignatiuk i in., 2022) i jest źródłem informacji na temat dynamicznej odpowiedzi lodowca zakończonego na lądzie na zmiany klimatu.

- Projekt “INTAROS - INTEgrated ARctic Observation System”, 2016-2022: W projekcie tym przygotowałam zestawy danych oraz metadanych z obszaru glaciologii dla katalogu INTAROS. Dane przygotowane są zgodnie ze standardami CF (Climate and Forecast metadata convention) i opublikowane w repozytorium: Polish Polar Database (<http://ppdb.us.edu.pl/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>).

4.7. Literatura

- AMAP. Arctic Climate Change Update 2021: Key Trends and Impacts—Summary for Policy-Makers; Arctic Monitoring and Assessment Programme. 2021. Tromsø, Norway.
- Arażny A., Przybylak R., Wyszynski P., Wawrzyniak T., Nawrot A., Budzik T. 2018. Spatial variations in air temperature and humidity over Hornsund fjord (Spitsbergen) from 1 July 2014 to 30 June 2015. *Geogr. Ann. Ser. A, Phys. Geogr.*, 100:1, 27-43, doi: 10.1080/04353676.2017.1368832.
- Błaszczuk M., Jania J.A., Hagen J.O. 2009. Tidewater glaciers of Svalbard: recent changes and estimates of calving fluxes. *Polish Polar Research*, 2, 85-142.
- Bojinski S., Verstraete M., Peterson T.C., Richter C., Simmons A., Zemp M. 2014. The Concept of Essential Climate Variables in Support of Climate Research, Applications, and Policy. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 1431–1443, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00047.1>.
- Bunce C., Nienow P., Sole A., Cowton T., Davison B. (2021). Influence of glacier runoff and near-terminus subglacial hydrology on frontal ablation at a large Greenlandic tidewater glacier. *J. Glaciol.*, 67(262), 343–352. <https://doi.org/10.1017/jog.2020.109>.
- Carr J.R., Stokes C.R., Vieli A. 2017. Threefold increase in marine-terminating outlet glacier retreat rates across the Atlantic Arctic: 1992–2010. *Ann. Glaciol.*, 58(74), 72–91, <https://doi.org/10.1017/aog.2017.3>.
- Cogley J.G., Hock R., Rasmussen L.A., Arendt A.A., Bauder A., Braithwaite R.J., i in. 2011. Glossary of Glacier mass balance and related terms, in IHP-VII Technical Documents in Hydrology (ed.) IACS (Paris: UNESCO-IHP).
- Cook A.J., Copland L., Noël B.P., Stokes C.R., Bentley M.J., Sharp M.J., i in. 2019. Atmospheric forcing of rapid marine-terminating glacier retreat in the Canadian Arctic Archipelago. *Sci. Adv.*, 5(3), eaau8507, <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau8507>.
- Cowton T.R., Sole A.J., Nienow P.W., Slater D.A., Christoffersen P. 2018. Linear response of east Greenland's tidewater glaciers to ocean/atmosphere warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(31), 7907–7912, <https://doi.org/10.1073/pnas.1801769115>.
- Cuartero A., Felicísimo A.M., F.J., Ariza. 2005. Accuracy, reliability, and depuration of SPOT HRV and Terra ASTER digital elevation models. In: *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 43, no. 2, 404-407, doi: 10.1109/TGRS.2004.841356.
- Deschamps-Berger C., Nuth C., Van Pelt W., Berthier E., Kohler J., Altena B. 2019. Closing the mass budget of a tidewater glacier: The example of Kronebreen, Svalbard. *J. Glaciol.*, 65(249), 136-148, doi:10.1017/jog.2018.98.
- Dunse T., Schuler T.V., Hagen J.O., Reijmer C.H. 2012. Seasonal speed-up of two outlet glaciers of Austfonna, Svalbard, inferred from continuous GPS measurements. *Cryosphere*, 6(2), 453–466, <https://doi.org/10.5194/tc-6-453-2012>.
- Dunse T., Schellenberger T., Hagen J.O., Kääb A., Schuler T.V., Reijmer C.H. 2015. Glacier-surge mechanisms promoted by a hydro-thermodynamic feedback to summer melt. *Cryosphere*, 9, 197–215, <https://doi.org/10.5194/tc-9-197-2015>.
- Engle R.F., Granger C.W.J. 1987. Co-Integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251–276, <https://doi.org/10.2307/1913236>.
- Fox-Kemper B., Hewitt H.T., Xiao C., Aðalgeirsdóttir G., Drijfhout S.S., Edwards T.L., i in. 2021. Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1211–1362, doi:10.1017/9781009157896.011.
- Fürst J.J., Navarro F., Gillet-Chaulet F., Huss M., Moholdt G., Fettweis X., i in. 2018. The Ice-Free Topography of Svalbard. *Geophys. Res. Lett.*, 45, 760–11, <https://doi.org/10.1029/2018GL079734>.

