

Joanna Dudzińska-Nowak  
Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej  
Instytut Nauk o Morzu  
Wydział Nauk o Ziemi  
Uniwersytetu Szczecińskiego

Autoreferat w języku polskim i angielskim

**Załącznik 2**

do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

Uwarunkowania, czynniki i procesy  
morfodynamicznego rozwoju strefy brzegowej południowego Bałtyku  
w świetle badań teledetekcyjnych

Szczecin, 2018

do wniosku o  
przeprowadzenie  
postępowania  
habilitacyjnego  
z dnia **31 sierpnia 2018**

**Autoreferat w języku polskim:**

**1. Imię i Nazwisko:**

Joanna Dudzińska-Nowak

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:**

**1997: Magister Geografii**, specjalność Geografia Morza (seminaria: Geomorfologia i Teledetekcja), Wydział Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego. Tytuł pracy: *Morfologia i struktura wydm brunatnych w Bramie Świny*. Promotor: prof. dr hab. Stanisław Musielak (Instytut Nauk o Morzu, Wydział Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego).

**2006: Doktor Nauk o Ziemi** w zakresie Teledetekcji, Geomorfologii, GIS, Instytut Nauk o Morzu Uniwersytetu Szczecińskiego. Tytuł rozprawy: *Zmienność morfologii strefy brzegowej jako wskaźnik tendencji rozwojowych brzegu*. Promotor: dr hab. Kazimierz Furmańczyk prof. US (Instytut Nauk o Morzu, Wydział Nauk przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego).

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

Od 1 października 1995 byłam zatrudniona w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej, Instytutu Nauk o Morzu, Wydziału Nauk Przyrodniczych (od 2008 Wydziału Nauk o Ziemi) Uniwersytetu Szczecińskiego, kolejno na stanowiskach:

1.10.1995 – 30.09.1996 – asystent stażysta

1.10.1996 – 30.06.1997 – umowa zlecenie na prowadzenie zajęć dydaktycznych

1.10.1997 – 30.09.2005 – asystent

1.10.2005 – 31.03.2007 – starszy wykładowca

1.04.2007 – do chwili obecnej – adiunkt

(w okresie 11.2007 - 03.2008 – urlop macierzyński)

#### 4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki:

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego,

##### **Uwarunkowania, czynniki i procesy morfodynamicznego rozwoju strefy brzegowej południowego Bałtyku w świetle badań teledetekcyjnych**

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa),

Jako osiągnięcie naukowe przedstawiono sześć recenzowanych publikacji naukowych B1 – B6 (Załącznik 4), które zostały opracowane i opublikowane po otrzymaniu stopnia naukowego doktora. Pozycje B1–B3 i B5 to artykuły opublikowane w czasopismach znajdujących się na tzw. *liście filadelfijskiej* (Web of Science), pozycja B6 to rozdział w monografii wydawnictwa Springer z serii Coastal Research Library, a pozycja B4 to monografia cyklu Studia i Rozprawy Wydawnictwa Naukowego Uniwersytetu Szczecińskiego. Jestem ich jedynym (B4, B6), pierwszym (B5) lub drugim (B1, B2, B3) autorem a mój wkład w poszczególne publikacje został szczegółowo przedstawiony w Załączniku 3 i potwierdzony załączonymi oświadczeniami współautorów (Załącznik 5).

- B1. Furmańczyk K., **Dudzińska-Nowak J.**, 2009: *Effect of extreme Storms on coastline changes: a Southern Baltic example*, Journal of Coastal Research, SI 56, 1637 – 1640.

IF	Punktacja MNiSW	Cytowania Google Scholar	Cytowania Scopus	Cytowania Web of Science
1,366	20	13	14	10

- B2. Furmańczyk K. K., **Dudzińska-Nowak J.**, Furmańczyk K. A., Paplińska-Swercel B., Brzezowska N., 2012: *Critical storm thresholds for the generation of significant dune erosion at Dziwnow Spit, Poland*. Geomorphology. Vol.143-144, 62-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.09.007>.

IF	Punktacja MNiSW	Cytowania Google Scholar	Cytowania Scopus	Cytowania Web of Science
2,552	35	18	6	8

- B3. Furmańczyk K. K., **Dudzińska-Nowak J.**, Furmańczyk K. A., Paplińska-Swercel B., Brzezowska N., 2011: *Dune erosion as a result of the significant storms at the western Polish coast (Dziwnow Spit example)*. Journal of Coastal Research, SI 57, 756-759.

IF	Punktacja MNiSW	Cytowania Google Scholar	Cytowania Scopus	Cytowania Web of Science
0,766	15	18	8	6

- B4. **Dudzińska-Nowak J.**, 2015: *Metody ochrony zachodniego wybrzeża Polski i ich wpływ na zmiany brzegu w latach 1938-2011*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Szczecin. ISBN/ISSN: 978-83-7241-993-4. s. 171.

IF	Punktacja MNiSW	Cytowania Google Scholar	Cytowania Scopus	Cytowania Web of Science
-	20	4	-	-

- B5. **Dudzińska-Nowak J.,** Wężyk P., 2014: *Volumetric changes of the of the Pleistocene cliff coast in 2008-2012 based on DTM from airborne laser scanning (Wolin Island, southern Baltic Sea)*. In: Green, A.N. and Cooper, J.A.G. (eds.), *Journal of Coastal Research*, SI 66, 59-64.

IF	Punktacja MNiSW	Cytowania Google Scholar	Cytowania Scopus	Cytowania Web of Science
0,980	15	11	6	6

- B6. **Dudzińska-Nowak J.,** 2017: *Morphodynamic processes of the Swina Gate coastal zone development (southern Baltic Sea)*. In: J. Harff, K. Furmanczyk, H. von Storch (eds.) *Coastline changes of the Baltic Sea from South to East. Past and future projection*. Springer Coastal Research Library 19. pp. 219-256.

IF	Punktacja MNiSW	Cytowania Google Scholar	Cytowania Scopus	Cytowania Web of Science
-	5	-	-	-

*Sumaryczny Impact Factor wymienionych powyżej publikacji wynosi **5,664***

*Sumaryczna liczba punktów MNiSW wymienionych publikacji wynosi - **110***

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

## Uwarunkowania, czynniki i procesy morfodynamicznego rozwoju strefy brzegowej południowego Bałtyku w świetle badań teledetekcyjnych

### Zarys problematyki badawczej

Na wybrzeżach mórz szelfowych, których przykładem jest Morze Bałtyckie, przenikają się wpływy różnorodnych procesów, zachodzących na styku hydro- lito- i atmo- oraz antroposfery. Obserwowane współcześnie zmiany strefy brzegowej są efektem oddziaływania różnych czynników sprawczych nakładających się na uwarunkowania geologiczno-geomorfologiczne a ich tempo i kierunek modyfikowane są bezpośrednio i pośrednio zmianami klimatu oraz generowanymi przez nie zmianami poziomu morza.

Obserwowany od wielu lat, intensywny rozwój miejscowości nadmorskich, któremu towarzyszy inwestowanie w strefie bezpośrednio zagrożonej powodzią sztormową bądź erozją brzegu oraz konieczny ze względów ekonomicznych rozwój infrastruktury portowej w tym falochronów osłonowych ujść rzecznych i portów, wymaga poznania mechanizmów funkcjonowania strefy brzegowej i określenia możliwych scenariuszy jej rozwoju w przyszłości.

Reakcja wybrzeży morskich na zachodzące zmiany klimatu może nieść ze sobą poważne konsekwencje dla społeczności żyjących w bliskim sąsiedztwie brzegu ([Forbes i in. 2011](#)). W tym aspekcie zrozumienie mechanizmów funkcjonowania strefy brzegowej płytkich mórz szelfowych, uwzględniające możliwość określenia scenariuszy ich zmian w przyszłości, ma niezwykle duże znaczenie zarówno poznawcze jak i praktyczne.

Zagadnienia dotyczące rozpoznania tendencji rozwoju wybrzeży z uwzględnieniem obserwowanego podnoszenia się poziomu oceanu światowego i nasilającego się w ostatnich latach wzrostu intensywności silnych sztormów oraz zmniejszającej się ilości osadów zdeponowanych w strefie przybrzeżnej, które mogą czynnie uczestniczyć w procesach odbudowy brzegu, stanowią ważny problem badawczy podejmowany na całym świecie. Ze względu na fakt, że zmiany w strefie brzegowej zachodzą w różnych skalach przestrzennych i czasowych ([Schwarzer i in. 2003](#); [Musielak i in. 2017](#)) a także na duże zróżnicowanie wielkości tych zmian, nawet na jednorodnych pod względem geologicznym i geomorfologicznym odcinkach wybrzeży, pomimo wieloletnich badań, ich precyzyjne określenie wciąż napotyka na ogromne trudności.

Problematyka badawcza prac składających się na prezentowane osiągnięcie naukowe pt.: „Uwarunkowania, czynniki i procesy morfodynamicznego rozwoju strefy brzegowej południowego Bałtyku w świetle badań teledetekcyjnych”, wpisuje się w zarysowaną powyżej tematykę badań nad rozwojem brzegu. Mając na uwadze znaczenie rzetelnego określania wielkości zmian brzegu morskiego oraz potrzebę przewidywania tego, w jaki sposób będą one zachodziły w przyszłości, głównym celem moich wieloletnich badań i analiz było **określenie prawidłowości wynikających z krótko- i długookresowych zmian zachodzących w strefie brzegowej morza szelfowego w różnych skalach czasowych wraz z analizą ich uwarunkowań i przyczyn, ze szczególnym uwzględnieniem wybranych parametrów hydrologicznych oraz wpływu czynników modyfikujących w postaci budowli hydrotechnicznych.**

Osiągnięcie tak sformułowanego celu wymagało realizacji szeregu zadań badawczych, z których najistotniejsze to:

- I Zgromadzenie zbioru danych empirycznych umożliwiających zdefiniowanie i określenie związków pomiędzy wielkością erozji brzegu a wybranymi parametrami hydrologicznymi podczas ekstremalnych wezbrań sztormowych.
- II Przeprowadzenie analiz statystycznych danych empirycznych oraz sporządzenie matematycznych opisów zależności zachodzących pomiędzy wielkością erozji brzegu a wybranymi parametrami hydrologicznymi podczas ekstremalnych wezbrań sztormowych, uwzględniających specyfikę badanych wybrzeży Bałtyku.
- III Określenie wpływu budowli i zabiegów hydrotechnicznych, modyfikujących procesy zachodzące w strefie brzegowej, na wielkość obserwowanych zmian brzegu.
- IV Opracowanie metodyki określania wielkości zmian objętościowych brzegu i podbrzeża na podstawie danych teledetekcyjnych, pozyskiwanych w ramach państwowego monitoringu brzegu.
- V Rozpoznanie, zbadanie i opisanie specyficznych zależności pomiędzy zmiennością wybranych elementów strefy brzegowej i przebiegiem procesów morfo dynamicznych, determinujących tendencje rozwoju wybrzeży południowego Bałtyku.

### **Opis publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe**

Realizacja wymienionych powyżej zadań badawczych została udokumentowana w przedstawionych sześciu publikacjach, składających się na moje osiągnięcie habilitacyjne pod tytułem **Uwarunkowania, czynniki i procesy morfo dynamicznego rozwoju strefy brzegowej południowego Bałtyku w świetle badań teledetekcyjnych**.

Należy tu zwrócić uwagę na drugą i czwartą pozycję prezentowanego cyklu. Praca B2, ze względu na bardzo duże opóźnienie wydawnicze spowodowane edycją numeru specjalnego pisma *Geomorphology* ukazała się dopiero w roku 2012. Praca ta powstała w roku 2010, czyli wcześniej niż praca B3 opublikowana w roku 2011. Podobna sytuacja, opóźnienie publikacji w wyniku przedłużającego się cyklu wydawniczego, dotyczy pracy B4 opublikowanej w 2015 roku, która została przedstawiona przed pracą B5, która ukazała się rok wcześniej. Wszystkie prace prezentowane są w kolejności odpowiadającej chronologii prowadzonych przeze mnie badań, a nie w kolejności publikacji.

W pierwszej pracy prezentowanego cyklu, opublikowanej pod tytułem ***Effect of extreme Storms on coastline changes: a Southern Baltic example***, udokumentowano realizację części pierwszego (I) zadania badawczego. Potwierdzono tezę, iż poziom wody odnotowany w czasie wezbrania sztormowego, na który wpływa również napełnienie Bałtyku oraz występowanie serii wezbrań sztormowych zachodzących w krótkich odstępach czasu, stanowią główną przyczynę znaczącej erozji brzegów południowego Bałtyku. Zaobserwowany w latach 1973-1996 wzrost ilości wezbrań sztormowych przekraczających stany alarmowe na mareografach w Świnoujściu i Kołobrzegu, dobrze koreluje ze zwiększającą się w tym okresie długością erodowanych odcinków wybrzeża, wykazaną jako cofnięcie linii podstawy wydmy lub podnóża klifu. Na tej podstawie wysnuto wniosek, iż większa ilość wezbrań sztormowych przekraczających stan alarmowy skutkuje wydłużaniem erodowanych odcinków brzegu.

Przeprowadzona w pracy analiza przestrzenna zmian objętości materiału wyerodowanego z wydmy wykazała, że największa erozja następuje w sąsiedztwie budowli hydrotechnicznych takich jak opaski i falochrony portowe oraz na zakończeniu grupy ostróg.

Wykazano również, iż katastrofalne skutki powoduje seria następujących po sobie w krótkim okresie sztormów, występujących w odstępach 1-2 miesięcy, z których każdy kolejny, nawet o zbliżonych lub mniejszych parametrach hydrologicznych, powoduje znacznie większe straty na brzegu w postaci erozji wydmy i plaży. Zjawisko to było szczególnie widoczne w 1995 roku, kiedy na zachodnim wybrzeżu odnotowano 6 silnych sztormów. Pierwszy z nich wystąpił w styczniu, następnie dwa w marcu i jeden na początku kwietnia. Spowodowały one znaczną erozję brzegu. Kolejny sztorm odnotowano pod koniec sierpnia, ale największe straty na wybrzeżu przyniósł sztorm z początku listopada. Uzyskane wyniki stanowią potwierdzenie wpływu oddziaływania serii sztormów na wielkość erozji brzegu, opisaną przez O. Ferreira (2005) dla wybrzeży Atlantyku. Równocześnie, uzyskane wyniki jednoznacznie wykazują, że w przypadku analiz wielkości zmian brzegu konieczne jest uwzględnienie szerszego kontekstu zdarzeń, obejmującego dłuższy okres czasu, a nie jedynie ostatniego sztormu, który był bezpośrednią przyczyną erozji.

W pracy podkreślono również znaczenie przebiegu wezbrania sztormowego na kondycję i bezpieczeństwo brzegu, a w szczególności sposobu ucichania sztormu, kiedy ustaje niszczące oddziaływanie fal. Jeśli sztorm ucicha gwałtownie, nie następuje faza odbudowy brzegu. Wtedy kolejny sztorm powoduje większe zniszczenia. Jeśli sztorm ucicha powoli, w wyniku oddziaływania fal następuje odbudowa brzegu i jeśli faza ta trwa odpowiednio długo (również w okresach pomiędzy sztormami) tworzy się wał brzegowy i odbudowuje zniszczona plaża, a kolejny sztorm powoduje mniejsze zniszczenia. Fakt ten został odnotowany przez Musielaka już w 1978 roku, jednak wciąż brakuje badań eksperymentalnych i danych empirycznych, które pozwoliłyby na pełniejsze na określenie tych zależności.

W drugiej pracy ***Critical storm thresholds for the generation of significant dune erosion at Dziwnow Spit, Poland***, zawierającej udokumentowanie realizacji pierwszego (I) i części drugiego (II) zadania badawczego, przedstawiono wyniki analizy wpływu 32 znaczących, historycznych wezbrań sztormowych na wielkość erozji wydmy. Badania przeprowadzono dla Mierzei Dziwnowskiej aby sprawdzić czy istnieje różnicowanie w oddziaływaniu sztormu na brzegu naturalnym oraz chronionym zabudową hydrotechniczną.

W pracy tej przedstawiono przeprowadzoną po raz pierwszy, w tego typu badaniach, statystyczną analizę hierarchiczną Ward'a (Ward 1963) w celu wydzielenia grup sztormów, które powodują zróżnicowaną wielkość erozji wydmy. W wyniku tej analizy, przeprowadzonej osobno dla brzegu naturalnego i chronionego, wydzielono 3 grupy sztormów G1, G2 i G3. Następnie, do określenia progów wielkości erozji (storm thresholds) rozdzielających poszczególne grupy sztormów, zastosowano drzewa klasyfikacyjne (Breiman i in. 1984; Spruill i in. 2002; Scull i in. 2005). Dla każdej wydzielonej grupy sztormów określono log-liniową korelację pomiędzy wielkością wyerodowanej wydmy a poziomem wody określając również przybliżone wartości progowe dla dwóch parametrów: poziomu wody i wysokości fali znacznej.

Bazując na analizie wybranych parametrów sztormów historycznych (poziomu wody, wysokości i kierunku fali znacznej, czasu trwania i energii sztormu) zaobserwowano, że wezbrania o zbliżonych parametrach hydro-meteorologicznych mogą powodować erozję wydmy o zróżnicowanej wielkości na sąsiadujących odcinkach brzegu. Dodatkowo, w przypadku serii następujących po sobie w krótkich odstępach czasu sztormów, sztorm o mniejszych parametrach może skutkować znacznie większą erozją, niż w przypadku gdyby występował pojedynczo (co jest szczególnie widoczne w katastrofalnych skutkach serii z 1995 roku).

W pracy obliczono również współczynniki korelacji pomiędzy erozją wydmy na brzegu chronionym (Dziwnów) i naturalnym (Międzywodzie) a wybranymi parametrami sztormu.

Wykazano iż na wybrzeżu południowego Bałtyku największą korelację z wielkością erozji wydmy wykazuje położenie poziomu wody, a następnie wysokość fali znacznej. Słabszą korelację wykazuje kierunek fali znacznej, a czas trwania sztormu i energia sztormu nie korelują z wielkością erozji wydmy. Przeprowadzone analizy nie pozwoliły jednak na jednoznaczne stwierdzenie, że wielkość erozji zależy liniowo od wzrostu poziomu wody. Na podstawie uzyskanych wyników można natomiast jednoznacznie stwierdzić, że wielkość erozji wydm południowego Bałtyku determinuje kombinacja wielkości dwóch parametrów – poziomu wody i wysokości fali znacznej. Uzyskane wyniki pozwalają również na przypuszczenia, iż na wielkość erozji wpływają inne, nie uwzględnione w modelu WAM, z którego pochodzą dane, parametry takie jak fale długie. Również sposób przebiegu sztormu może odgrywać znaczącą rolę w wielkości erozji wydmy, a wykorzystane w badaniu wartości średnie i maksymalne nie oddają dobrze struktury sztormu i wskazane są dalsze badania nad tymi zagadnieniami.

W wydzielonych grupach sztormów zaobserwowano zróżnicowanie analizowanych parametrów, dla obszaru brzegu naturalnego i chronionego zabudową hydrotechniczną szczególnie widoczne w przypadku poziomu wody. Sztormy z niższym poziomem wody powodowały większe ubytki wydmy na obszarze chronionym. Na obszarze naturalnym wartości współczynnika korelacji poszczególnych analizowanych parametrów wykazały zależność hierarchiczną, od najważniejszego poziomu wody i poprzez kolejno wysokość fali znacznej, kierunek fali, energię sztormu i czas trwania sztormu, zaś na obszarze chronionym zabudową hydrotechniczną wartości współczynnika korelacji były do siebie zbliżone i niemożliwe było ustalenie hierarchii.

Zwrócono uwagę, że takie same parametry sztormu powodują większą erozję wydmy na brzegu chronionym, co świadczy o tym, że obecność budowli hydrotechnicznych przyczynia się do nasilenia erozji w ich sąsiedztwie i w efekcie brzeg chroniony jest narażony na większe zniszczenia niż brzeg naturalny.

Wykazano, że na wybrzeżu południowego Bałtyku, odnotowany w czasie sztormu poziom wody determinuje wielkość erozji wydmy. Takie same wyniki uzyskano dla wybrzeży Sefton Coast (Esteves i in. 2012), gdzie zwrócono jeszcze uwagę iż czas oddziaływania poziomu wody powyżej określonego progu również w sposób znaczący wpływał na wielkość erozji brzegu. Dla wybrzeży południowego Bałtyku ten parametr również może odgrywać istotną rolę, lecz z powodu braku danych nie mógł zostać wzięty pod uwagę w przeprowadzonych analizach. Jednak dalsze, bardziej szczegółowe badania prowadzone w tym kierunku, powinny uwzględnić zmienność parametrów hydro- i meteorologicznych w czasie sztormu.

Trzeci artykuł przedstawianego cyklu ***Dune erosion as a result of the significant storms at the western Polish coast (Dziwnow Spit example)***, stanowi kontynuację i rozszerzenie wcześniejszych badań i dokumentuje realizację pierwszego (I) i drugiego (II) zadania badawczego.

Przedstawione powyżej wyniki uzyskane w pierwszej i drugiej publikacji cyklu oraz wcześniejsze badania wykazujące bardzo duże przestrzenne zróżnicowanie wielkości erozji (Dudzińska-Nowak 2006, Dudzińska-Nowak 2006a), skłoniły do przeprowadzenia dalszych, bardziej szczegółowych badań nad wpływem wybranych parametrów sztormu na wielkość erozji wydmy. Ich celem było określenie wagi wybranych parametrów sztormu na wielkość erozji wydmy na poszczególnych jednokilometrowych odcinkach brzegu. Na potrzeby badań



przyjęto założenie, że sztorm znaczący, niezależnie od parametrów hydro-meteorologicznych, powoduje znaczną erozję wydmy. Na tej podstawie wybrano 32 znaczące, historyczne wezbrania sztormowe, dla których obliczono korelacje pomiędzy wielkością erozji wydmy (wyrażoną w m<sup>3</sup>) a wysokością fali znacznej, poziomem wody, czasem trwania sztormu, kierunkiem fali znacznej i energią sztormu osobno dla każdego kilometra brzegu.

Następnie, analogicznie jak w poprzednim artykule, zastosowano statystyczną analizę hierarchiczną Ward'a (Ward 1963) w celu wydzielenia grup sztormów, uwzględniając wielkość erozji wydmy, osobno dla każdego kilometra brzegu. Do określenia progów wielkości erozji (storm thresholds) rozdzielających wydzielone grupy sztormów zastosowano drzewa klasyfikacyjne (Breiman i in. 1984; Spruill i in. 2002; Scull i in. 2005).

Dla większości jednokilometrowych odcinków brzegu wydzielono 3 grupy sztormów (G1, G2 i G3) i wyznaczono wartości progowe pomiędzy nimi, jednak dla kilometrów 396, 394, 388 i 385 (czyli dwóch skrajnych gdzie występuje klif, odcinka przy ciężkiej opasce i 394) wydzielono jedynie 2 grupy (G1&2 i G3), a dla kilometra 393 wydzielenie wartości progowych okazało się niemożliwe. Wartości progowe pomiędzy grupami sztormów G1 i G2 dla poszczególnych kilometrów były do siebie zbliżone i wyniosły od 181,5 do 575 m<sup>3</sup>/km, zaś wartości rozdzielające grupy G2 i G3 różniły się znacząco osiągając wartości od 884 do 4069 m<sup>3</sup>/km.

Wartości współczynników korelacji pomiędzy objętością wyerodowanej wydmy i wybranymi parametrami sztormu wykazały zróżnicowanie na poszczególnych kilometrach brzegu. Na większości odcinków największą wartością współczynnika korelacji odznaczał się poziom wody, osiągając najwyższe wartości w zachodniej, „naturalnej” części obszaru (392-398 km) i nieznacznie niższe we wschodniej, „chronionej” części (391-385 km). Jedynie na odcinku pomiędzy ciężką opaską i falochronem (389-390) wpływ poziomu wody okazał się relatywnie mały. Niewiele niższą wartość osiągnął współczynnik korelacji wysokości fali znacznej, jednak w jego przypadku, nieznacznie większe wartości odnotowano we wschodniej, „chronionej” części obszaru. Podobnie jak w przypadku poziomu wody, na odcinku pomiędzy opaską ciężką i falochronem zaobserwowano obniżenie jego wartości. Na tym odcinku (389-390 km) kluczowym parametrem okazał się kierunek fali, w przypadku którego współczynnik korelacji osiągnął najwyższe wartości. Nie wykazano korelacji pozostałych parametrów z wielkością erozji wydmy. Jedynie warto odnotować fakt, że czas trwania sztormu wykazał większe wartości przy falochronach ujściowych (391 km) i na skrajnie zachodnim odcinku, gdzie występuje brzeg klifowy (398 km).

Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, iż w przypadku sztormów znaczących, na wielkość erozji wydmy południowego wybrzeża Bałtyku, największy wpływ ma wielkość spiętrzenia czyli odnotowany poziom wody, następnie wysokość fali znacznej i kierunek fali znacznej. Wykazano znaczne zróżnicowanie wartości współczynników korelacji poszczególnych parametrów na brzegu naturalnym i chronionym zabudową hydrotechniczną. Na brzegu naturalnym widoczna jest wyraźnie hierarchia poszczególnych parametrów. Największe wartości przyjmuje współczynnik korelacji poziomu wody, następnie wysokości fali i konsekwentnie kierunku fali. Natomiast na brzegu chronionym hierarchia jest widoczna w przypadku kierunku fali, zaś wartości współczynników korelacji poziomu i wysokości fali są do siebie zbliżone. Może to być wynikiem oddziaływania budowli hydrotechnicznych, w pobliżu których już przy niższym poziomie wody zachodzi intensywna erozja. Specyficzna sytuacja zachodzi na odcinku brzegu pomiędzy falochronami portowymi i ciężką opaską, gdzie kolejność wagi poszczególnych parametrów jest odwrócona, gdyż

największą korelację wykazał kierunek fali znacznej, następnie wysokość fali znacznej i poziom wody, co również potwierdza fakt silnego oddziaływania budowli hydrotechnicznych, które zaburzają naturalny przebieg procesów brzegowych.

Czwartą pozycją prezentowanego cyklu publikacji jest monografia pt.: **Metody ochrony zachodniego wybrzeża Polski i ich wpływ na zmiany brzegu w latach 1938-2011** wydana przez Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, która zawiera wyniki potwierdzające realizację trzeciego zadania badawczego. Znane z literatury i potwierdzone w badaniach silne oddziaływanie budowli hydrotechnicznych na przebieg procesów zachodzących w strefie brzegowej stało się motywacją do bardziej precyzyjnego określenia ich wpływu na długookresowe zmiany brzegu. Zagadnienie to zostało szczegółowo opisane w omawianej monografii, w której przeanalizowano wielkość zmian brzegu zachodniego wybrzeża Polski (na odcinku od Świnoujścia do Dźwirzyna) określoną, za pomocą metod teledetekcyjnych na podstawie zdjęć lotniczych, w kontekście oddziaływania stosowanych na przestrzeni lat budowli i zabiegów hydrotechnicznych.

Przedstawione w opracowaniu wyniki jednoznacznie wykazały, że każda ingerencja w strefie brzegowej, zarówno posadowienie budowli hydrotechnicznych, jak i przeprowadzenie zabiegów ochronnych, wpływa na modyfikację przebiegu naturalnych procesów hydro-, morfo- i litodynamicznych, czego efektem są obserwowane większe zmiany linii podstawy wydmy lub klifu w ich sąsiedztwie.

Przeprowadzone na badanych obszarach analizy wpływu stosowanych w przeszłości i obecnie metod ochrony brzegu w odniesieniu do obserwowanych zmian brzegu pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Pogłębienie ujść rzecznych w celu dostosowania do wymogów żeglugi oraz ich umocnienie za pomocą falochronów portowych powoduje przerwanie wzdłużbrzegowego potoku rumowiska oraz wpływa na zmniejszenie dostaw sedymentów transportowanych rzekami do strefy brzegowej. W efekcie po doprądowej stronie konstrukcji następuje wymuszona akumulacja osadów, zaś po zaprądowej w wyniku niedoboru osadów powstają zatoki erozyjne. Dodatkowo w czasie sztormów przy falochronach następuje spiętrzenie wody i w efekcie silnego wymywania rzędna plaży ulega znacznemu obniżeniu. Na zachodnim wybrzeżu Polski negatywny wpływ falochronów portowych na brzeg obserwowany jest w postaci erozji przyległych odcinków o długości około 3 km. Uzyskane wyniki są zbliżone do wartości podawanych przez I. Semrau (1990) na podstawie badań przeprowadzonych na środkowym i wschodnim Wybrzeżu. Zdecydowanie jednak odbiegają od nich, jeśli chodzi o długość odcinków wymuszonej akumulacji, które na zachodnim Wybrzeżu nie przekraczają 200 m w bezpośrednim sąsiedztwie budowli, co może być wynikiem niedoboru sedymentów i odmiennego charakteru analizowanych obszarów.

2. Negatywny wpływ systemów ochrony brzegu (składających się z grupy ostróg i opasek brzegowych) w postaci zatok erozyjnych na skraju konstrukcji zauważalny jest na odcinkach dochodzących do 4 km, czyli zdecydowanie dłuższych niż podawane przez I. Semrau (1990) dla środkowego i wschodniego Wybrzeża (1,5–2,0 km).

3. Najskuteczniejszą ochronę brzegu, ale równocześnie największe skutki uboczne generują ciężkie umocnienia brzegowe – opaski w postaci betonowego muru oporowego, tzw. opaski ciężkie. Wprawdzie powstrzymują one cofanie brzegu bezpośrednio w miejscu ich posadowienia, jednak przyczyniają się do wzmożonej erozji w sąsiedztwie konstrukcji (link side effect). W efekcie, zabezpieczając fragment brzegu, przesuwiają zagrożenie erozją na przyległe do nich obszary. Powodują również intensywną erozję podbrzeża oraz zanikanie plaży przed konstrukcją wskutek silnych prądów odbrzgowych.

4. Mało skutecznym sposobem ochrony okazały się lekkie opaski palisadowe wypełnione blokami betonowymi ułożonymi na faszynie. Większość z nich bardzo szybko uległa zniszczeniu. Dodatkowo przyczyniały się one do erozji brzegu, gdyż w czasie sztormu na zapleczu budowli powstawały bardzo silne prądy, które powodowały wymycie materiału piaszczystego, co przy ich znacznej długości (średnio około 1000 m) oznaczało duże ubytki plaży.

5. Opaski okładzinowe z gwiazdobloków i piramidek Kardzisa układane u podstawy wydmy lub podnóża klifu stanowią skuteczne zabezpieczenie w przypadku niezbyt silnych sztormów i nie powodują silnego rozmywania brzegu na skraju budowli (link side effect). Jednak nie zabezpieczają one przed erozją w przypadku silnych sztormów, co wymusza okresowe przenoszenie i ponowne układanie gwiazdobloków u podstawy wydmy/klifu wraz z cofaniem się brzegu w wyniku erozji.

6. Pozytywne oddziaływanie ostróg na brzeg objawiające się poprawą kondycji plaży widoczne jest jedynie w pierwszym okresie po ich wybudowaniu. W następnych latach nie obserwuje się zwiększenia szerokości plaży w wyniku akumulacji materiału przemieszczanego wzdłuż brzegu. Przy dostatecznym nasyceniu potoku rumowiska w strefie brzegowej obserwowane jest utrzymanie plaży. Jednocześnie systemy ostróg powodują powstawanie obszarów erozyjnych na zakończeniach grupy budowli, a czasami nawet w obrębie chronionego odcinka.

7. Jediną metodą ochrony brzegu, która nie powoduje negatywnej reakcji brzegu w postaci erozji na sąsiednich odcinkach, jest sztuczne zasilanie. Zabieg ten nie wpływa też znacząco na zaburzenie składu taksonomicznego i struktury dominacji oraz zagęszczenia meiofauny. Jak wynika z badań przeprowadzonych w Orłowie (Zatoka Gdańska) przez A. Rodzeń (2008), plaże na których zastosowano zabieg sztucznego zasilania, już w pierwszych tygodniach po wykonanej refulacji nie odbiegają od danych literaturowych opisujących naturalne, niezaburzone plaże strefy umiarkowanej.

8. Wpływ budowli hydrotechnicznych na położenie linii podstawy wydmy/podnóża klifu zachodniego wybrzeża Polski w latach 1938–2011 widoczny jest w postaci:

- a) sukcesywnego wydłużania odcinków brzegu chronionego w wyniku zwiększania długości odcinków brzegu ulegającego erozji wskutek link side effect;
- b) zwężenia, obniżenia, a nawet zaniku plaż u podnóża „ciężkich” umocnień w wyniku oddziaływania fal odbitych od konstrukcji;
- c) erozji brzegu w wyniku wymywania zaplecza „lekkich” opasek palisadowych z wypełnieniem blokami betonowymi.

9. Stwierdzono znacznie większą erozję brzegu w sąsiedztwie budowli ochronnych niż na silnie abradowanych brzegach naturalnych, co zostało również zaobserwowane na innych obszarach (Mason i in. 2012).

W świetle uzyskanych wyników można stwierdzić, że ingerencja hydrotechniczna wpływa w sposób trwały i znaczący na przebieg procesów zachodzących w strefie brzegowej oraz na tempo niszczenia brzegów. Należy podkreślić zaobserwowany na przestrzeni 74 lat negatywny wpływ ciężkich budowli hydrotechnicznych i systemów ostróg w postaci nasilania zjawisk erozyjnych w sąsiedztwie budowli (link side effect) oraz pozytywny efekt stosowania mniej inwazyjnych metod ochrony, takich jak sztuczne zasilanie brzegu. Charakter, zasięg i wielkość zmian powstałych w wyniku zarówno bezpośredniego, jak i pośredniego oddziaływania budowli hydrotechnicznych powinien być przedmiotem dalszych wnikliwych badań, gdyż poznanie tych zależności może wpłynąć w przyszłości na skuteczne przeciwdziałanie jego negatywnym skutkom.

Piąta publikacja omawianego cyklu *Volumetric changes of the of the Pleistocene cliff coast in 2008-2012 based on DTM from airborne laser scanning (Wolin Island, southern Baltic Sea)* zawiera wyniki potwierdzające realizację czwartego (IV) i części piątego (V) zadania badawczego. Celem przeprowadzonych badań było precyzyjne określenie wielkości, struktury i przestrzennego rozmieszczenia zmian zachodzących w strefie brzegowej w powiązaniu z hydrodynamicznymi czynnikami sprawczymi w odniesieniu do uwarunkowań geologicznych i geomorfologicznych. Wykorzystano 4 serie danych z lat 2008-2012 uzyskanych za pomocą aktywnych technik teledetekcyjnych – lotniczego skanowania laserowego (Airborne Laser Scanning - ALS) dla nabrzeża oraz z echosondy dla podbrzeża.

Wykazano przewagę technologii ALS nad tradycyjnymi pomiarami geodezyjnymi w badaniach procesów morfodynamicznych, dzięki którym uzyskano wielkość i przestrzenny rozkład zmian brzegu, niemożliwy do uzyskania z pomiarów w profilach.