- GlaThiDa Consortium (2020): Glacier Thickness Database 3.1.0. World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, doi: 10.5904/wgms-glaThiDa-2020-10.
- Grabiec M., Ignatiuk D., Jania J.A., Moskalik M., Głowacki P., Błaszczuk M., Budzik T., Walczowski W. 2018. Coast formation in an Arctic area due to glacier surge and retreat: the Hornbreen-Hambergreen case from Spitsbergen. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2, 387–400, <https://doi.org/10.1002/esp.4251>.
- Hopwood M.J., Carroll D., Dunse T., Hodson A., Holding J., Iriarte J.L., i in. 2020. Review article: How does glacier discharge affect marine biogeochemistry and primary production in the Arctic? *Cryosphere*, 14, 1347–1383, <https://doi.org/10.5194/tc-14-1347-2020>.
- How P., Benn D.I., Hulton N.R.J., Hubbard B., Luckman A., Sevestre H., i in. 2017. Rapidly changing subglacial hydrological pathways at a tidewater glacier revealed through simultaneous observations of water pressure, supraglacial lakes, meltwater plumes and surface velocities. *Cryosphere*, 11, 2691–2710, <https://doi.org/10.5194/tc-11-2691-2017>.
- Huss M, Hock R. 2015. A new model for global glacier change and sea-level rise. *Front. Earth Sci.* 3:54. doi: 10.3389/feart.2015.00054.
- Hugonnet R., McNabb R., Berthier E., Menounos B., Nuth C., Girod L., i in. 2021. Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. *Nature*, 592, 726–731, <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03436-z>.
- Immerzeel W.W., Lutz A.F., Andrade M., Bahl A., Biemans H., Bolch T., i in. 2020. Importance and vulnerability of the world's water towers. *Nature*, 577, 364–369, <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1822-y>.
- Isaksen K., Nordli Ø., Ivanov B., Køltzow M., Aaboe S., Gjeltén H.M., i in. 2022. Exceptional warming over the Barents area. *Sci. Rep.*, 12, 9371. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13568-5>.
- Kääb A., Leinss S., Gilbert A., Bühler Y., Gascoin S., Evans S., i in. 2018. Massive collapse of two glaciers in western Tibet in 2016 after surge-like instability. *Nat. Geosci.*, 11, 114–120. <https://doi.org/10.1038/s41561-017-0039-7>.
- Jania J., Pulina M. 1996. Polish hydrological studies in Spitsbergen, Svalbard: a review of some results. W: K. Sand Å. Killingtveit (ed.): Proceedings. Tenth International Northern Research Basins Symposium and Workshop, Norway 1994, 47–76, Trondheim: SINTEF Norwegian Hydrotechnical Laboratory.
- Kochtitzky W., Copland L., Van Wyche W., Hugonnet R., Hock R., Dowdeswell J., i in. 2022. The unquantified mass loss of Northern Hemisphere marine-terminating glaciers from 2000–2020. *Nat. Commun.*, 13, 5835, <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33231-x>.
- Kolondra L. 2003. Problemy fotogrametrycznego pozyskiwania danych w badaniach glaciologicznych (studium metodyczne na przykładzie Spitsbergenu). Praca doktorska, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Sosnowiec.
- Lydersen C., Philipp A., Stig F.-P., Kohler J., Kovacs K.M., Reigstad M., i in. 2014. The importance of tidewater glaciers for marine mammals and seabirds in Svalbard, Norway. *J. Mar. Syst.*, 129, 452–471, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.09.006>.
- Mansell D., Luckman A., Murray T. 2012. Dynamics of tidewater surge-type glaciers in northwest Svalbard. *J. Glaciol.*, 58 (207): 110–118, doi:10.1017/jog.2020.43.
- Meier M.F., Post A. 1987. Fast tidewater glaciers. *J. Geophys. Res.*, 92(B9), 9051–9058, <https://doi.org/10.1029/JB092iB09p09051>.
- Merchel M., Walczowski W. 2020. Increases in the temperature and salinity of deep and intermediate waters in the West Spitsbergen Current region in 1997–2016. *Oceanologia*, 62(4), 501–510, <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2020.08.001>.
- Moon T., Joughin I., Smith B. 2015. Seasonal to multiyear variability of glacier surface velocity, terminus position, and sea ice/ice mélange in northwest Greenland. *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, 120(5), 818–833, <https://doi.org/10.1002/2015JF003494>.
- Motyka R.J., Dryer W.P., Amundson J., Truffer M., Fahnestock M. 2013. Rapid submarine melting driven by subglacial discharge, LeConte Glacier, Alaska. *Geophys. Res. Lett.*, 40(19), 5153–5158, <https://doi.org/10.1002/grl.51011>.
- Nuth C., Kohler J., Aas H.F., Brandt O., Hagen J.O. 2007. Glacier geometry and elevation changes on Svalbard (1936–90): A baseline dataset. *Ann. Glaciol.*, 46, 106–116, doi:10.3189/172756407782871440.
- Nuth C., Moholdt G., Kohler J., Hagen J.O., Kääb A. 2010 Svalbard glacier elevation changes and contribution to sea level rise. *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, 115, 1–16, <https://doi.org/10.1029/2008JF001223>.
- Porter C., i in. 2022 “ArcticDEM – Strips, Version 4.1”, <https://doi.org/10.7910/DVN/C98DVS>, Harvard Dataverse, V1, [Date Accessed].
- Pouch A., Zaborska A., Mazurkiewicz M., Winogradow A., Pazdro K. 2021. PCBs, HCB and PAHs in the seawater of Arctic fjords–Distribution, sources and risk assessment. *Mar. Pollut. Bull.*, 164, 111980, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.111980>.