Określono wielkość i przestrzenne rozmieszczenie zmian brzegu i podbrzeża. Wyróżniono trzy obszary znacznych zmian: dwa zlokalizowane w miejscu aktywnych osuwisk i jeden w zachodniej części. Ponadto wykazano duże zróżnicowanie zarówno wielkości zmian jak i ich rozmieszczenia w kolejnych okresach. W latach 2008-2009, gdy odnotowano najmniej wezbrań sztormowych zmiany zachodziły głównie w obrębie plaży i dolnej partii klifu. W okresie 2009-2011, gdy przed rejestracją ALS odnotowano serię 8 bardzo silnych sztormów, odnotowano największe zmiany brzegu z ujemnym bilansem osadów, które dotyczyły głównie górnej części klifu w wyniku powstania osuwisk wskutek erozji powierzchni plaży i dolnej partii klifu co spowodowało utratę stabilności zbocza. Okres 2011-2012 charakteryzował się największą objętością przemieszczonego materiału i dodatnim bilansem osadów. Zmiany erozyjne zaobserwowano w górnej partii klifu, zaś akumulacyjne głównie na plaży i jako koluwium z osuwisk w dolnej partii klifu. W tym okresie odnotowano serię silnych sztormów w czasie 1 miesiąca, ale rejestracja ALS nastąpiła dopiero 6 miesięcy od ostatniego sztormu i w tym czasie nastąpiła zaobserwowana odbudowa plaży.

Rezultaty potwierdziły wcześniejsze wyniki badań na temat roli poszczególnych czynników powodujących erozję na wybrzeżu południowego Bałtyku, wskazując wzrost poziomu morza w czasie sztormu oraz wystąpienie w krótkim okresie czasu serii sztormów, jako te, które powodują największe objętościowe zmiany brzegu zarówno w nadwodnej jak i podwodnej jego części.

Potwierdzono również wpływ oddziaływania serii sztormów na zmiany podbrzeża na większych głębokościach. W okresach 2008-2009 i 2009-2010, kiedy występowały pojedyncze silne wezbrania z poziomem przekraczającym 600 m, zmiany profili podbrzeża obserwowano do głębokości 2-3 m, zaś w okresach 2010-2011 i 2011-2012, kiedy odnotowano serie silnych sztormów w krótkich okresach czasu, odpowiednio 8 (w okresie 3 miesięcy) i 12 wezbrań sztormowych (w tym 3 bardzo silne w okresie 1 miesiąca), zmiany profili były widoczne do głębokości 5-6 m. Długie okresy bez silnych sztormów w widoczny sposób przyczyniły się do odbudowy profilu podbrzeża.

W aspekcie zachodzących zmian klimatycznych, obserwowanego na południowym Bałtyku wzrostu ilości i intensywności wezbrań sztormowych oraz deficytu osadów w strefie brzegowej, opracowana metodyka określania wielkości i przestrzennego rozmieszczenia objętościowych zmian brzegu, za pomocą nowoczesnych zdalnych metod tj. ALS, ma duże znaczenie praktyczne, szczególnie przy określaniu bilansu osadów biorących udział w procesach brzegowych. Ma to szczególne znaczenie w szeroko zdefiniowanym bezpieczeństwie brzegu.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wykazały, że ze względu na duże zróżnicowanie zarówno wielkości jak i przestrzennego rozmieszczenia zmian morfodynamicznych sąsiednich odcinków brzegu, widocznych nawet w krótkich okresach czasu (5 lat) dla efektywnego zarządzania strefą brzegową bardzo ważny jest regularny, powtarzalny, prowadzony przez długi okres czasu monitoring wykorzystujący aktywne techniki teledetekcyjne oraz analizy przestrzenne GIS.

Podsumowaniem cyklu publikacji przedkładanych jako osiągnięcie habilitacyjne jest praca ***Morphodynamic processes of the Swina Gate coastal zone development (southern Baltic Sea)***, która zawiera potwierdzenie realizacji piątego zadania badawczego (V). Praca jest rozwinięciem moich wcześniejszych badań nad określeniem tendencji rozwoju wybrzeży za pomocą metod teledetekcyjnych. Podjęto w niej próbę holistycznego ujęcia morfodynamiki brzegu poprzez opisanie specyficznych zależności pomiędzy zmiennością wybranych elementów strefy brzegowej i przebiegu procesów morfodynamicznych determinujących tendencje rozwoju wybrzeży południowego Bałtyku.

Celem badań było określenie na podstawie zdjęć lotniczych, wielkości i tempa zmian linii podstawy wydmy (DBL), szerokości plaży (WB) i szerokości strefy rew (WUBZ) oraz zachodzących pomiędzy nimi interakcji w okresach 1938-1951, 1951-1973, 1973-1996 i 1996-2012 przy uwzględnieniu uwarunkowań takich jak: orientacja brzegu, wysokość podstawy wydmy, średnia szerokość plaży w danym okresie i nachylenie plaży. Określona w ten sposób przestrzenna i czasowa zmienność analizowanych parametrów strefy brzegowej następnie została odniesiona do wybranych oddziałujących czynników takich jak średnie miesięczne poziomy wody w badanych okresach, wezbrania sztormowe, parametry falowania oraz obecność i oddziaływanie budowli hydrotechnicznych.

Pomimo, że do badań wybrano obszar jednorodny pod względem uwarunkowań geomorfologicznych i geologicznych oraz tendencji rozwoju brzegu, w wyniku przeprowadzonych analiz wykazano występowanie znacznego zróżnicowania obserwowanych na nim efektów procesów morfodynamicznych. Wielkość i tempo zmian analizowanych wskaźników oraz zaobserwowane współzależności wynikające z lokalnych geomorfologicznych uwarunkowań wykazały pewne korelacje, lecz nie były one widoczne we wszystkich analizowanych okresach. Korelacja pomiędzy DBL a orientacją brzegu, wysokością podstawy wydmy, szerokością i nachyleniem była widoczna w latach 1938-1951 i 1996-2012, kiedy zmiany linii podstawy wydmy przekraczały 2 m/r. Korelacji nie odnotowano w okresach 1951-1973 i 1973-1996, kiedy zmiany DBL były mniejsze niż 2 m/r.

Zaobserwowane czasowe zróżnicowanie badanych zależności było na tyle duże, że na tym etapie badań nie pozwoliło na określenie prawidłowości rozwoju strefy brzegowej. Postawiono więc hipotezę, która mówi, że przyczyną tak znacznego zróżnicowania i braku korelacji pomiędzy badanymi wskaźnikami w latach 1951-1973 i 1973-1996 jest zróżnicowana siła oddziaływania czynników sprawczych.

Hipoteza ta była testowana w odniesieniu do tempa zmian poziomu wody, ekstremalnych poziomów wody odnotowanych w czasie wezbrań sztormowych oraz reżimu falowego. Ze względu na fakt, iż w badanym okresie wybudowano sięgający 2 km w morze falochron osłonowy Gazoportu, przeanalizowano również wpływ budowli hydrotechnicznych na zmiany brzegu.

Na podstawie średnich miesięcznych stanów wody zarejestrowanych przez mareograf w Świnoujściu określono tempo zmian poziomu wody w badanych okresach i skorelowano je z wielkością zmian brzegu. Stwierdzono, że większe zmiany zarówno linii podstawy wydmy, jak i szerokości plaży oraz szerokości strefy rew, odnotowano w okresach 1938-1944 i 1996-

2012, gdy poziom wody wzrastał szybciej, odpowiednio 1,01 mm/r i 0,56 mm/r. W okresach 1951-1973 i 1973-1996 gdy tempo wzrostu poziomu wody było zdecydowanie mniejsze i wynosiło 0,2 mm/r i 0,22 mm/r, analizowane wskaźniki zmieniały się w zdecydowanie mniejszym zakresie i nie wykazywały korelacji w odniesieniu do badanych uwarunkowań: orientacji brzegu, wysokości podstawy wydmy oraz nachylenia i szerokości plaży. Wykazana różnorodność tempa zmian poziomu wody w analizowanych okresach jednoznacznie potwierdziła jego wpływ na przebieg procesów morfodynamicznych na brzegu.

Widoczne w uzyskanych wynikach, szczególnie w latach 1938-1996, wyraźne osłabienie tendencji akumulacyjnych brzegu wynika również z wydłużenia okresu oddziaływania wezbrań sztormowych w ciągu roku oraz ze zwiększenia ich ilości, najwyraźniej widocznego w przypadku stanów wysokich i ekstremalnych, przekraczających poziom alarmowy >580 cm oraz >600 cm. Dostępne dane na temat wezbrań sztormowych ([Wiśniewski i Wolski 2008](#), [Kowalewska-Kalkowska 2012](#)) oraz poziomy z mareografu w Świnoujściu uzyskane z Urzędu Morskiego w Szczecinie, pozwoliły na przeprowadzenie analizy dla okresu 1951-2012. Jednoznacznie wykazano, potwierdzony również w innych opracowaniach ([Sztobryn i in. 2005](#)) wzrost ilości wezbrań sztormowych oraz zmianę ich charakteru w odniesieniu do zarejestrowanego maksymalnego poziomu wody. W okresie 1951-2012 na mareografie w Świnoujściu odnotowano łącznie 281 wezbrań sztormowych przekraczających poziom ostrzegawczy 560 cm, z czego 52 w latach 1951-1973, 110 w latach 1973-1996 i 119 w latach 1996-2012. W okresie 1951-1973, połowę odnotowanych wezbrań sztormowych (26) stanowiły wezbrania z przekroczonym poziomem alarmowym 580 cm, w tym 13 było bardzo silnych z poziomem >600 cm. W kolejnym okresie 1973-1996, ilość wezbrań powyżej stanu ostrzegawczego (560 cm) uległa prawie podwojeniu (46), a ilość wezbrań powyżej stanu alarmowego zwiększyła się aż trzykrotnie do 66, z czego prawie jedną trzecią (23) stanowiły stany ekstremalne przekraczające 600 cm. W okresie 1996-2012 ilość wezbrań sztormowych przekraczających stan ostrzegawczy wzrosła do 66 i była prawie trzykrotnie większa niż w latach 1951-1973. Ilość wezbrań przekraczających stan alarmowy była nieznacznie mniejsza niż w okresie 1973-1996 i wyniosła 53, zaś ilość stanów ekstremalnych >600 cm pozostała na tym samym poziomie.

Oddziaływanie wezbrań sztormowych na zmiany brzegu jest wyraźnie widoczne we wszystkich analizowanych okresach a ich struktura determinuje strefę oddziaływania. Przy przewadze wezbrań z niższym poziomem <580 cm, kiedy fale nie docierają do podstawy wydmy, zmiany bardziej widoczne są w podbrzeżu, jak w latach 1996-2012, kiedy odnotowano zwężenie szerokości strefy rew i przyrost wydmy. W okresie 1973-1996, kiedy odnotowano największą ilość silnych wezbrań z poziomem wody przekraczającym 580 cm i 600 cm, na brzegu zaobserwowano najmniejszą akumulację i największą ze wszystkich okresów erozję wydmy.

Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że wzrastająca ilość wezbrań sztormowych jest przyczyną zmniejszenia akumulacji, wyrażoną w szczególności konsekwentnie malejącymi w kolejnych latach przyrostami wydmy. Przyczyny tego zjawiska można byłoby upatrywać również w oddziaływaniu falochronów portowych, jednak zostały one wybudowane na przełomie XIX i XX wieku, czyli ok. 40 lat przed pierwszą analizowaną rejestracją i ze względu na lokalizację w strefie konwergencji potoków rumowiska stanowią głównie przyczynę wymuszonej akumulacji w wyniku procesu tzw. zapętniania kąta wyjściowego. W związku z tym, bardziej prawdopodobną przyczyną obserwowanego osłabienia akumulacji było stopniowe zmniejszanie ilości materiału transportowanego wzdłuż brzegu lub zwiększanie wpływu czynników, które powodują wynoszenie materiału ze

strefy brzegowej na większe głębokości i jego depozycji poza tzw. closure depth, gdzie zanika transport osadów. Zarejestrowana w ostatnim okresie (1996-2012) akumulacja może być również efektem oddziaływania serii sztormów, w wyniku którego w Bramie Świny nastąpiła depozycja materiału pochodzącego z erozji sąsiednich odcinków wybrzeża. Istotnym elementem decydującym o przebiegu procesów erozji i akumulacji w czasie sztormu, na co zwrócił już uwagę S. Musielak (1978), jest charakter wezbrania wyrażony przebiegiem i długością poszczególnych faz sztormu. Jednak ze względu na brak tak szczegółowych danych pomiarowych, tego typu analiza nie mogła zostać przeprowadzona w niniejszych badaniach. Jednak uzyskane wyniki jednoznacznie potwierdziły potrzebę prowadzenia dalszych szczegółowych badań w kierunku wpływu poszczególnych faz sztormu na zmiany brzegu.

Prawidłowości zmienności analizowanych parametrów morfodynamiki brzegu próbowano odnaleźć również w zapisie wybranych parametrów falowania, a w szczególności w zróżnicowaniu wysokości i kierunku fali znacznej. Jednak w przypadku południowego Bałtyku, znacznym utrudnieniem, które wpływa również na zmniejszenie dokładności analizy, jest brak długich serii danych pomiarowych falowania. Jedyne dostępne dane zostały opracowane w wyniku modelowania numerycznego na podstawie danych atmosferycznych również pochodzących z modeli numerycznych (Cieślikiewicz i Paplińska-Swerpel 2008, Zhang i in. 2013, Deng i in. 2014). Jednak żadna z tych serii nie obejmuje całego analizowanego okresu.

Zmienność parametrów falowania przeanalizowałam na podstawie numerycznych danych modelowych wygenerowanych dla okresu 1950-2010 (Zhang i in. 2015). Dla całego spektrum falowego nie zaobserwowano znaczącego zróżnicowania, które mogłoby tłumaczyć zróżnicowanie wielkości zmian brzegu, w reżimie falowym pomiędzy okresami 1950-1972, 1973-1995 i 1996-2010. Jednak analiza przeprowadzona dla fal sztormowych ( $H_s > 1$  m), szczególnie dla fali znacznej  $H_s > 2.5$  m, wykazała zróżnicowanie kierunków propagacji fali w analizowanych okresach. W okresie 1996-2010 odnotowano większy udział fal z sektora północnego i północno-wschodniego (N, NNE i NE) oraz mniejszy udział fal z kierunku ENE niż w okresach 1950-1972 i 1973-1996. Podobne zróżnicowanie kierunku propagacji fali znacznej pomiędzy okresami, wykazała również analiza falowania podczas wezbrań sztormowych. W okresie 1996-2010, dla fali znacznej o wysokości pomiędzy 3-4 m odnotowano większy udział fal z kierunków NNE i NE, zaś dla fali znacznej o wysokości pomiędzy 1.25-1.5 m, odnotowano większy niż w poprzednich okresach udział falowania z kierunków W, WNW i WSW. Pomimo faktu, iż zaobserwowana zmiana kierunków propagacji fal pomiędzy analizowanymi okresami dotyczy procentowo niewielkiego zakresu spektrum falowego, i może wydawać się mało znaczącą przyczyną czasowego i przestrzennego zróżnicowania zmian obserwowanych na brzegu, to badania reżimu falowego przeprowadzone dla wybrzeża litewskiego (Kelpsaite i in. 2011) jednoznacznie wykazały, że nawet relatywnie niewielkie i statystycznie nieistotne długookresowe zmiany kierunku falowania mogą wpływać na zróżnicowanie wielkości i rozmieszczenia obserwowanych zmian w strefie brzegowej. Brak danych falowych obejmujących cały analizowany okres stanowi dużą przeszkodę w uzyskaniu bardziej szczegółowych wyników dla południowego Bałtyku, jednak zaobserwowana zmienność i potwierdzone w innych obszarach Morza Bałtyckiego zależności, uzasadniają wagę tego typu analiz i wyznaczają kierunek rozszerzenia badań nad powiązaniem parametrów falowania z morfodynamiką strefy brzegowej w przyszłości.

W obrazie zmienności analizowanych parametrów strefy brzegowej bardzo wyraźnie widoczny jest wpływ oddziaływania budowli hydrotechnicznych, modyfikujących przebieg procesów morfodynamicznych. Wyraźnie można wyróżnić dwa rodzaje brzegu, w obrębie

których wielkość zmian wszystkich parametrów znacznie się różni. W rejonie, zabezpieczonego falochronami portowymi ujścia Świny, wielkość zmian wszystkich analizowanych parametrów jest znacznie większa, niż na wschodnim i zachodnim skraju obszaru badań. Większe przyrosty brzegu w tym obszarze są skutkiem istnienia strefy konwergencji potoków rumowiska gdzie zachodzi depozycja osadów, transportowanych wzdłuż brzegu zarówno z kierunku zachodniego jak i wschodniego. Obserwowane w tym obszarze przyrosty brzegu są znaczne i rzadko spotykane na innych odcinkach zachodniego wybrzeża Polski. Tak znaczna akumulacja osadów jest wynikiem oddziaływania falochronów portowych, które blokują swobodny transport osadów i powodują wymuszoną ich depozycję tzw. wypełnianie kąta wejściowego. Mechanizm ten, jest szczególnie dobrze widoczny w ostatnim okresie 1996-2012, kiedy to zaobserwowano znaczne przyrosty DBL w sąsiedztwie nowo wybudowanego falochronu osłonowego Terminalu LNG.

Równocześnie, w badanych okresach odnotowano też negatywne oddziaływanie falochronów portowych, które w czasie silnych wezbrań sztormowych, powodują spiętrzenie wody i powstawanie silnych prądów spływowych skutkujących erozją wydmy i plaży. Efekt ten jest bardzo widoczny w latach 1973-1996 w bezpośrednim sąsiedztwie zachodniego falochronu, gdzie nastąpiło cofnięcie nawet o 20 m DBL w wyniku erozji wydmy, w sąsiedztwie wschodniego falochronu odnotowano znacznie mniejsze przyrosty WB niż dalej w kierunku wschodnim, a po obu stronach ujścia Świny odnotowano mniejsze o 40 m przyrosty WUBZ. Zmniejszenie przyrostów WB w bezpośrednim sąsiedztwie falochronów portowych jest również widoczne w latach 1938-1951 i 1951-1973, kiedy to zaobserwowano silną akumulację DBL. W okresie 1996-2012 w bezpośrednim sąsiedztwie zachodniego falochronu również zaobserwowano znacznie mniejsze przyrosty DBL, niż dalej w kierunku zachodnim.

Największy wpływ budowli hydrotechnicznych na zmiany brzegu odnotowano w rejonie falochronów portowych, ale jest on również widoczny w rejonie posadowienia ostróg przy przystani rybackiej w Międzyzdrojach, w postaci większych przyrostów plaży w latach 1951-1973 i 1973-1996.