- Przybylak R., Arażny A., Nordli Ø., Finkelburg R., Kejna M., Budzik T., i in. 2014. Spatial distribution of air temperature on Svalbard during 1 year with campaign measurements. *Int. J. Climatol.*, 34: 3702–3719, <https://doi.org/10.1002/joc.3937>.
- Rowlands D.D., Luthcke S.B., Klosko S.M., Lemoine F.G.R., Chinn D.S., McCarthy J.J., i in. 2005. Resolving mass flux at high spatial and temporal resolution using GRACE intersatellite measurements. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L04310, doi:10.1029/2004GL021908.
- Schild K., Hamilton G. 2013. Seasonal variations of outlet glacier terminus position in Greenland. *J. Glaciol.*, 59(216), 759–770, doi:10.3189/2013JoG12J238.
- Schuler T.V., Kohler J., Elagina N., Hagen J.O.M., Hodson A.J., Jania J.A., i in. 2020. Reconciling Svalbard Glacier Mass Balance. *Front. Earth Sci.* 8:156, doi: 10.3389/feart.2020.00156.
- Schmidt L.S., Schuler T.V., Thomas E.E., Westermann, S. 2023. Meltwater runoff and glacier mass balance in the high Arctic: 1991–2022 simulations for Svalbard. *Cryosphere*, 17, 2941–2963, <https://doi.org/10.5194/tc-17-2941-2023>.
- Stempniewicz L., Goc M., Głuchowska M., Kidawa D., Węśławski J.M. 2021. Abundance, habitat use and food consumption of seabirds in the high-Arctic fjord ecosystem. *Polar Biol.*, 44, 739–750, <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02833-4>.
- Strozzi T., Luckman A., Murray T., Wegmüller U., Werner C.L. 2002. Glacier motion estimation using SAR offset-tracking procedures. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 40, 2384–2391, <http://dx.doi.org/10.1109/TGRS.2002.805079>.
- Strzelecki M.C., Szczuciński W., Dominiczak A., Zagórski P., Dudek J., Knight J. 2020. New fjords, new coasts, new landscapes: The geomorphology of paraglacial coasts formed after recent glacier retreat in Brepollen (Hornsund, southern Svalbard). *Earth Surf. Process. Landf.*, 45: 1325–1334, <https://doi.org/10.1002/esp.4819>.
- Svendsen H., Beszczynska-Møller A., Hagen J.O., Lefauconnier B., Tverberg V., Gerland S., i in. 2002. The physical environment of Kongsfjorden-Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard. *Polar Res.*, 21, 133–166, <https://doi.org/10.1111/j.1751-8369.2002.tb00072.x>.
- Torsvik T., Albretsen J., Sundfjord A., Kohler J., Sandvik A.D., Skarghamar J., i in. 2019. Impact of tidewater glacier retreat on the fjord system: modeling present and future circulation in Kongsfjorden. Svalbard. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 220, 152–165, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.02.005>.
- Truffer M., Motyka R.J. 2016. Where glaciers meet water: Subaqueous melt and its relevance to glaciers in various settings. *Rev. Geophys.*, 54(1), 220–239, <https://doi.org/10.1002/2015RG000494>.
- van Pelt W.J.J., Pohjola V., Pettersson R., Marchenko S., Kohler J., Luks B., i in. 2019. A long-term dataset of climatic mass balance, snow conditions, and runoff in Svalbard (1957–2018). *Cryosphere*, 13, 2259–2280, <https://doi.org/10.5194/tc-13-2259-2019>.
- van Pelt W.J.J., Schuler T.V., Pohjola V., Pettersson R. 2021. Accelerating future mass loss of Svalbard glaciers from a multi-model ensemble. *J. Glaciol.*, 67(263), 485–499, <https://doi.org/10.1017/jog.2021.2>.
- Vickers H., Karlsen S.R., Malnes E. 2020. A 20-Year MODIS-Based Snow Cover Dataset for Svalbard and its Link to Phenological Timing and Sea Ice Variability. *Remote Sens.*, 12, 1123, doi:10.3390/rs12071123.
- Voigt U. 1979. Zur Blockbevegung der Gletscher. *Geodetische und Geophysische Veröffentlichungen*, R. III, 44: 128.
- Wawrzyniak T., Osuch M. 2020. A 40-Year High Arctic Climatological Dataset of the Polish Polar Station Hornsund (SW Spitsbergen, Svalbard). *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 805–815, <https://doi.org/10.5194/essd-12-805-2020>.
- Węśławski J.M., Koszteyn J., Zajączkowski M., Wiktor J., Kwaśniewski S. 1995. Fresh water in Svalbard fjord ecosystems. In H.R. Skjoldal i in. (ed.): *Ecology of fjords and coastal waters*. 229–242. Amsterdam: Elsevier Science.
- Wouters B., Gardner A.S., Moholdt G. 2019. Global Glacier Mass Loss During the GRACE Satellite Mission (2002–2016). *Front. Earth Sci.*, 7:96. doi: 10.3389/feart.2019.00096.
- Zemp M., Huss M., Thibert E., Eckert N., McNabb R., Huber J., i in. 2019. Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature*, 568, 382–386, <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0>.
- Ziaja W., Ostafin K. 2015. Landscape–seascape dynamics in the isthmus between Sørkapp Land and the rest of Spitsbergen: Will a new big Arctic island form? *Ambio*, 44(4), 332–342, <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0572-1>.
- Zwoliński Z. 2010. O homologiczności polskiej terminologii geoinformacyjnej. GIS–woda w środowisku. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 21–30.

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

1) W latach 2008-2009 byłem członkiem XXXI Wyprawy Polarnej IGF PAN na Spitsbergen. Podczas wyprawy pełniłem funkcję obserwatora środowiska abiotycznego. Prowadziłem monitoring położenia tyczek ablacyjnych oraz pomiary bilansu masy na Lodowcu Hansa oraz Ariebeen. Sprawowałem opiekę nad stacją referencyjną GNSS oraz stacją pomiarową dGPS i siecią automatycznych stacji pogodowych na Lodowcu Hansa.

2) W roku 2011 odbyłem wizytę studyjną w Nansen Environment Remote Sensing Center (NERSC, Bergen, Norwegia), na zaproszenie Prof. Steina Sandvena. Wizyta finansowana była z projektu Awake oraz mechanizmu stypendialnego krajów EFTA (Fundusz Stypendialny i Szkoleniowy). W NERSC poszerzyłem swoje umiejętności przetwarzania obrazów SAR pod okiem dr Muhameda Babikera, co zainspirowało mnie do rozpoczęcia prac nad rozpoznaniem sezonowych i wieloletnich fluktuacji czół lodowców uchodzących do morza, jako odpowiedź na zmiany klimatu w Arktyce. Głównym efektem naukowym wizyty są publikacje A1, A4 i A5 stanowiące osiągnięcie naukowe opisane w pkt. 4.

3) W roku 2016 wzięłem udział w stażu naukowym w Scott Polar Research Institute, Cambridge. Podczas stażu prowadziłem konsultacje naukowe z Prof. Julianem Dowdeswellem oraz pracownikami Instytutu przy opracowaniu manuskryptu artykułu A4, stanowiącego osiągnięcie naukowe opisane w pkt. 4.

4) W roku 2022 odbyłem wizytę studyjną w University of Colorado w Boulder, Institute of Arctic and Alpine Research, podczas której prowadziłem konsultacje naukowe z Prof. Tadem Pfefferem przy opracowaniu publikacji A5 stanowiącej osiągnięcie naukowe opisane w pkt. 4. Wizyta finansowana była z projektu Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach „Swoboda badań”.

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

Osiągnięcia dydaktyczne

Za główne osiągnięcie dydaktyczne uważam promowanie wykorzystywania teledetekcji satelitarnej i naziemnej w naukach przyrodniczych na Wydziale Nauk Przyrodniczych (wcześniej Wydział Nauk o Ziemi) oraz tworzenie programów zajęć w zakresie teledetekcji. Uczestniczyłem w kursach i szkoleniach podnoszących moje kwalifikacje i kompetencje zawodowe (najważniejsze kursy wymieniono w pkt. 7). Swoją wiedzę przekazuję studentom oraz pracownikom podczas zajęć (także w języku angielskim), dodatkowych kursów czy sprawowania opieki merytorycznej nad pracami inżynierskimi, magisterskimi i doktorskimi.

Promotor prac magisterskich:

- Dawid Saferna (2022): Zmiany zasięgu i prędkości ruchu lodowców Hornbreen i Hambergbreen na południowym Spitsbergenie.
- Natalia Łatacz (2022): Geodetic mass balance of Hansbreen in the period 1990-2017.

- Karolina Szczęśna (2022): Changes in the geometry of the Hornbreen and Hambergbreen glacier system in the period 1961-2017.

Promotor pracy inżynierskiej:

- Daria Furtak (2020): Próba wykorzystania skanera laserowego do pomiarów osiadania powierzchni terenu na przykładzie Miechowic.

W latach 2011-2022 byłem recenzentem 18 prac magisterskich oraz dwóch prac inżynierskich na Wydziale Nauk Przyrodniczych (wcześniej Wydziale Nauk o Ziemi).

Tworzyłam program zajęć w ramach specjalności na studiach magisterskich GIS English (w języku angielskim). Przygotowałam i prowadziłam dwa moduły realizowane z magistrantami w latach 2020-2022: „Remote sensing and photogrammetric methods” oraz „Laser scanning - data collecting and analysis”.