Wykazane w badaniach znaczne przestrzenne i czasowe zróżnicowanie wielkości zmian zachodzących na sąsiednich, jednorodnych pod względem uwarunkowań geomorfologicznych i geologicznych oraz tendencji rozwoju brzegu odcinkach brzegu, zwraca uwagę na fakt jak istotny jest właściwy wybór punktów reprezentatywnych, na podstawie których prognozowana jest wielkość zmian brzegu. Nie mniej istotny od lokalizacji, jest też właściwy dobór okresu obserwacji, co potwierdza wykazana w badaniach duża zmienność efektów procesów morfodynamicznych w analizowanych okresach. Wybór przypadkowego miejsca i zbyt krótkiego okresu obserwacji, który nie uwzględnia zmienności warunków hydrometeorologicznych, może obarczyć prognozę dużym błędem i stanowić potencjalne zagrożenie dla planowanej w tych miejscach infrastruktury.

## **Podsumowanie**

Zaprezentowane powyżej wyniki badań zawarte w publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe pt.: „Uwarunkowania, czynniki i procesy morfodynamicznego rozwoju strefy brzegowej południowego Bałtyku w świetle badań teledetekcyjnych” stanowią w mojej ocenie znaczący, nowy wkład w badaniach nad rozwojem i morfodynamiką wybrzeży Morza Bałtyckiego. Opracowana i zastosowana metodyka ma charakter uniwersalny i pomimo lokalnego obszaru badan może z powodzeniem zostać wykorzystana do analiz zmienności i rozwoju wybrzeży innych bezpływowch mórz szelfowych.



Za szczególnie istotne w przeprowadzonych przeze mnie pracach uważam podjęcie badań nad oddziaływaniem wezbrań sztormowych na brzeg, w tym:

- (1) wpływu serii sztormów na wielkość zmian zachodzących w strefie brzegowej;
- (2) określenie korelacji pomiędzy objętością wyerodowanej wydmy a wybranymi parametrami hydrologicznymi podczas ekstremalnych wezbrań sztormowych;
- (3) wykazanie znacznego przestrzennego i czasowego zróżnicowania wielkości zmian zachodzących na jednorodnych pod względem geologicznym i geomorfologicznym odcinkach brzegu;
- (4) określenie wpływu budowli i zabiegów hydrotechnicznych, modyfikujących procesy zachodzące w strefie brzegowej, na wielkość obserwowanych zmian brzegu;
- (5) opracowanie metodyki określania wielkości objętościowych zmian brzegu na podstawie danych teledetekcyjnych pozyskiwanych w ramach monitoringu brzegu;
- (6) opisanie zależności pomiędzy zmiennością wybranych elementów strefy brzegowej a przebiegiem procesów morfodynamicznych, determinujących rozwój wybrzeży południowego Bałtyku.

Omówione powyżej osiągnięcie habilitacyjne ma też aspekt praktyczny. Uzyskane wyniki mogą zostać bezpośrednio wykorzystane w zarządzaniu strefą brzegową przez organy administracji lokalnej i rządowej a opracowana metodyka analizy zmian objętościowych brzegu może zostać zaimplementowana przez Urzędy Morskie do oceny stanu brzegu w ramach prowadzonego przez nie monitoringu.

#### Referencje:

1. Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A., and Stone, C.J., 1984. Classification and regression trees. Wadsworths and Brooks, Monterey.
2. Cieślakiewicz, W., and Paplińska-Swempel, B., 2008. A 44-year hindcast of wind wave fields over the Baltic Sea. *Journal of Coastal Engineering*, 55, 894-905.
3. Deng J., Zhang W., Harff J., Schneider R., Dudzińska-Nowak J., Terefenko P., Giza A., Furmanczyk K., 2014. A numerical approach to approximate the historical morphology of wave-dominated coasts - a case study of the Pomeranian Bight, southern Baltic Sea. *Geomorphology*, 204, 425-443. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.08.023>.
4. Dudzińska-Nowak, J., 2006. Coastline Long-term Changes of the Selected Area of the Pomeranian Bay. In: TUBIELEWICZ, A. (Ed.), Coastal Dynamic, Geomorphology and Protection. Gdańsk Univ. of Technology, Gdańsk, 163-170.
5. Dudzińska-Nowak, J., 2006a. Zmiany morfologii jako wskaźnik tendencji rozwojowych brzegu. Szczecin, Poland: University of Szczecin, Ph.D. thesis, 225.
6. Esteves, L.S., Brown, J.M., Williams, J.J., Lymbery, G., 2012. Quantifying thresholds for significant dune erosion along the Sefton Coast. Northwest England. *Geomorphology* 143, 52-61. doi: 10.1016/j.geomorph.2011.02.029.
7. Ferreira, O. 2005. Storm groups versus extreme single storms: predicted erosion and management consequences, *Journal of Coastal Research*, 42, 221-227.
8. Forbes, D.L. (editor). 2011. State of the Arctic Coast 2010 – Scientific Review and Outlook. International Arctic Science Committee, Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone, Arctic Monitoring and Assessment Programme, International Permafrost Association. Helmholtz-Zentrum, Geesthacht, Germany, 178 p. <http://arcticcoasts.org>

9. Kelpsaite L., Dailidienė I., Soomere T., 2011. Changes in wave dynamics at the south-eastern coast of the Baltic Proper during 1993-2008. *Boreal Environ Res* 16(a), 220-232.
10. Kowalewska-Kalkowska H., 2012. Rola wezbrań sztormowych w kształtowaniu ustroju wodnego układu Dolnej Odry i Zalewu Szczecińskiego. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Szczecin. ISBN: 978-83-7241-882-1.
11. Mason O.K., Jordan J.W., Lestak L., Manley W., 2012. Narratives of Shoreline Erosion and Protection at Shishmaref, Alaska: The Anecdotal and the Analytical, w: Cooper J.A.G., Pilkey O.H. (red.), *Pitfalls of Shoreline Stabilization: Selected Case Studies*, Springer Coastal Research Library 3, 73-92.
12. Musielak S., 1978. Procesy litodynamiczne w strefie przyboju. *Oceanologia*, 8, 5-56.
13. Musielak S., Furmańczyk K., Bugajny N., 2017. Factors and Processes Forming the Polish Southern Baltic Sea Coasts on Various Temporal and Spatial Scales. In: J. Harff, K. Furmańczyk, H. von Storch (eds.) *Coastline changes of the Baltic Sea from South to East. Past and future projection*. Springer Coastal Research Library 19, 69-85.
14. Rodzeń A., 2008, Wpływ refulacji plaży na zbiorowiska meiofauny w Orłowie, Uniwersytet Gdański (praca magisterska wykonana w Zakładzie Ekologii Morza Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie).
15. Scull, P., Franklin, J., and Chadwick, O.A., 2005. The application of classification tree analysis to soil type prediction in a desert landscape. *Ecological Modelling*, 181 (1), 1-15.
16. Schwarzer K., Diesing M., Larson M., Niedermeyer R.O., Schumacher W., Furmańczyk K., 2003. Coastline evolution at different time scales: examples from the Pomeranian Bight, southern Baltic Sea. *Mar Geol* 194, 79-101.
17. Semrau I., 1990. Wpływ budowli hydrotechnicznych na brzeg morski, „*Studia i Materiały Oceanologiczne*” t. V: Brzeg morski, cz. I, Wydawnictwo PAN, Wrocław.
18. Spruill, T.B., Showers, W.J., and Howe, S.S., 2002. Ground Water Quality. Application of classification – tree methods to identify nitrate sources in ground water. *Journal of Environmental Quality*, 31, 1538-1549.
19. Sztobryn, M. and Stigge, H-J., 2005. Storm Surges in the Southern Baltic Sea (western and central parts). IMGW, Warszawa.
20. Ward, J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 58, 236-244.
21. Wisniewski, B., and Wolski, T., 2008. Katalog wezbrań i obniżeń sztormowych na polskim wybrzeżu Bałtyku. In: Furmańczyk, K. (Ed.), *Zintegrowane Zarządzanie Obszarami Przybrzeżnymi w Polsce — stan obecny i perspektywy*. Morze - Ląd wzajemne relacje. PRINT GROUP, Szczecin, pp. 101– 126.
22. Zhang W., Deng J., Harff J., Schneider R., Dudzińska-Nowak J., 2013. A coupled modeling scheme for longshore sediment transport of wave-dominated coasts - A case study from the southern Baltic Sea. *Coastal Engineering* 72, 39-55, <http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2012.09.003>
23. Zhang W., Schneider R., Kolb J., Teichmann T., Dudzińska-Nowak J., Harff J., 2015. Land-sea interaction and morphogenesis of coastal foredunes – A modelling case study from the southern Baltic Sea coast. *Coastal Engineering* 99, 148-166 <http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2015.03.005>.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych)

Szczegółowy wykaz publikacji, wraz z opisem mojego w nich udziału, listy wystąpień konferencyjnych i realizowanych projektów oraz informacje o działalności dydaktycznej i organizacyjnej zawarto w Załączniku 3.

### Prace wykonane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Studia na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego rozpoczęłam w 1993 roku, kiedy to za zgodą Dziekana prof. M. Ciaciury, zostałam przyjęta na drugi rok Geografii Morza po uzyskaniu zaliczenia pierwszego roku na kierunku Inżynieria Chemiczna Politechniki Szczecińskiej. Od początku studiów wykazywałam zainteresowanie zagadnieniami kartografii i teledetekcji, co zaowocowało zatrudnieniem mnie na czwartym roku w Instytucie Nauk o Morzu w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej (INoM ZTiKM) kierowanym przez dr Kazimierza Furmańczyka. Jako asystent stażysta prowadziłam ćwiczenia na kierunku Geografia, w roku akademickim 1995/1996 dla studentów I roku z przedmiotu Kartografia, a w kolejnym roku akademickim 1996/1997, jako godziny zlecone, dla studentów II roku z przedmiotu Teledetekcja.

Łącząc obowiązki studenta z działalnością dydaktyczną i naukową, w latach 1995-1997, uczestniczyłam w pracach badawczych zakładu, które obejmowały m.in. ***zastosowanie teledetekcji do kartowania roślinności i tworzenia Systemów Informacji Geograficznej***. Głównym celem badań prowadzonych przy współpracy firmy geodezyjnej Geomar S.A., było opracowanie koncepcji Systemu Informacji Geograficznej (GIS) oraz utworzenie systemu GIS na potrzeby zarządzania zasobami Wolińskiego Parku Narodowego (WPN). W ramach tych badań brałam aktywny udział w pracach kameralnych i terenowych zespołu geografów i botaników, który pod kierunkiem dr hab. K. Furmańczyka, na podstawie panchromatycznych i spektrostrefowych zdjęć oraz ortofotomap lotniczych, dokonywał interpretacji i korekty granic pododdziałów leśnych a także zbiorowisk roślinnych podmokłych obszarów WPN.

Zdobyte umiejętności zastosowania teledetekcji do kartowania roślinności wykorzystałam, w dalszej współpracy z zespołem botaników kierowanym przez prof. dr hab. M. Ciaciurę, w badaniach nad określeniem struktury przestrzennej woskownicy europejskiej na Bagnach Rozwarowskich, których wyniki były prezentowane podczas 52 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego (III.B.59<sup>1</sup>). Mój udział polegał na współorganizowaniu i przeprowadzeniu prac terenowych, w czasie których kartowano stanowiska woskownicy europejskiej za pomocą urządzeń GPS. Następnie podczas prac kameralnych przetwarzałam zebrane dane i wykorzystując dodatkowo zdjęcia lotnicze sporządziłam mapę stanowisk.

Doświadczenie zdobyte przy tworzeniu systemów GIS wykorzystałam również w 1999 roku, kiedy to w ramach prac zleconych przez Regionalne Biuro Gospodarki Przestrzennej w Szczecinie uczestniczyłam w opracowaniu Planów Ochrony Cedyńskiego Parku Krajobrazowego, Parku Krajobrazowego Dolina Dolnej Odry i Szczecińskiego Parku Krajobrazowego Puszcza Bukowa. Mój udział polegał na wprowadzeniu do systemów GIS wymienionych parków, wektorowych warstw obiektów niezbędnych do sporządzenia map, a następnie na opracowaniu oraz na całościowej redakcji kartograficznej map w skali 1:25 000 na potrzeby Operatów Krajobrazowych i Rekreacyjnych (II.E.1-6).

Po zakończeniu realizacji projektu dla Wolińskiego Parku Narodowego, współpraca z firmą geodezyjną Geomar S.A., trwała nadal. Dzięki niej uzyskałam możliwość wykorzystania, niedostępnych wówczas na Wydziale Nauk Przyrodniczych US, wielkoformatowych skanerów

---

<sup>1</sup> Cytowane w tekście publikacje i wystąpienia konferencyjne są zgodne z numeracją Załącznika 3.

bębnowych, komputerów o dużej mocy obliczeniowej oraz profesjonalnego oprogramowania geodezyjnego pracującego w środowisku MicroStation95, umożliwiającego przetwarzanie danych przestrzennych. Zachęciło mnie to do rozwijania zainteresowań związanych z **wykorzystaniem danych przestrzennych w badaniach środowiska i analizach morfometrycznych**. W ramach realizowanej pracy magisterskiej z zakresu geomorfologii, na podstawie 5 arkuszy mapy topograficznej w skali 1:10 000 (w oprogramowaniu TNT MIPS) opracowałam mapę hipsometryczną i profile morfometryczne oraz mapę kierunków przebiegu grzbietów wydm brunatnych Mierzei Bramy Świny, zaś na podstawie 6 arkuszy mapy zasadniczej w skali 1:500 (w oprogramowaniu GeoGrapher) opracowałam numeryczny model terenu (NMT) fragmentu obszaru, który posłużył do prezentacji możliwości wykorzystania NMT w badaniach morfologii terenu i wizualizacji wyników. Zastosowanie nowoczesnych wówczas metod i narzędzi, które w znaczący sposób przyczyniły się do wzbogacenia tradycyjnych litologicznych analiz geomorfologicznych, zostało docenione. W 1997 roku uzyskałam tytuł zawodowy magistra Geografii i zostałam zatrudniona na etacie asystenta w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej US, a w 1998 roku, praca „Morfologia i struktura wydm brunatnych w Bramie Świny”, której promotorem był prof. dr hab. S. Musielak, została wyróżniona w konkursie Wojewody Szczecińskiego na najlepszą pracę magisterską (II.J.1).

Jeszcze przed ukończeniem studiów, w 1996 roku, równoległe z prowadzeniem zajęć dydaktycznych oraz badań dla Wolińskiego Parku Narodowego i na potrzeby pracy magisterskiej, zostałam włączona do zespołu realizującego międzynarodowy projekt badawczy BASYS - Baltic Sea System Study (MAST III/INCO), którego koordynatorami w Instytucie Nauk o Morzu US byli prof. dr hab. S. Musielak i dr hab. K. Furmańczyk (II.I.1). Dzięki temu w latach 1996-1999, uczestnicząc w realizacji dwóch zadań badawczych związanych z **ewolucją brzegu oraz identyfikacją układów cyrkulacyjnych strefy brzegowej na podstawie zdjęć lotniczych i satelitarnych**, brałam udział w określaniu zasięgu 'Bram' w Zatoce Pomorskiej. Odkrycie, opisanie i parametryzacja wielkoskalowych układów cyrkulacyjnych nazwanych „Bramami”, stanowiących obszary wymiany mas i energii pomiędzy strefą brzegową a otwartym akwenem morskim zostało uznane za jedno z największych osiągnięć naszej grupy badawczej projektu BASYS. Wyniki tych badań były prezentowane na konferencjach międzynarodowych (III.B.1, III.B.2, III.B.39, III.B.47, III.B.48) oraz krajowych (II.K.24, II.K.25, III.B.58, III.B.79) i zostały opublikowane (II.D.5).

Możliwość prowadzenia badań w tak dużym międzynarodowym, interdyscyplinarnym projekcie, realizowanym przez zespół naukowców z 48 instytucji, 13 państw Europy, ukształtował moje spojrzenie na strefę brzegową, jako na kompleksowy, wrażliwy system, w którym każdy oddziałujący czynnik powoduje modyfikację zachodzących procesów. Zapoczątkowana w tym okresie interdyscyplinarność wynikająca z uczestnictwa w pracach ZTiKM INoM US, łączenie różnorodnych, geodezyjnych, GIS-owych i teledetekcyjnych technik przetwarzania i analiz danych przestrzennych, stało się podstawą mojego warsztatu pracy.

Skutkiem dużego zainteresowania tematyką układów cyrkulacyjnych była kontynuacja i rozszerzenie badań na inne obszary oraz zwiększenie stopnia ich szczegółowości m.in. w ramach grantu badawczego "Badania współczesnej dynamiki strefy brzegowej wybranych regionów południowego Bałtyku", finansowanego ze środków KBN, którego kierownikiem był prof. dr hab. S. Musielak (II.I.2). Jako wykonawca tego projektu, w latach 1998-2001, uczestniczyłam w interpretacji i parametryzacji form rzeźby dna w obszarze występowania „Bram” na podstawie zdjęć sonarowych uzyskanych w wyniku rejestracji urządzeniem Side Scan Sonar. Natomiast dzięki współpracy z dr hab. H. Wellerem i dr R. Schumacherem z

Uniwersytetu w Greifswaldzie, wspólnie z dr hab. Furmańczykiem, uzyskaliśmy dostęp do niemieckich, historycznych zdjęć lotniczych i na ich podstawie wyznaczyliśmy lokalizację „Bram” wzdłuż zachodniego wybrzeża wyspy Uznam, co pozwoliło objąć badaniami obszar całej Zatoki Pomorskiej, niezależnie od granic administracyjnych. Następnie, na podstawie historycznych zdjęć lotniczych, badania przeprowadzono również na obszarze Półwyspu Helskiego (II.D.16, II.K.27).

Zdobyte zarówno w czasie studiów, jak i w pierwszych latach pracy doświadczenie i umiejętność przetwarzania danych przestrzennych oraz współpraca z firmą Geomar S.A., a w szczególności dostęp do wielkoformatowego plotera i profesjonalnego oprogramowania geodezyjnego, przyczyniły się do ukierunkowania moich zainteresowań na zagadnienia dotyczące możliwości wykorzystania danych teledetekcyjnych i analiz przestrzennych do badań strefy brzegowej. Niejako naturalne było więc rozwijanie tej tematyki w badaniach prowadzonych na potrzeby rozprawy doktorskiej.

Wstępna koncepcja mojej rozprawy doktorskiej, była zarówno kontynuacją, jak i rozszerzeniem badań realizowanych w Instytucie Nauk o Morzu US przez prof. dr hab. S. Musielaka i dr hab. K. Furmańczyka, w ramach „Fotointerpretacyjnej Mapy strefy brzegowej” i „Fotointerpretacyjnego Atlasu dynamiki brzegu morskiego”. Kontynuacją ze względu na temat badań dotyczący określenia stanu brzegu morskiego oraz problematyki: wielkości i dynamiki długookresowych zmian zachodzących na nim, zaś rozszerzeniem ze względu na fakt zastosowania odmiennej metodyki przetwarzania zdjęć lotniczych i metodyki pomiaru oraz wydłużenia okresu obserwacji. Wykorzystując bogate archiwum ZTiKM, w którym zgromadzono diapozytywy wszystkich zdjęć lotniczych polskiej strefy brzegowej, wykonanych kamerami fotogrametrycznymi, rozpoczęłam **badania nad metodyką cyfrowego przetworzenia archiwalnych zdjęć lotniczych na potrzeby ich wykorzystania do długookresowych analiz zmian brzegu morskiego**. Do analiz wybrałam 3 serie zdjęć (z lat 1951, 1973 i 1996) o zbliżonej skali i całkowitym pokryciu 80-cio kilometrowego odcinka brzegu, pozostającego w kompetencji Urzędu Morskiego w Szczecinie (od granicy państwa na zachodzie do miejscowości Dźwirzyno), który stał się moim głównym obszarem badawczym.

Należy zaznaczyć, że w tamtym czasie nie było dostępnych powszechnie, przestrzennych danych referencyjnych w wersji cyfrowej. Jedyne dostępne zbiory danych pokrywających całkowicie mój obszar badawczy stanowiły papierowe arkusze mapy topograficznej w skali 1:10 000, opracowane w państwowym układzie współrzędnych geodezyjnych PUWG1965 w latach 1985-87. Na potrzeby realizacji badań przeprowadziłam więc transformację arkuszy map do wersji cyfrowej oraz ich kalibrację geometryczną, otrzymując tym samym zbiór danych referencyjnych w układzie PUWG1965. Ze względu na fakt wprowadzenia przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii w 2000 roku jednostrefowego układu współrzędnych PUWG1992, jako oficjalnie obowiązującego w opracowaniach przestrzennych w skalach 1:10 000 i mniejszych, przeprowadziłam transformację układu arkuszy map na podstawie przeliczenia współrzędnych punktów węzłowych siatki topograficznej z PUWG1965 do PUWG1992. Zapewniło mi to możliwość wykorzystania w dalszych badaniach wszelkich, późniejszych opracowań przestrzennych Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej oraz, w razie potrzeby i możliwości, rozszerzenia badań na całe polskie wybrzeże. Przetworzone w ten sposób mapy topograficzne stały się moim zbiorem danych referencyjnych do badań długookresowych zmian brzegu morskiego i zapoczątkowały tworzenie cyfrowej bazy danych zachodniego wybrzeża Polski. W pierwszej kolejności posłużyły one do opracowania numerycznego modelu terenu (NMT) strefy

brzegowej, niezbędnego do przeprowadzenia procesu ortorektyfikacji zdjęć lotniczych w celu utworzenia ortofotomapy, a także zostały wykorzystane do rektyfikacji archiwalnych zdjęć lotniczych.

Zdjęcia lotnicze wykorzystywane do pomiarów kartometrycznych muszą zostać odpowiednio przetworzone fotogrametrycznie. Najlepszy efekt i największą dokładność uzyskuje się w wyniku ortorektyfikacji. W przypadku archiwalnych zdjęć lotniczych zgromadzenie wszystkich informacji niezbędnych do przeprowadzenia procesu ortorektyfikacji jest bardzo trudne, a w przypadku serii z 1951 i 1973 roku okazało się niemożliwe. Z tego względu przeprowadzono tylko ortorektyfikację serii zdjęć z 1996 roku. W efekcie, po przeprowadzonej ortorektyfikacji zdjęć lotniczych, uzyskałam jednorodny pod względem skali zbiór ortofotografii PUWG 1992/19, które następnie wykorzystałam jako podkład referencyjny do kalibracji historycznych zdjęć lotniczych.

Dwie serie zdjęć archiwalnych, poddano kalibracji z wykorzystaniem par tożsamyh punktów (ground controls points - GCP) identyfikowanych na zdjęciu w układzie współrzędnych ekranowych i ortofotomapie w układzie PUWG 1992/19. W wyniku kalibracji przeprowadzona została transformacja układu współrzędnych ekranowych na pożądany układ współrzędnych terenowych. Należy zaznaczyć, że zastosowanie takiej metody nie pozwala na poprawne przekształcenie geometrii całego obszaru zdjęcia lotniczego z rzutu środkowego na rzut ortogonalny, co jest niezbędnym warunkiem uzyskania kartometrycznego obrazu. Jednak ze względu na wykorzystanie w późniejszych pomiarach jedynie użytecznej, centralnej części zdjęcia, w obrębie której przesunięcia liniowe punktów spowodowane zarówno deniwelacją terenu, jak i nachyleniem zdjęcia są najmniejsze i mieszczą się w granicach błędów pomiarowych, uznano, że dokładność zastosowanej metody jest wystarczająca i pozwala na uzyskanie miarodajnych wyników pomiarów w obrębie użytecznej części zdjęcia (II.D.51).

Dzięki współpracy naszego Instytutu z Uniwersytetem w Greifswaldzie, miałam dostęp do 8 arkuszy (Swinemunde, Misdroy, Kolzow, Fritzow, Poberow, Karnitz, Robe, Deep) panchromatycznych niemieckich fotomap wykonanych w 1938 roku w skali 1 : 25 000 i mogłam znacznie wydłużyć okres prowadzonych badań z 45 (dla okresu 1951-1996) do 58 lat (1938-1996). Niestety nie były to oryginalne zdjęcia lotnicze, a opracowane na ich podstawie fotomapy. Dodatkowo do ich przetworzenia z postaci analogowej do postaci cyfrowej wykorzystano zwykły skaner płaski formatu A3, w wyniku czego arkusze oryginalnych fotomap zeskanowano w dwóch częściach, co znacznie wpłynęło na dokładność późniejszej kalibracji. Znacznie lepsze wyniki uzyskano dla dwóch serii zdjęć archiwalnych z lat 1951 i 1973, zeskanowanych na skanerze fotogrametrycznym. Największy średni błąd kwadratowy RMS (4.66 m) posiadały dane uzyskane z niemieckich fotomap. Wynika to z faktu, że nie dysponowano oryginalnymi zdjęciami, a tylko materiałem przetworzonym, który został obarczony błędami w procesie przetwarzania. Nałożyły się tu zniekształcenia powstałe w procesie generowania fotomapy, stosowanych w tamtym okresie projekcji i przekształceń kartograficznych, zniekształcenia papieru fotograficznego oryginalnych fotomap oraz błędy skanowania. Wartości RMS dla pozostałych serii zdjęć nie przekraczają 3 m (0.3 mm w skali mapy 1 : 10 000) i wynoszą odpowiednio: 2.77 m dla zdjęć z 1951 roku, 2.37 m dla zdjęć z 1973 roku oraz 0.53 m dla ortofotografii z 1996 roku.

W efekcie otrzymano 4 serie zdjęć lotniczych w jednolitym układzie PUWG1992/19 stanowiące materiał wyjściowy do określenia położenia linii podstawy wydmy/podnóża klifu w poszczególnych latach, które pozwoliły na pomiar zmian zachodzących w strefie brzegowej. Należy podkreślić, że opracowana metoda była szeroko konsultowana i

dyskutowana na forum fotogrametrów (II.K.28, II.K.29) oraz opublikowana (II.D.1, II.D.51) i w pełni zaakceptowana, jako jedyna możliwa i najdokładniejsza w przypadku posiadanych danych.

Szczegółowa koncepcja moich badań obejmujących **teledetekcyjne analizy zmienności wybranych elementów morfologii morskiej strefy brzegowej i określanie na tej podstawie długookresowej tendencji rozwoju i dynamiki brzegu**, została wykorzystana na potrzeby realizacji projektu badawczego „Teledetekcyjne badania tendencji zmian położenia linii brzegowej wschodniego wybrzeża Zatoki Pomorskiej”, finansowanego ze środków KBN, którego kierownikiem był dr hab. K. Furmańczyk (II.I.4). Jako główny i jedyny wykonawca tego projektu, w latach 2003-2005, przeprowadziłam interpretację historycznych i współczesnych zdjęć lotniczych oraz opracowałam **metodę określania i pomiaru wieloletnich zmian brzegu**. W tym celu wykorzystałam opracowane wcześniej fotogrametrycznie dane teledetekcyjne: serię skalibrowanych fotomap z 1938 roku, dwie serie skalibrowanych zdjęć lotniczych z 1951 i 1973 roku oraz ortofotografie lotnicze z 1996 roku. Do pomiaru zmian brzegu wykorzystano linię bazową wyznaczoną w wyniku połączenia punktów kilometrażu Urzędu Morskiego (428–347 KUM). Dla każdego rocznika zdjęć, w tym samym miejscu, prostopadle do linii bazowej, w odstępach wzdłuż brzegu co 10 m przeprowadzono pomiar odległości wyznaczonej na danej serii zdjęć linii podstawy wydmy/podnóża klifu, określającej przebieg linii brzegowej w danym roku, od linii bazowej. Zmiana położenia linii podstawy wydmy/podnóża klifu w badanym okresie została obliczona w wyniku odjęcia od siebie odległości zmierzonych w dwóch kolejnych latach. Obliczone, na podstawie skalibrowanych archiwalnych zdjęć, zmiany brzegu w poszczególnych przedziałach czasowych obarczone są maksymalnym błędem zależnym od wykorzystywanych roczników zdjęć i wynoszą odpowiednio 5.42 m dla przedziału czasowego 1938–1951, 3.89 m dla okresu 1951–1973, 2.78 m dla okresu 1973–1996. Opracowana metoda została zaprezentowana (III.B.41, III.B.60) i opublikowana (II.D.17).

Możliwość praktycznego wykorzystania wyników prowadzonych przeze mnie badań nad długookresowymi zmianami brzegu morskiego zachęciła mnie do aktywnego włączenia się w badania dotyczące **problematyki Zintegrowanego Zarządzania Obszarami Przybrzeżnymi** (ZZOP). Dzięki przynależności do Europejskiej Unii Ochrony Brzegów (EUCC) – Polska oraz aktywnemu udziałowi w pracach zespołu dr hab. K. Furmańczyka, który jako jedyny z Polski, został zaproszony do uczestnictwa w realizacji zamówionego przez Komisję Europejską projektu badawczego EUROSION – „An European initiative for sustainable coastal erosion management”, w ramach realizacji tego projektu, w latach 2000-2003 uczestniczyłam w badaniach dotyczących wszelkich możliwych aspektów zjawiska erozji brzegów, zarówno środowiskowych jak i społeczno-ekonomicznych (II.I.3). Bazując na dokumentacji technicznej udostępnionej przez Inspektorat Ochrony Wybrzeża Urzędu Morskiego w Szczecinie, rozpocząłam **odtworzenie historii ochrony zachodniego wybrzeża Polski**, na odcinku od Międzyzdrojów do Niechorza, od momentu posadowienia pierwszych budowli hydrotechnicznych w 1874 roku. Brałam również udział w badaniach i opracowaniu wyników ankiet dotyczących **zagadnień społecznego postrzegania plaży, zagrożeń wynikających z erozji brzegu oraz działań podejmowanych w celu jego ochrony**, przeprowadzonych wśród użytkowników plaży oraz przedstawicieli władz lokalnych. Wyniki tych prac zostały opisane w raporcie końcowym projektu (II.E.7), prezentowane na konferencjach krajowych (II.K.26, II.K.30, II.K.31, II.K.32, III.B.83) i zagranicznych (III.B.5, III.B.6, III.B.49, III.B.50) oraz udostępnione na stronie internetowej projektu ([www.euroasion.org](http://www.euroasion.org)) i opublikowane (II.D.7, II.D.18, II.D.19, II.D.20). Efektem końcowym

projektu EUROSION, który zyskał uznanie nie tylko w świecie nauki, ale również przyczynił się do zwiększenia świadomości społecznej zagadnień dotyczących zagrożeń wynikających z erozji brzegów, był opracowany w skali europejskiej zbiór rekomendacji „Living with erosion...”, w którym zawarto spostrzeżenia i sugestie działań zalecanych w przypadku postępującej erozji brzegu, dzięki którym zminimalizowane zostaną zarówno koszty ekonomiczne jak i społeczne.

**Zagadnień ZZOP** dotyczyły również dwa projekty edukacyjne, w których brałam udział, realizowane w latach 2001-2005. Pierwszym z nich był CoastLearn realizowany w ramach programu Leonardo da Vinci "Multimedia distance training package for Central and Eastern Europe on Integrated Coastal Management" (III.A.3) a drugim holenderski PINMatra „Community distance training package for Eastern Europe on Integrated Coastal Zone Management” (III.A.4). Rezultatem tych prac jest wielojęzyczny pakiet edukacyjny zdalnego nauczania CoastLearn, zawierający moduły dotyczące wszystkich aspektów ZZOP, dostępny w Internecie również w języku polskim ([www.coastlearn.org](http://www.coastlearn.org)). Nawiązane w czasie realizacji tych projektów kontakty i wymiana doświadczeń z tak dużym, międzynarodowym zespołem ekspertów różnych specjalności były bardzo pouczające i trwale ukształtowały mój sposób postrzegania wielowymiarowych konfliktów istniejących w strefie brzegowej.

W kręgu moich zainteresowań badawczych pozostawały nie tylko długookresowe tendencje i dynamika rozwoju brzegu morskiego, określana na podstawie wielkości zmian położenia linii podstawy wydmy/podnóża klifu, ale również czynniki sprawcze generujące te zmiany. Wyrazem tych zainteresowań były prowadzone w latach 2004-2007 badania nad **wpływem zjawisk ekstremalnych, w szczególności wezbrań sztormowych, na zmiany zachodzące na zachodnim wybrzeżu Polski** w ramach realizacji zamawianego projektu badawczego KBN „Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne, hydrologiczne i geomorfologiczne” (II.I.6). Uczestnicząc w realizacji projektu, jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora, brałam udział w określaniu ekstremalnych zdarzeń morfodynamicznych i geodynamicznych w polskiej strefie brzegowej, ich przestrzennego oraz czasowego zasięgu i uwarunkowań oraz zagrożeń ekstremalnymi wahaniami poziomu morza i abrazją sztormową z wykorzystaniem metod teledetekcji. Pierwsze wyniki dotyczące wpływu wezbrań sztormowych na zmiany położenia brzegu zostały włączone do rozprawy doktorskiej (II.E.8) natomiast bardziej szczegółowe badania były kontynuowane już po uzyskaniu stopnia doktora.

Badania dotyczące zagadnień wynikających z procesu erozji brzegów morskich, podjęte w ramach projektu EUROSION, były kontynuowane w latach 2004-2006 w projekcie MESSINA „Managing European Shoreline and Sharing Information on Nearshore Areas” realizowanego w ramach programu INTERREG IIC (II.I.5). Na podstawie dokumentacji Urzędu Morskiego w Szczecinie pracowałam nad odtworzeniem historii ochrony zachodniego wybrzeża Polski oraz prowadziłam **badania nad oddziaływaniem budowli hydrotechnicznych i zabiegów ochronnych na brzeg morski**. Uzyskane wyniki pozwoliły mi na podjęcie próby określenia efektywności stosowanych metod ochrony brzegu morskiego. W tym celu na podstawie określonej wcześniej wielkości zmian położenia linii podstawy wydmy/podnóża klifu w okresach 1938-1951, 1951-1973, 1973-1996, przeprowadziłam analizę wpływu budowli hydrotechnicznych i zabiegów ochronnych na zmiany brzegu w przedziale czasowym 1938-1996. Uzyskane wstępne wyniki, które zaprezentowałam na konferencji międzynarodowej (II.K.7) zostały wykorzystane w mojej rozprawie doktorskiej (II.E.8) natomiast bardziej szczegółowe badania były kontynuowane już po uzyskaniu stopnia doktora.



W realizacji projektu MESSINA duży nacisk położono również na zagadnienia dotyczące zastosowania **geoinformacji w analizach morskiej strefy brzegowej**. Głównie dotyczyły one wykorzystania danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł oraz ich integracji i wizualizacji oraz tworzenia baz danych GIS i ich wykorzystania na potrzeby zagadnień związanych z ZZOP. Uzyskane wyniki były prezentowane na konferencjach międzynarodowych (III.B.4, III.B.7) i krajowych (II.K.32, III.B.61, III.B.62) oraz zostały udostępnione na stronie internetowej projektu ([www.interreg-messina.org](http://www.interreg-messina.org)) i opublikowane (II.D.2, II.D.21).

Odrębnym obszarem moich zainteresowań były **badania krajobrazu strefy brzegowej**, prowadzone dla 1 km odcinków brzegu, głównie w oparciu o fizyczne elementy przyrodnicze środowiska z uwzględnieniem elementów antropogenicznych. Badania prowadzono na wybrzeżu Morza Bałtyckiego w rejonie Zatoki Pomorskiej oraz na wybrzeżu Kalabrii we Włoszech. Uzyskane wyniki były prezentowane na wielu konferencjach krajowych i międzynarodowych (III.B.3, III.B.38) i krajowych (III.B.78, III.B.80, III.B.82) gdzie wzbudziły duże zainteresowanie, co zaowocowało ich publikacją (II.D.6, II.D.15).