W ramach Śląskiego Laboratorium GIS przygotowałam i poprowadziłam dodatkowe kursy dla studentów i pracowników w zakresie podstaw teledetekcji oraz teledetekcji zaawansowanej: Podstawy Teledetekcji Satelitarnej, Zaawansowane techniki przetwarzania obrazów satelitarnych, Ćwiczenia praktyczne z zastosowaniem programu ArcGIS, Ćwiczenia praktyczne z zastosowaniem programów PCI Geomatica oraz SNAP.

Praca w Szkołach Doktorskich:

W latach 2015-2023 sprawowałam funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim Pani mgr inż. Barbary Barzyckiej, w ramach Interdyscyplinarnych Studiów Polarnych przy Centrum Studiów Polarnych. Temat pracy: „Zastosowanie metod teledetekcyjnych i naziemnych do wykrywania zasięgu stref glacialnych lodowców” (obroniona w czerwcu 2023).

W latach 2019-2021 sprawowałam funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim Pani mgr Joanny Tuszyńskiej, w ramach Międzynarodowej Środowiskowej Szkoły Doktorskiej przy Centrum Studiów Polarnych w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach (MŚSD). Temat pracy: „Reakcja dynamiki lodowców Svalbardu na zmiany klimatu na przykładzie Lodowca Hansa”.

Od roku 2022 sprawuję funkcję promotora pomocniczego Pana mgr Dawida Saferny w ramach MŚSD. Temat pracy: „Dynamika systemów glacialnych południowego Spitsbergenu”.

W roku 2013 sprawowałam opiekę merytoryczną w zakresie przetwarzania danych satelitarnych nad mgr Albą Martin-Espanol z Universidad Politecnica de Madrid, podczas jej stażu na Uniwersytecie Śląskim.

W latach 2015-2017 koordynowałam i prowadziłam nowy moduł: „Zastosowania teledetekcji i GIS w badaniach środowiska polarnego” / „Applications of remote sensing and GIS in the studies of the polar environment”. Moduł ten skierowany był dla doktorantów w ramach Interdyscyplinarnych Studiów Polarnych przy Centrum Studiów Polarnych, w językach polskim i angielskim.

W roku 2018 byłem recenzentem rozprawy doktorskiej Pablo Sanchez-Gamez, Universidad Politecnica de Madrid, Madryt: “Estimates of glacier ice discharge to the ocean combining synthetic-aperture radar-derived velocities and ground-penetrating radar-derived ice thickness. Applications to Arctic Glaciers”.

Od roku 2021 prowadzę moduł „Zastosowania teledetekcji i GIS w badaniach środowiska przyrodniczego z uwzględnieniem informatycznych analiz obrazów” / „The application of remote sensing and GIS in the study of natural environment, including computer analysis of images” w MŚSD.

W latach 2021-2023 pełniłam rolę tutora doktorantki Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Śląskiego, Pani mgr Aleksandry Renc, w zakresie przetwarzania satelitarnych obrazów termalnych.

Osiągnięcia organizacyjne - wyprawy naukowe

Brałam udział w 12 Wyprawach Polarnych na Spitsbergen i jednej Wyprawie Naukowej na Antarktydę. Byłam kierownikiem czterech wypraw oraz współorganizatorką warsztatów "Tidewater Glaciers Workshop 2012" na Spitsbergenie. Na równi z kolegami współorganizowałam pozostałe wyprawy lub współpracowałam z pracownikami innych instytucji w organizacji ekspedycji. Podczas wypraw sprawowałam opiekę merytoryczną i terenową nad studentami studiów licencjackich, magisterskich oraz doktoranckich, w pracach dotyczących środowiska przyrodniczego w obszarach polarnych oraz teledetekcji. Byłam członkiem Komisji Centrum Studiów Polarnych dla rozstrzygnięcia konkursu na udział studentów WNoZ w ekspedycji naukowej Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen w sezonie letnim 2016 r.