Temat rozprawy doktorskiej „*Zmienność morfologii strefy brzegowej jako wskaźnik tendencji rozwojowych brzegu*”, sformułowałam ostatecznie w 2003 roku. Przewód doktorski został otwarty w Instytucie Nauk o Morzu Uniwersytetu Szczecińskiego, a promotorem pracy został dr hab. Kazimierz Furmańczyk. Rozprawa doktorska była zwieńczeniem moich wieloletnich badań nad **długookresową zmiennością brzegu morskiego określoną na podstawie fotogrametrycznie przetworzonych, historycznych i współczesnych zdjęć lotniczych, które pozwoliły mi na określenie tendencji i dynamiki jego rozwoju z uwzględnieniem technicznej ochrony brzegów (II.E.8)**. Stopień doktora nauk o Ziemi w specjalności: teledetekcja, geomorfologia, geografia uzyskałam we wrześniu 2006 roku, uchwałą Rady Instytutu Nauk o Morzu Uniwersytetu Szczecińskiego. Recenzentami pracy byli prof. dr hab. Stanisław Musielak z Uniwersytetu Szczecińskiego i prof. dr hab. Leon Kozacki z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Jednym z kluczowych osiągnięć pracy doktorskiej było wyznaczenie w sposób ciągły, w odróżnieniu od powszechnie prowadzonych badań w profilach, odcinków brzegu o długookresowej tendencji erozyjnej i akumulacyjnej (gdzie zmiany zachodziły tylko w jednym kierunku) oraz brzegu oscylującego (gdzie w zależności od warunków, zmiany zachodziły w dwóch kierunkach) oraz stwierdzenie, że występują one niezależnie od typu brzegu. Kolejnym, bardzo ważnym wnioskiem było wykazanie dużej dynamiki i zmiennego tempa procesów zachodzących na brzegu morskim, nawet na jednorodnych pod względem geologicznym i geomorfologicznym odcinkach brzegu. Wynika z tego, że liniowe prognozowanie tempa zmian brzegu oparte na krótkookresowych, lokalnych pomiarach może być obarczone dużym błędem i nie daje rzeczywistego obrazu przebiegu procesów morfodynamicznych, szczególnie na odcinkach brzegu oscylującego.

### **Prace wykonane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora**

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej INoM WNoZ US, gdzie pracuję do dnia dzisiejszego.

Podobnie jak we wcześniejszych latach, największy wpływ na prowadzone przeze mnie badania, wywarła interdyscyplinarna współpraca w ramach krajowych i międzynarodowych projektów badawczych, a szczególnie w trzech opisanych poniżej. Pierwszym z nich był międzynarodowy projekt o akronimie MICORE – „Morphological Impact and COastal Risks induced by Exterme storm Events”, którego głównym koordynatorem był prof. P. Ciavola z

University of Ferrara, a części polskiej prof. K. Furmańczyk (II.1.7). Projekt był realizowany przez 16 instytucji badawczych, komercyjnych i rządowych z dziewięciu krajów Europy na 9 obszarach testowych obejmujących wybrzeża mórz: Bałtyckiego, Północnego, Czarnego, Śródziemnego i Oceanu Atlantyckiego, w ramach 7-go Programu Ramowego Unii Europejskiej w latach 2008-2011 ([www.micore.eu](http://www.micore.eu)). Jego nadrzędnym celem było opracowanie, działającego w pełni operacyjnie, prototypu Systemu Wczesnego Ostrzegania przed skutkami sztormów, jako narzędzia wsparcia w strategii Zarządzania Kryzysowego.

Drugim ważnym projektem, który dotyczył zagadnień morfogenezy wybrzeży piaszczystych, był realizowany w latach 2009-2012, finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego projekt CoPaF – Coastline Changes of the Southern Baltic Sea – past and future projection”, którego kierownikiem był prof. Jan Harff, a głównym wykonawcą Junjie Deng (II.1.9). Celem projektu było opracowanie numerycznego modelu pozwalającego na rekonstrukcję oraz projekcję zmian morfologii strefy brzegowej, na podstawie którego możliwe będzie określenie morfogenezy wybrzeży piaszczystych w różnych skalach czasowych (od dekady po okres 100 lat) i zastosowanie go na wybranych obszarach południowego Bałtyku.

Trzecim ważnym projektem, który obejmował zagadnienia integracji nowoczesnych technik pozyskiwania danych do szeroko pojętego monitoringu morza, był SatBałtyk – „Satelitarna Kontrola Środowiska Morza Bałtyckiego”, finansowany przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka w latach 2010-2015 (II.1.10). Projekt realizowany był przez Konsorcjum Naukowe SatBałtyk, którego liderem był Instytut Oceanologii PAN, a w skład wchodziły: Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego, Instytut Nauk o Morzu Uniwersytetu Szczecińskiego i Instytut Fizyki Pomorskiej Akademii Pedagogicznej. Głównym celem projektu było przygotowanie i uruchomienie bazy technicznej oraz praktycznych procedur operacyjnych systemu monitorowania satelitarnego, wspomaganego eko-hydrodynamicznymi modelami prognostycznymi, umożliwiającego sprawne, rutynowe określanie stanów środowiska Bałtyku tj. tworzenie map jego charakterystyk strukturalnych i funkcjonalnych, w tym dopływu i charakterystyk energii, rozkładów temperatury, stanu dynamicznego powierzchni morza, stężenia chlorofilu i innych pigmentów fitoplanktonu, zakwitów trujących alg, występowania upwellingów, pojawiania się plam zanieczyszczeń w tym rozlewów ropy oraz charakterystyk produkcji pierwotnej materii organicznej ([www.satbaltyk.pl](http://www.satbaltyk.pl)).

Efektom moich badań prowadzonych przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora i przedstawionych w rozprawie doktorskiej było sformułowanie prawidłowości rozwoju zachodniego wybrzeża Polski w skali regionalnej i lokalnej. Określona przeze mnie dynamika długookresowych zmian strefy brzegowej, dała solidną podbudowę do dalszych badań nad rozwojem brzegu morskiego w wyniku oddziaływania procesów o charakterze ekstremalnym, a w szczególności wzebrań sztormowych.

Mając na uwadze fakt, że rozwój wybrzeża zachodzi w różnych skalach czasowych (Schwarzer *et al.* 2003, Musielak *et al.* 2017) rozpoznanie przebiegu procesów i analiza obserwowanych skutków wymaga zastosowania w badaniach zróżnicowanego podejścia metodycznego oraz wykorzystania różnorodnych zestawów danych. Jednak krótkie ciągi czasowe danych pomiarowych a przede wszystkim utrudnienia w dostępności danych przyczyniają się do znacznego ograniczenia ich zakresu, zarówno czasowego jak i przestrzennego, a czasami wręcz uniemożliwiają przeprowadzenie badań. Z tego powodu tak ważne są ilościowe metody pozwalające oszacować morfogenezę brzegu, pozwalające zarówno na rekonstrukcję przeszłości jak i projekcję przyszłości, które integrują różnorodne

źródła danych obejmujące m.in. eustatyczne zmiany poziomu morza, dane geologiczne, kompensację izostatyczną (ruchy neotektoniczne), właściwości osadów, dane modelowania klimatu wiatrowego i falowego, historyczne dane kartograficzne oraz współczesny numeryczny model wysokościowy (DEM).

Dzięki rozwijaniu istniejącej współpracy oraz nawiązywaniu nowych kontaktów naukowych z grupami badawczymi reprezentującymi dyscypliny wiedzy z zakresu m.in. modelowania numerycznego, matematyki stosowanej i oceanografii, jak również wykorzystaniu nowoczesnych technik pozyskiwania danych i większemu dostępowi do danych pomiarowych, możliwa stała się realizacja nowych tematów badawczych w zespołach o charakterze interdyscyplinarnym. Pozwoliła ona na uzyskanie spójnego obrazu procesów zachodzących w strefie brzegowej i powodowanych przez nie efektów oraz na rozszerzenie badań o rekonstrukcję przeszłości i prognozowanie zmian w przyszłości, które mają duże znaczenie praktyczne, szczególnie w zagadnieniach związanych z zarządzaniem strefą brzegową.

Punktem wyjścia były analizy przeprowadzane w skali dziesięcioleci (będące rozszerzeniem wcześniejszych badań nad wyznaczeniem tendencji rozwoju brzegu na podstawie zmienności wybranych elementów identyfikowanych na zdjęciach lotniczych) a następnym krokiem, w zależności od dostępnych danych i zastosowanej metody, pogłębianie analizy w dwóch kierunkach: szczegółowym i ogólnym. Kierunek szczegółowy obejmował badania pojedynczych wezbrań sztormowych (analizy chwilowe – modelowanie numeryczne skutków oddziaływania pojedynczego sztormu) lub jednego sezonu sztormowego (analizy jednoroczne – badanie przestrzennego rozkładu objętościowych zmian nadbrzeża na podstawie danych lotniczego skanowania laserowego) i miały na celu precyzyjne określenie przebiegu zdarzenia i zbadanie oddziaływania poszczególnych czynników sprawczych (głównie parametrów falowania i zmian poziomu wody). Natomiast kierunek ogólny, obejmujący okresy  $\pm 100$  lat, miał na celu prognozowanie długookresowych zmian brzegu na podstawie wyznaczonych tendencji rozwoju, w oparciu o uproszczone modele pojęciowe oraz na podstawie modelowania numerycznego.

Realizowane przeze mnie zagadnienia badawcze obejmowały w głównej mierze badania: podstawowe (badanie tendencji i dynamiki rozwoju brzegu morskiego), ale również badania: koncepcyjne (prognozowanie zmian brzegu); monitoringowe (analizy zmian brzegu); aplikacyjne (System Wczesnego Ostrzegania przed skutkami Sztormu); eksperymentalne (nowe technologie - lidar batymetryczny).

Takie podejście wymusiło konieczność wykorzystania zróżnicowanego zestawu danych oraz co za tym idzie różnych metod badawczych. W swojej pracy wykorzystywałam bezpośrednio dane i metody:

- fotogrametryczne – do opracowania ortofotomapy ze zdjęć lotniczych i korekcji geometrycznej zdjęć historycznych;
- teledetekcyjne – do interpretacji zdjęć lotniczych i przetwarzania danych lotniczego skanowania laserowego;
- geoinformatyczne - analizy GIS do określania wielkości zmian brzegu.

Brałam również udział w:

- przeprowadzaniu analiz statystycznych – do wyznaczania wagi oddziaływania poszczególnych czynników na zmiany brzegu;

- kalibracji i interpretacji wyników modelowania numerycznego – z wykorzystaniem modeli morfo-dynamicznych (XBeach) i morfo-hydrodynamicznych – do określania wielkości zmian brzegu;
- przetwarzaniu i analizie wyników pomiarów terenowych GPS do określania stanu brzegu.

W miarę dostępności danych niezbędnych do przeprowadzenia analiz, w swoich badaniach, starałam się uwzględnić różne czynniki, mające wpływ na rozwój strefy brzegowej. Analizowałam zarówno czynniki generujące zmiany jak i czynniki modyfikujące przebieg procesów. W pierwszej grupie uwzględniłam: zdarzenia ekstremalne w postaci wezbrań sztormowych, zmiany poziomu wody w ujęciu wieloletnim oraz zmiany parametrów falowania w kontekście ilości materiału terygenicznego dostarczanego w wyniku erozji i wzdłużbrzegowego przemieszczania osadów. W grupie czynników modyfikujących główny nacisk położyłam na analizie wpływu budowli hydrotechnicznych jako czynnika antropogenicznego.

Oddziaływanie czynników sprawczych i modyfikujących, analizowałam w odniesieniu do uwarunkowań takich jak budowa geologiczna i litologia ze szczególnym uwzględnieniem wpływu izostazji oraz, w badaniach szczegółowych do morfologii terenu z uwzględnieniem ekspozycji brzegu, wysokości na której przebiega linia podstawy wydmy, szerokości plaży i nachylenia plaży.

Tematycznie, badania prowadzone przeze mnie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (09.2006-2018), częściowo nawiązywały do wcześniejszych prac związanych z określaniem i przewidywaniem wielkości zmian brzegu morskiego oraz wpływu zjawisk ekstremalnych i budowli hydrotechnicznych na te zmiany a częściowo obejmowały nowe zagadnienia związane głównie z implementacją w badaniach brzegu morskiego nowych metod pozyskiwania danych przestrzennych jak lotnicze skanowanie laserowe (ALS) i modelowanie numeryczne oraz ich wykorzystania w monitoringu brzegu i działających operacyjnie systemach ostrzegania.

Podejmowane przeze mnie zagadnienia, które były kontynuacją wcześniejszych badań, można pogrupować w następujące kierunki badawcze:

- (1) Określanie długookresowej tendencji rozwoju i dynamiki brzegu
  - a. Określenie zagrożeń ekstremalnymi wahaniami poziomu morza i abrazją sztormową z wykorzystaniem metod teledetekcji.
  - b. Wpływ zjawisk ekstremalnych na zmiany zachodzące w strefie brzegu morskiego.
- (2) Zagadnienia dotyczące Zintegrowanego Zarządzania Obszarami Przybrzeżnymi (ZZOP)
  - a. Koncepcja przewidywania wielkości zmian brzegu.
  - b. Oddziaływanie budowli hydrotechnicznych i zabiegów ochronnych na brzeg morski.
- (3) Zastosowanie teledetekcji do kartowania roślinności i tworzenia Systemów Informacji Geograficznej.

Pierwsza grupa kontynuowanych zagadnień dotyczyła **określenia długookresowej tendencji rozwoju i dynamiki brzegu** bazowała na opracowanej na potrzeby rozprawy doktorskiej metodyce i obejmowała głównie analizy zmian położenia linii podstawy wydmy lub podnóża klifu Zatoki Pomorskiej podczas sukcesywnie wydłużanego okresu obserwacji. Ich przeprowadzenie było możliwe dzięki wykorzystaniu udostępnionych przez Urząd Morski w Szczecinie ortofotomap lotniczych pozyskiwanych już rutynowo w ramach monitoringu

brzegu. Wyniki tych analiz były prezentowane na licznych konferencjach naukowych (II.K.1, II.K.2, II.K.6, II.K.8, II.K.11, II.K.50, II.K.51, II.K.56, III.B.43, III.B.66, III.B.86) i opublikowane (II.D.4, II.D.8, II.D.27). Przy współpracy z mgr inż. K. Michałowską z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, badaniami objęto również nowy obszar badawczy – Mierzęję Łebską (II.D.31). Uzyskane w tych pracach wyniki posłużyły jako punkt wyjścia i odniesienie do realizacji zagadnień pochodnych, związanych z oddziaływaniem czynników sprawczych i modyfikujących zmiany brzegu oraz ich modelowaniem numerycznym i przewidywaniem.

Zostały one wykorzystane, między innymi, przy kontynuacji wcześniejszych **badań nad określeniem zagrożeń ekstremalnymi wahaniami poziomu morza i abrazją sztormową z wykorzystaniem metod teledetekcji** w projekcie zamawianym KBN „Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne, hydrologiczne i geomorfologiczne”. Efekty tych badań, jako analiza zmian brzegu Zatoki Pomorskiej w świetle wezbrań sztormowych zostały zaprezentowane na konferencji (II.K.34) i opublikowane (II.D.29) oraz posłużyły do przeprowadzenia wspólnie z prof. dr hab. S. Musielakiem i dr hab. K. Furmańczykiem, analizy wpływu podnoszącego się poziomu morza na rozwój brzegu Południowego Bałtyku zaprezentowanej na seminarium Sekcji Fizyki Morza i Geologii Morza KBM PAN (III.B.65). **Wpływ zjawisk ekstremalnych na zmiany brzegu morskiego** stanowił również ważny aspekt badań realizowanych w ramach projektu MICORE, gdzie obejmował zebranie i analizy danych dotyczących sztormów historycznych oraz skutków ich oddziaływania obserwowanych na lądzie. W szczególności analizy dotyczyły sztormów, które spowodowały duże zniszczenia w obrębie plaży i wydmy, które nazwano sztormami znacznymi (I.B.1). Na tej podstawie z dr hab. K. Furmańczykiem dokonałam przeglądu parametrów znacznych sztormów historycznych oraz skutków ich oddziaływania w obszarze Mierzei Dziwnowskiej, co w połączeniu z wynikami z innych obszarów testowych analizowanych przez partnerów projektu, przyczyniło się do zrozumienia trendów sztormów historycznych w Europie. Uzyskane wyniki zostały zaprezentowane na konferencjach międzynarodowych (II.K.9, III.B.51) i opublikowane w pracy, która stanowi część osiągnięcia naukowego (I.B.1).

Wyniki nad długookresową zmiennością brzegu uzyskane w pracy doktorskiej, posłużyły również do rozwinięcia drugiej grupy wcześniejszych badań związanych z zagadnieniami dotyczącymi **Zintegrowanego Zarządzania Strefą Brzegową** a w szczególności nad **metodami przewidywania wielkości erozji brzegu i wizualizacji wielkości erozji brzegu z wykorzystaniem Systemu Informacji Geograficznej**. Badania te rozpoczęłam jeszcze w ramach projektu MESSINA, jednak ich wyniki były prezentowane na konferencjach i opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Metodę przewidywania wielkości erozji brzegu w rejonie miejscowości Trzęsacz, opracowałam wspólnie z dr hab. K. Furmańczykiem. Przewidywane zmiany brzegu w okresie 20, 50 i 100 lat obejmowały dwa scenariusze, z ochroną techniczną brzegu oraz przy hipotetycznej rezygnacji z tejże ochrony, dodatkowo każdy scenariusz zaprezentowano w wersji pesymistycznej i optymistycznej. Następnie zmodyfikowaliśmy opracowaną dla Trzęsacza koncepcję przewidywania wielkości zmian brzegu, na potrzeby gmin Rewal i Dziwnów. Modyfikacja dotyczyła zarówno podejścia metodycznego jak i długości badanego okresu. Podobnie jak poprzednio obejmowała ona dwa scenariusze: pesymistyczny i optymistyczny oraz uwzględniała techniczną ochronę brzegu. Jednak najważniejszym atutem proponowanej metody było uwzględnienie lokalnej zmienności morfodynamiki brzegu, możliwe dzięki zastosowaniu danych teledetekcyjnych i pomiarów ciągłych. Zaproponowane koncepcje przewidywania wielkości zmian brzegu były prezentowane i dyskutowane na konferencjach krajowych (II.K.35, III.B.63, III.B.64) i

międzynarodowych (II.K.10, III.B.8, III.B.9, III.B.44) gdzie wzbudziły duże zainteresowanie a wyniki przeprowadzonych analiz zostały opublikowane (II.D.9, II.D.23, II.D.30).

Kolejnym bardzo ważnym dla mnie kierunkiem badawczym, kontynuowanym po obronie pracy doktorskiej, była analiza **oddziaływania różnych typów budowli hydrotechnicznych i zabiegów ochronnych na brzeg morski**. Wyniki badań zapoczątkowanych w ramach projektów EUROSION i MESSINA, zostały częściowo wykorzystane w pracy doktorskiej i opublikowane już po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (II.D.24, II.D.26). Następnym krokiem było ich praktyczne zastosowanie, polegające na przetworzeniu zebranych informacji do postaci cyfrowej. Dokonała tego w ramach pracy magisterskiej, pod merytorycznym i technicznym nadzorem dr hab. K. Furmańczyka oraz moim, Aleksandra Prusak. Efektem jej pracy było utworzenie w programie ArcGis, relacyjnej, geomatycznej bazy danych technicznej ochrony brzegu morskiego odcinka Świnoujście-Dźwirzyno. Utworzona baza danych, która umożliwia przeprowadzenie różnorodnych logicznych, przestrzennych i czasowych analiz związanych z ochroną brzegu morskiego oraz ocenę wpływu budowli hydrotechnicznych na zmiany brzegu, stanowi część Systemu Informacji Geograficznej Zakładu Teledetekcji i Kartografii Morskiej US. Założenia i metodyka opracowania zostały zaprezentowane na konferencji (II.K.32) oraz opublikowane (II.D.25, II.D.28) a sama baza została przekazana Urzędowi Morskiemu w Szczecinie.

W kolejnych latach problematyka dotycząca stosowania różnych budowli hydrotechnicznych morskich oraz sposobu ich oddziaływania na brzeg morski, nadal stanowiła ważny nurt w moich badaniach. Uzyskane wyniki były prezentowane na wielu konferencjach krajowych (II.K.58, III.B.89) i międzynarodowych (II.K.8, II.K.15), gdzie spotkały się z dużym zainteresowaniem, czego efektem była ich dalsza prezentacja jako referatów zamawianych na konferencjach międzynarodowych (II.K.3, II.K.4, II.K.5) i konferencji krajowej (II.K.23).

Podsumowaniem moich dotychczasowych, długoletnich badań nad tymi zagadnieniami, obejmujących odtworzenie wszelkich działań związanych z ochroną brzegu morskiego prowadzonych za zachodnim wybrzeżu Polski, poczynwszy od momentu posadowienia pierwszych budowli hydrotechnicznych w 1874 roku do 2011 roku oraz określeniem ich oddziaływania na zmiany brzegu jest monografia wydana przez Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego pt. "Metody ochrony zachodniego wybrzeża Polski i ich wpływ na zmiany brzegu w latach 1938-2011" (I.B.4), wchodząca w skład osiągnięcia naukowego.

Trzecia grupa kontynuowanych zagadnień dotyczy **teledetekcyjnych badań nad kartowaniem roślinności i tworzenia Systemów Informacji Geograficznej**. Wykorzystując zdobyte wcześniej doświadczenie, w latach 2009-2011 uczestniczyłam w realizacji projektu badawczego „Ochrona jeziora Wigry ze szczególnym uwzględnieniem gatunków i siedlisk objętych siecią Natura 2000” (II.I.8), współfinansowanego ze środków UE w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, realizowanego przez Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda” przy współdziałaniu Wigierskiego Parku Narodowego. Jako główny wykonawca zadania „Przeprowadzenie inwentaryzacji roślinności wynurzonej z wykorzystaniem analizy teledetekcyjnej i narzędzi GIS” wraz z prof. K. Furmańczykiem, K. Bachmatiuk i A. Gizą, uczestniczyłam w pracach kameralnych polegających na inwentaryzacji powierzchni występowania roślinności wynurzonej w latach 1996 – 2009 r. Głównym celem badań było przeanalizowanie zmienności zasięgów roślinności wynurzonej, poprzez porównanie map zasięgów wykonanych na podstawie fotointerpretacji ortofotomap ze zdjęć lotniczych z 1996

r. i 2007 r. oraz ortofotomapy ze zdjęć satelitarnych z 2009 r. W tym celu przeprowadzono interpretację granic występowania roślinności wynurzonej dla poszczególnych roczników zdjęć, co pozwoliło na opracowanie map zasięgów oraz określenie powierzchni roślinności wynurzonej. Następnie przeprowadzono analizę zmian w latach 1996-2007 i 2007-2009. Wykorzystując narzędzia GIS przeprowadzono również analizę struktury roślinności wynurzonej z uwzględnieniem przebiegu izobaty 5 m. Uzyskane wyniki zostały opisane szczegółowo w raporcie (II.E.10) oraz zaprezentowane na sympozjum naukowym (II.K.40) a opracowane warstwy wektorowe i mapy rastrowe zasiliły bazę danych GIS Wigierskiego Parku Narodowego.

Równoległe z realizacją opisanych powyżej zagadnień, które były kontynuacją wcześniejszych badań, podejmowałam również nowe tematy, które obejmowały następującą problematykę:

- (1) Możliwości wykorzystania danych lotniczego skanowania laserowego (ALS – airborne laser scanning) do badań środowiskowych brzegu morskiego.
- (2) System wczesnego ostrzegania przed skutkami sztormu.
  - a. Mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego.
- (3) Monitoring brzegu.
- (4) Zastosowanie modelowania numerycznego w badaniach rozwoju brzegu morskiego.
  - a. Modelowanie krótkookresowych zmian morfologii brzegu.
  - b. Rekonstrukcja morfologii brzegu w skali dziesięcioleci.
  - c. Rekonstrukcja morfologii brzegu w skali geologicznej.
- (5) Teledetekcyjne analizy zmienności wybranych elementów morfologii morskiej strefy brzegowej i określanie na tej podstawie tendencji rozwoju i dynamiki brzegu.
- (6) Zastosowania modelowania koncepcyjnego w rekonstrukcji paleośrodowiska.

Pierwszym z nowo realizowanych tematów badawczych była analiza **możliwości technicznych i przydatności technologii lotniczego skanowania laserowego (ALS – airborne laser scanning) do badań środowiskowych brzegu morskiego**. Znacznym utrudnieniem w prowadzeniu badań strefy brzegowej jest konieczność stosowania różnych technik pomiarowych dla jej części lądowej i morskiej. Niezgodność uzyskiwanych danych zarówno pod względem rozdzielczości przestrzennej a w szczególności czasu rejestracji, bardzo rzadko pozwala na pełną ich integrację i uzyskanie spójnego obrazu badanego zjawiska w celu jego analizy. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie nowoczesnych technik zdalnego pozyskiwania danych, które znajdują na coraz szersze zastosowanie w badaniach środowiskowych. Na szczególną uwagę zasługuje tu technologia LiDAR – Light Detection and Ranging, której niepodważalne atuty takie jak szybkość pozyskiwania danych obejmujących znaczny obszar, duża rozdzielczość przestrzenna i uzyskiwane wysokie dokładności pomiaru, pozwalają na pozyskanie szczegółowych danych na temat form rzeźby oraz rodzaju i właściwości pokrycia terenu w postaci numerycznego modelu terenu (NMT) i numerycznego modelu pokrycia terenu (NMPT). Ma to ogromne znaczenie w przypadku rozległych obszarów, na których zachodzą procesy o dużej dynamice zmian, takich jak brzeg morski, gdzie dotychczasowe metody badawcze pozwalały jedynie na uzyskiwanie szczegółowych danych w profilach lub dla bardzo małych obszarów (np. rejestracja sonarem lub pomiary geodezyjne) a dane dla większych obszarów (satelitarne) zapewniały dużo mniejszą szczegółowość. Stosując ALS w zależności od rodzaju wykorzystanego skanera, można przeprowadzić rejestrację w zakresie światła czerwonego, która pozwala na pozyskanie

danych z obszaru lądu (tzw. skanery topograficzne) lub w zakresie światła zielonego, które przenikając przez wodę pozwala na rejestrację rzeźby dna zbiorników wodnych (skanery batymetryczne). W badaniach strefy brzegowej najcenniejsze są skanery zintegrowane tj. szwedzki HawkEye, które posiadają możliwość równoczesnej rejestracji rzeźby dna morskiego i przylegającej do niego powierzchni lądu, której nie oferuje żadna inna technika pomiarowa. Jednak ze względu na duże ograniczenia rejestracji dna w wodach o małej przejrzystości oraz wysokie koszty a co za tym idzie dużą niepewność co do jakości pozyskanych danych, wciąż nie są one wykorzystywane rutynowo w monitoringu południowych brzegów Bałtyku.

Nawiązana jeszcze w czasie studiów współpraca z firmą geodezyjną Geomar S.A., a później również GISPRO, zaowocowała moim udziałem w pierwszej na polskim wybrzeżu, eksperymentalnej rejestracji danych ALS (Airborne Laser Scanning) przeprowadzonej w 2007 roku przez szwedzką firmę AHAB. Za pomocą zintegrowanego skanera HawkEye, pozyskano dane dla odcinka brzegu o długości ok. 2 km na wschód od falochronów ujściowych Świny w rejonie obecnego gazoportu w Świnoujściu. Z przyczyn organizacyjnych możliwy był tylko jeden nalot, w czasie którego niestety panowały niesprzyjające warunki hydrodynamiczne, co spowodowało, że nie udało się uzyskać zadowalających danych z podbrzeża. Jednak wyniki uzyskane dla nadbrzeża i potencjalne możliwości tej metody przyczyniły się do podjęcia decyzji o włączeniu technologii lotniczego skanowania laserowego (lasera czerwonego rejestrującego nadbrzeże) do corocznego monitoringu brzegu wykonywanego przez Urząd Morski w Szczecinie.

W ramach nawiązanej współpracy z Urzędem Morskim w Szczecinie opracowałam wytyczne techniczne do przeprowadzenia rejestracji danych ALS z wykorzystaniem czerwonego lasera oraz zdjęć lotniczych na potrzeby opracowania NMT i NMPT oraz ortofotomapy w ramach ustawowego monitoringu brzegu i już rok później, w 2008 r. przeprowadzono pierwszą rejestrację dwóch odcinków wybrzeża: pozostającego w gestii Urzędu Morskiego w Szczecinie o długości 84 km i pozostającego w gestii Urzędu Morskiego w Gdyni o długości 132 km. Od tej pory rejestracja ALS i zdjęć lotniczych na potrzeby opracowania NMT, NMPT i ortofotomapy weszła na stałe do kanonu danych pozyskiwanych cyklicznie w ramach monitoringu brzegu przez Urzędy Morskie w Polsce. Rejestracje powtórzone w 2009 roku, w 2010 rozszerzono zakres o brzegi Zalewów Szczecińskiego i Wiślanego, a w 2012 roku, przy wspólnym udziale Urzędów Morskich w Szczecinie, Słupsku i Gdyni zarejestrowano całe wybrzeże. W kolejnych latach ze względu na problemy techniczne, każdy z urzędów realizował monitoring oddzielnie, przy czym Urząd Morski w Szczecinie powtarza rejestracje w zależności od możliwości finansowych cyklicznie co roku lub co 2 lata. W ramach współpracy, zostałam ekspertem Urzędu Morskiego w Szczecinie ds. monitoringu brzegu z wykorzystaniem technologii lotniczego skanowania laserowego i przygotowuję dokumentację techniczną do przetargów oraz przeprowadzam ocenę merytoryczną nadesłanych ofert i sprawuję nadzór nad realizacją zamówienia i kontrolą przekazywanych danych (III.M.1, III.M.2, III.M.3, III.M.4, III.M.5, III.M.6, III.M.7, III.M.8, III.M.9).

Dane skanowania laserowego pozyskane i udostępnione przez Urząd Morski w Szczecinie stały się podstawą wielu analiz **dotyczących możliwości i przydatności technologii lotniczego skanowania laserowego do badań strefy brzegowej** a w szczególności zagadnień związanych z erozją, morfodynamiką i rozwojem brzegu. Ich wyniki były prezentowane na wielu krajowych (II.K.33, II.K.36, II.K.38, II.K.48, II.K.49, II.K.53, II.K.54, III.B.69, III.B.81, III.B.84, III.B.85, III.B.88, III.B.90) i międzynarodowych konferencjach (II.K.17, II.K.20, II.K.21,



III.B.42, III.B.45, III.B.55) gdzie spotkały się z dużym zainteresowaniem oraz zostały opublikowane (II.D.3, II.D.22, II.D.37, II.D.86) a praca (I.B.5) weszła w skład prezentowanego osiągnięcia naukowego. Obecnie, na podstawie tych danych, prowadzę badania nad określeniem objętości i kierunków przemieszczania sedimentów nadbrzeża na odcinku zachodniego wybrzeża o długości 84 km. Wstępne wyniki były już prezentowane na konferencjach (II.K.21, II.K.6) i są w trakcie przygotowywania do publikacji w czasopiśmie z listy A (Geomorphology). Uzyskane wyniki posłużą do kalibracji modeli numerycznych, które pozwolą na dokładniejsze niż do tej pory oszacowanie budżetu osadów w strefie brzegowej, w ramach przygotowywanego projektu badawczego we współpracy z dr W. Zhang i dr B. Huenicke z HZG w Geesthacht Hamburg oraz prof. dr. P. Froehle z Politechniki w Hamburgu. Uzyskane w projekcie wyniki w znaczny sposób mogą przyczynić się do lepszego rozpoznania zagadnień rozwoju brzegu południowego Bałtyku w rejonie Zatoki Pomorskiej.

Pomimo nieudanej próby rejestracji podbrzeża z wykorzystaniem skanera HawkEye, dostrzegając potencjał tej metody w badaniach strefy brzegowej, podjęłam starania o zapewnienie środków finansowych na kolejny eksperyment i przy poparciu prof. K. Furmańczyka, została ona uwzględniona w projekcie MICORE. Rejestrację przeprowadzono w 2009, dzięki współpracy z Urzędem Morskim w Szczecinie i włączeniu jej do przetargu organizowanego w ramach monitoringu brzegu. Niestety podwykonawca odpowiedzialny za to zadanie miał problemy techniczne ze skanerem i przekazane materiały nie spełniły w pełni naszych oczekiwań. Zostały jednak wykorzystane w badaniach w projekcie MICORE a obecnie stanowią dane źródłowe pracy doktorskiej pani E. Gasińskiej-Kołyško pt. "Opracowanie algorytmu zwiększania dokładności Numerycznego Modelu Dna i Terenu na podstawie Lotniczego Skaningu Laserowego na przykładzie Międzyzdrojów i Mierzei Dziwnowskiej", realizowanej pod kierunkiem prof. Furmańczyka, gdzie pełnię funkcję promotora pomocniczego (III.K).

Kolejnym nowym zagadnieniem realizowanym po uzyskaniu stopnia naukowego doktora było praktyczne zastosowanie wiedzy na temat procesów i zagrożeń występujących w strefie brzegowej w zarządzaniu kryzysowym, w postaci **systemu wczesnego ostrzegania przed skutkami sztormu**, który był realizowany w ramach projektu MICORE. Celem projektu było opracowanie działającego w czasie rzeczywistym narzędzia do wiarygodnego przewidywania zmian morfologii brzegu pod wpływem sztormu, jako wsparcia strategii i procedur zarządzania kryzysowego w aspekcie bezpieczeństwa plaży, wydmy i zaplecza. W ramach projektu prowadzono monitoring zmian morfologii wybrzeża z użyciem nowoczesnych technologii takich jak: GPS RTK czy ALS (skaner topograficzny i batymetryczny) oraz parametrów hydro-meteorologicznych dla pilotażowego odcinka brzegu Mierzei Dziwnowskiej. Pomiarы dostarczały danych do kalibracji modelu numerycznego XBeach, który na ich podstawie obliczał wielkość zmian brzegu morskiego w wyniku oddziaływania morza. Uzyskane wyniki wprowadzono do Systemu Wczesnego Ostrzegania, którego zadaniem było przewidywanie skutków oddziaływania sztormów o określonych parametrach na brzeg. Opracowany prototyp Systemu miał stanowić narzędzie wspomagające w systemie Zarządzania Kryzysowego Gminy Dziwnów oraz miał być wykorzystywany na potrzeby zadań realizowanych przez Urząd Morski w Szczecinie.

W projekcie, duży nacisk położono również na rozpowszechnianie wyników wśród potencjalnych użytkowników na szczeblach krajowym i lokalnym poprzez organizację konferencji i warsztatów (III.C.9, III.C.11), prezentowanie wyników badań (III.I.3, III.I.4, III.I.5, III.I.6, III.I.7, III.I.8, III.I.9, III.I.10, III.I.11), opublikowanie wielojęzycznych raportów (II.E.9, II.E.11, II.E.12, II.E.13, II.E.14) oraz prezentację wyników na stronie internetowej opartej na

technologii Web-GIS ([www.micore.eu](http://www.micore.eu)). Wygłaszając referaty na licznych spotkaniach i seminariach, brałam czynny udział w budowaniu lepszych relacji pomiędzy ekspertami strefy brzegowej i użytkownikami końcowymi, co ma duże znaczenie w zintegrowanym zarządzaniu tą strefą.