- wrzesień 2010: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen
- sierpień 2012: Tidewater Glaciers Workshop 2012, High Arctic Issues
- lipiec - sierpień 2013: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen - **Kierownik**
- styczeń - luty 2014: Wyprawa Naukowa na Antarktydę (Base Presidente Gabriel González Videla w Paradaise oraz Polska Stacja Antarktyczna im. Henryka Arctowskiego) w ramach projektu Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas
- sierpień - wrzesień 2014: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen - **Kierownik**
- sierpień - wrzesień 2015: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen - **Kierownik**
- marzec - kwiecień 2016: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen
- sierpień 2016: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen - **Kierownik**
- wrzesień - październik 2017: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen
- sierpień - wrzesień 2020: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen
- lipiec - sierpień 2021: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen
- wrzesień 2022: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen
- kwiecień 2023: Wyprawa Polarna Uniwersytetu Śląskiego na Spitsbergen

Osiągnięcia popularyzujące naukę

- **Błaszczyk M.** „Polskie badania na Spitsbergenie”. Prezentacja popularnonaukowa w Klubie Wysokogórskim w Katowicach, 18.11.2009.
- **Błaszczyk M.**, Ignatiuk D. „Działalność polskich naukowców na Spitsbergenie w świetle współczesnych zmian klimatu w Arktyce”. Prezentacja popularnonaukowa w Szkole Podstawowej w Rybniku, 22.04.2014.
- **Błaszczyk M.**, Kolondra L. „Śledzenie zmian dynamiki lodowców spitsbergeńskich na przestrzeni wieku”. Prezentacja popularnonaukowa podczas Jubileuszu 25-lecia Wojewódzkiego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Katowicach, 29.06.2016.
- **Błaszczyk M.** „Metody teledetekcyjne w badaniach bilansu masy lodowców na Spitsbergenie”. Prezentacja popularnonaukowa podczas Dni Teledetekcji, Politechnika Warszawska „Z metropolii na biegun - teledetekcja a klimat”, on-line, 21.12.2021.
- **Błaszczyk M.** „Jak lodowce reagują na zmiany klimatu - Metody teledetekcyjne w badaniach lodowców na Spitsbergenie”. Prezentacja popularnonaukowa w Społecznym Liceum Ogólnokształcącym nr 5 w Milanówku, 16.12.2022.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

Funkcje pełnione na Uniwersytecie Śląskim

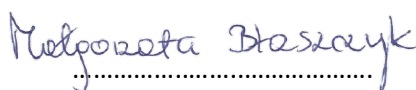
- Członek Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski: 24.02.2021-30.09.2022

Nagrody

- 2012: Nagroda zespołowa II stopnia za działalność naukowo badawczą (Nagroda Rektora)
- 2016: Nagroda Polar-KNOW „Pro terrarum glacie strictarum exploratione” za osiągnięcia publikacyjne 2015
- 2022: Członek zespołu „Kriosfera i Geoinformacja” nagrodzonego przez studentów 2022 w „Plebiscycie Złotych Mikroskopów - Najlepszy Zespół”

Najważniejsze kursy i warsztaty

- 2003: Ice sheets and glaciers in the climate system, Karthaus (Włochy)
- 2006: GLIMS Workshop (Global Land Ice Measurements from Space), Cambridge.
- 2011: NEST InSAR Course, ESA, Frascati, Włochy
- 2011: Advanced Course on Radar Polarimetry, ESA, Frascati, Włochy
- 2011: Remote Sensing for Polar Scientists, Reading, Wielka Brytania
- 2015: GAMMA Remote Sensing Software, Sosnowiec
- 2015: Zastosowanie i użytkowanie kamery termowizyjnej, Sosnowiec
- 2015: Obsługa skanera laserowego Riegl VZ-2000 oraz Riegl VZ-6000; szkolenie z obsługi programu RiScanPro, Sosnowiec
- 2018: szkolenie z obsługi programu Agisoft, Sosnowiec
- 2022: szkolenie z obsługi programu ArcGisPro, Sosnowiec



(podpis wnioskodawcy)