W ramach realizacji projektu MICORE uczestniczyłam również w kalibracji i walidacji nowego modelu o otwartym kodzie źródłowym do przewidywania skutków sztormu (XBeach). Moim zadaniem było dostarczanie danych wejściowych do modelu oraz udział w interpretacji uzyskiwanych wyników i doborze parametrów modelu. Uczestniczyłam też w opracowaniu merytorycznych i metodycznych założeń operacyjnego, działającego on-line Systemu Wczesnego Ostrzegania przed skutkami sztormów dla Mierzei Dziwnowskiej. Odrębnym zagadnieniem realizowanym w ramach projektu MICORE, w którym miałam swój udział, było **opracowanie metodyki tworzenia map zagrożenia powodziowego od strony morza** bazujących na technologii GIS. Na podstawie określonych statystycznie parametrów sztormu 10-letniego i 100-letniego, uwzględniając 2 wskaźniki oddziaływania sztormu: erozję wydmy i zalewanie plaży sporządzono mapy zagrożenia dla Mierzei Dziwnowskiej. Opracowana metodyka i wykonane na jej podstawie mapy oraz ich walidacja zostały opisane w raportach projektu (II.E.12 i II.E.13) oraz zaprezentowane na konferencji (III.B.15) i spotkaniach z potencjalnymi użytkownikami (III.I.5, III.I.6, III.I.7, III.I.8, III.I.9, III.I.10, III.I.11).

Utworzenie i uruchomienie w Internecie działającego operacyjnie Systemu Wczesnego Ostrzegania było kluczowym zadaniem i najważniejszym osiągnięciem projektu, a wyniki uzyskane w trakcie jego realizacji były prezentowane na licznych konferencjach krajowych (III.B.70, III.B.72, III.B.75, III.B.87) i międzynarodowych (II.K.12, III.B.12, III.B.16, III.B.21, III.B.23) oraz zostały opublikowane (II.D.34).

Doświadczenia zdobyte w czasie tworzenia Systemu Wczesnego Ostrzegania przed skutkami sztormu opracowanego w ramach projektu MICORE zostały wykorzystane podczas realizacji w latach 2010-2014 projektu wdrożeniowego SatBałtyk - Satelitarna Kontrola Środowiska Morza Bałtyckiego, który dotyczył zagadnień szeroko pojętego **monitoringu środowiska, w tym wybrzeży**. Założenia systemu SatBałtyk, teoretyczne podstawy oraz jego aplikacyjne zastosowania były prezentowane na konferencjach międzynarodowych (III.B.17, III.B.19, III.B.25, III.B.26, III.B.53, III.B.54) i zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych (II.D.10) w postaci broszury (II.D.81) oraz w czasopiśmie z listy filadelfijskiej (II.A.1, II.A.2). Głównym zadaniem zespołu INoM realizującego projekt, było opracowanie modułu SatBałtyk Brzegi, jako uzupełnienie informacji o stanie środowiska Bałtyku o strefę brzegową. Głównym celem było określenie stopnia przekształcenia brzegu w wyniku oddziaływania falowania i zmian poziomu wody na podbrzeże, plażę i wydmy, w aspekcie potencjalnych bezpośrednich i pośrednich zagrożeń jakie to oddziaływanie może spowodować dla brzegu, ludzi i istniejącej infrastruktury. Z powodu zbyt niskiej rozdzielczości przestrzennej danych, rejestrowanych przez satelity wykorzystywane operacyjnie w systemie SatBałtyk, która uniemożliwia bezpośrednie pozyskanie szczegółowej informacji o zjawiskach zachodzących w strefie brzegowej, do określenia stanu wybrzeża niezbędne było opracowanie koncepcji monitorowania z wykorzystaniem modelowania numerycznego wspieranego pomiarami terenowymi, zdjęciami lotniczymi i teledetekcją bliskiego zasięgu. W tym celu opracowano model koncepcyjny strefy brzegowej zawierający definicje wybranych „wskaźników oddziaływania”, dzięki którym możliwe było określenie bieżącego i przewidywanego stanu środowiska strefy brzegowej.

W ramach tego projektu, jako kierownik dwóch zadań, uczestniczyłam w opracowaniu teoretycznych podstaw systemu ewidencji skutków i zagrożeń w strefie brzegowej

spowodowanych bieżącymi i spodziewanymi stanami sztormowymi oraz w opracowaniu i empirycznej weryfikacji wstępnej wersji algorytmu wyznaczania ilości zawiesiny pochodzącej z erozji brzegu w rejonie zachodniego wybrzeża Polski. Jego teoretyczne podstawy oraz aplikacyjne zastosowania były prezentowane na konferencjach krajowych (II.K.41, II.K.42, II.K.43, II.K.45, II.K.46, II.K.52, II.K.55, III.B.74, III.B.76, III.B.77) i międzynarodowych (III.B.29, III.B.32) oraz opublikowane w 4 tomie monografii ZZOP (II.D.33, II.D.35, II.D.36) oraz w czasopiśmie z listy filadelfijskiej (II.A.6).

Jednak największe moje zainteresowanie oscylowało wokół zagadnień związanych z rozpoznaniem mechanizmów rozwoju wybrzeży. Ze względu na fakt, że rozwój brzegu obejmuje zróżnicowane procesy przebiegające w różnych skalach czasowych, w jego badaniu konieczne jest zastosowanie kompleksowego oraz interdyscyplinarnego podejścia. Jednak trudności w pozyskaniu bardzo szczegółowych danych dla dużych obszarów wymuszają prowadzenie badań jedynie na obszarach testowych zaś brak długich serii pomiarowych niezbędnych w przypadku prób rekonstrukcji bądź prognozowania, stanowi duże ograniczenie metodyczne. Rozwiązaniem może być wykorzystanie modelowania numerycznego i numerycznych metod obliczeniowych. Aby móc wykorzystać ich potencjał nawiązałam współpracę interdyscyplinarną, w ramach której uczestniczyłam w pracach nad ***zastosowaniem modelowania numerycznego w badaniach rozwoju brzegu morskiego w różnych skalach czasowych.***

Pierwszym krokiem był udział w ***modelowaniu krótkookresowych zmian morfologii brzegu*** rozpoczęty w ramach projektu badawczego MICORE (II.I.7). Na potrzeby opracowania Systemu wczesnego ostrzegania przed skutkami sztormu uczestniczyłam w analizie wpływu pojedynczego wezbrania sztormowego na zmiany podbrzeża, plaży i wydmy. W tych badaniach, do analizy zmian profilu brzegu w wyniku oddziaływania sztormu, po raz pierwszy w Polsce, zastosowano morfodynamiczny model numeryczny XBeach. Razem z mgr N. Bugajny i prof. Furmańczykiem uczestniczyłam w pracach nad kalibracją i walidacją tego modelu. Pierwszy etap kalibracji, obejmował 8 profili brzegowych zlokalizowanych wzdłuż Mierzei Dziwnowskiej. W wyniku przeprowadzonych testów uzyskano zestaw parametrów modelu, które w zadowalający sposób odtwarzały zmiany plaży i wydmy powstałe w wyniku oddziaływania znaczącego wezbrania sztormowego.

Drugi etap tych badań, realizowany już w ramach projektu SatBałtyk (II.I.10), miał na celu wykorzystanie modelu XBeach do przewidywania wielkości erozji plaży i wydmy. Badania przeprowadzono na 10 profilach brzegowych zlokalizowanych wzdłuż Mierzei Dziwnowskiej, a uzyskane bardzo dobre rezultaty potwierdziły przydatność modelu XBeach do przewidywania wielkości erozji brzegu ale też jednoznacznie potwierdziły konieczność jego kalibracji i dopasowania parametrów do specyfiki modelowanego obszaru. Mój wkład w te badania polegał na współtworzeniu ich koncepcji, przetworzeniu części danych pomiarowych ALS wykorzystanych do kalibracji oraz udziale w interpretacji i analizie rezultatów. Uzyskane wyniki modelowania numerycznego zostały zaprezentowane na konferencjach krajowych (II.K.37, II.K.39) i międzynarodowych (II.K.13, III.B.11, III.B.27, III.B.46) oraz zostały opublikowane w czasopiśmie z listy filadelfijskiej (II.A.4, II.A.8).

Następnym krokiem była ***rekonstrukcja morfologii brzegu w skali dziesięcioleci***, przeprowadzona w wyniku współpracy pomiędzy Instytutem Nauk o Morzu US i Instytutem Fizyki Uniwersytetu w Greifswaldzie, z wykorzystaniem modelowania numerycznego, na podstawie którego określono ilość transportowanego wzdłuż brzegu materiału (longshore sediment transport - LST). W tym celu zastosowano wysokiej rozdzielczości model 1D odtwarzający w profilach poprzecznych procesy zachodzące w podbrzeżu, który został

sprzężony z modelem przestrzennym 2DH. Rezultaty tych badań zostały opublikowane w wysoko punktowanym czasopiśmie z listy A (II.A.3).

Rozwinięciem tych badań, które pozwoliło na równoczesne modelowanie procesów zachodzących w wyniku oddziaływania fal i prądów morskich w podbrzeżu z oddziaływaniem procesów eolicznych na brzegu, było połączenie metody automatyki komórkowej (cellular automata CA) i modelu bazującego na procesach naturalnych. W przeprowadzonych symulacjach odtworzono w skali 10-leci rozwój wydm nadmorskich wraz z sukcesją roślinności z równoczesnym przemieszczaniem osadów w strefie podbrzeża. Wyniki zostały opublikowane w Coastal Engineering (II.A.7).

Mój udział w tych badaniach polegał na zgromadzeniu danych pomiarowych, przeprowadzeniu analiz wielkości zmian brzegu na podstawie danych teledetekcyjnych, które następnie posłużyły jako dane wejściowe do kalibracji i walidacji modeli numerycznych. Uczestniczyłam również w analizie uzyskanych wyników i przygotowaniu publikacji.

W ramach realizacji projektu badawczego „CoPaF – Coastline Changes of the southern Baltic Sea – Past and future projection”, uczestniczyłam w **rekonstrukcji morfologii brzegu w skali geologicznej**. Celem projektu było opracowanie numerycznego modelu do rekonstrukcji oraz projekcji zmian morfologii w celu określenia morfogenezy wybrzeży piaszczystych w różnych skalach czasowych (od dekady po okres 100 lat) oraz zaimplementowanie tego modelu na obszarach badań szczegółowych południowego wybrzeża Bałtyku (Brama Świny, Mierzeja Łebska, Półwysep Helski), które zostały wybrane jako obszary reprezentatywne w odniesieniu do kluczowych procesów morfodynamiki południowego Bałtyku, takich jak kształtowanie wybrzeży wysp barierowych, rozwój otwartego wybrzeża i półwyspów piaszczystych, w celu rekonstrukcji minionego stulecia oraz opracowania projekcji aż do roku 2100, wyznaczonego przez zakres modelowania zmian klimatu.

W ramach projektu CoPaF uczestniczyłam w opracowaniu nowego modelu GIA – glacial isostatic adjustment dla regionu południowego Bałtyku, na podstawie historycznych danych poziomów morza na stacjach zlokalizowanych wzdłuż polskiego wybrzeża, co w efekcie pozwoliło na uwzględnienie w modelowanych zmianach brzegu wpływu neotektoniki. Uczestniczyłam również w analizach historycznych zmian poziomu morza i brzegu, przeprowadzanych na podstawie historycznych map oraz zdjęć lotniczych, których wyniki pozwoliły na kalibrację opracowywanego modelu DESM a w efekcie na rekonstrukcję przebiegu linii brzegowej w holocenie oraz predykcję jej przebiegu w przyszłości.

Wyniki badań, zarówno dotyczące opracowanej metodyki jak i rezultaty modelowania numerycznego, były prezentowane i szeroko dyskutowane głównie na forum międzynarodowym (II.K.19, II.K.22, III.B.10, III.B.13, III.B.14, III.B.18, III.B.20, III.B.22, III.B.24, III.B.28, III.B.30, III.B.31, III.B.33, III.B.34, III.B.35, III.B.36, III.B.37) ale też krajowym (II.K.44, II.K.47) oraz zostały opublikowane w renomowanych czasopismach (II.A.5, II.D.11, II.D.12, II.D.13, II.D.14).

Podsumowanie moich dotychczasowych badań stanowią zagadnienia związane z **teledetekcyjnymi analizami zmienności wybranych elementów morfologii morskiej strefy brzegowej i określaniem na tej podstawie tendencji rozwoju i dynamiki brzegu**. Rozpoznanie, zbadanie i opisanie specyficznych zależności pomiędzy zmiennością wybranych elementów morfologii strefy brzegowej i powiązanie ich z czynnikami generującymi te zmiany przy uwzględnieniu uwarunkowań geologicznych i geomorfologicznych daje możliwość całościowego spojrzenia na strefę brzegową i przyczynia się do rozpoznania

mechanizmów jej funkcjonowania, co ma ogromne znaczenie dla bezpieczeństwa brzegu oraz zintegrowanego zarządzania tym obszarem.

Uzyskane wyniki były szeroko prezentowane i dyskutowane na konferencjach krajowych (II.K.57, II.K.59, II.K.60, III.B.67, III.B.68, III.B.71, III.B.73) i międzynarodowych (II.K.14, II.K.16, II.K.18) oraz zostały opublikowane (II.A.7, II.D.14, II.D.32) a prace I.B.2, I.B.3 i I.B.6 weszły w skład prezentowanego osiągnięcia naukowego.

Pomimo iż większość moich badań dotyczy badań strefy brzegowej południowego Bałtyku, to w swoich badaniach nie ograniczam się do tylko do tego morza. W roku 2012 roku rozpoczęłam trwającą do dziś współpracę z Yantai Institute of Coastal Zone Research (Chinese Academy of Sciences) z siedzibą w Yantai w prowincji Shandong. Jej efektem była realizacja w latach 2013-2014 bilateralnego projektu pt. „Coastal environmental change and bio-diversity response during the last century in the Laizhou Bay, Bohai Sea, and the Swina River Gate, Baltic Sea – A Comparative study” (II.I.10). Projekt był realizowany przez Yantai Institute of Coastal Zone Research (CAS) i Instytut Nauk o Morzu (US) na podstawie Polsko-Chińskiej umowy o dwustronnej współpracy naukowo-technologicznej, a koordynatorami projektu byli: po stronie YICZR prof. Song QIN i dr Cheng TANG, a po stronie INoM US prof. dr hab. Andrzej Witkowski.

Obecnie, od 2017 roku jestem jednym z wykonawców projektu o akronimie ERES - „Ewolucja "delt" Hajnan" na północno-zachodnim szelfie Morza Południowochińskiego jako reakcja na paleośrodowiskowe zmiany od późnego plejstocenu”, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (2016/21/B/ST10/02939), którego kierownikiem jest prof. dr. Jan Harff (II.I.12). Projekt realizowany jest w ścisłej współpracy z Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS) w Kantonie oraz dwoma innymi chińskimi instytucjami: Marine Geological Institute of Hainan Province w Hai-kou oraz China University of Geosciences w Wuhan. Głównym celem tego projektu jest paleośrodowiskowa interpretacja danych sedimentologicznych i sejsmicznych z szelfu Morza Południowochińskiego w rejonie zatoki Beibu oraz opracowanie na tej podstawie wysokorozdzielczego modelu stratygrafii sekwencyjnej na potrzeby rekonstrukcji zmian w tym obszarze, które były rezultatem reakcji środowiska na wahania poziomu morza i fluktuacje klimatu w okresie morskich stadiów izotopowych MIS4 do MIS2.

W projekcie ERES uczestniczę w **rekonstrukcji paleośrodowiska na podstawie modelowania koncepcyjnego**. Moim zadaniem jest gromadzenie, przetwarzanie i interpretacja dostępnych danych przestrzennych, które obejmują zdjęcia satelitarne, zintegrowany numeryczny model terenu części lądowej i dna morskiego rejonu Morza Południowochińskiego oraz wysokorozdzielczy numeryczny model terenu obszarów lądowych wyspy Hainan i wybrzeży Morza Południowochińskiego. Dane te stanowią podstawę opracowywanego modelu koncepcyjnego. Kolejnym zadaniem jest merytoryczny nadzór nad utworzeniem systemu informacji geograficznej (GIS) obszaru badań, integracja danych teledetekcyjnych oraz opracowanych w ramach projektu danych przestrzennych pochodzących z rejestracji sonarowych i analiz rdzeni. Jednak najważniejszym moim zadaniem jest nadzór merytoryczny nad przebiegiem analiz przestrzenno-czasowych wykonywanych za pomocą narzędzi GIS, których efektem będzie koncepcyjny model rekonstrukcji paleośrodowiska. Uzyskane w wyniku tych analiz dane, pozwolą na określenie nie tylko kierunków transportu materiału osadowego, ale także pozwolą na odtworzenie rzeźby dna morskiego w wybranych stadiach ostatniego cyklu glacialnego z uwzględnieniem zmieniającego się poziomu morza oraz na obliczenie zgrubnej objętości sedimentów. Dzięki rozpoznaniu relacji chronologiczno-przestrzennych ułatwią określenie warunków

depozycyjnych osadów na potrzeby rekonstrukcji paleośrodowiskowych (paleogeograficznych i paleoklimatycznych). Wstępne wyniki zawierające rekonstrukcje przebiegu linii brzegowej w fazach regresji i transgresji morskiej zostały przedstawione w raporcie (II.E.15) zaś model paleośrodowiskowy jest w trakcie opracowania. Uzyskane wyniki i zastosowana metoda zostaną opublikowane w renomowanym czasopiśmie z listy filadelfijskiej po zakończeniu projektu w 2019 roku.

### Podsumowanie

Głównym tematem moich prac były zagadnienia dotyczące kształtowania morskiej strefy brzegowej w różnych skalach czasowych i aspektach (geograficznym, dynamicznym, morfogenetycznym) z uwzględnieniem uwarunkowań i czynników sprawczych. Realizowane przeze mnie tematy badawcze, pozwoliły na przeprowadzenie wieloaspektowej, kompleksowej i interdyscyplinarnej analizy dynamiki strefy brzegowej i współczesnego rozwoju zachodniego wybrzeża Polski w warunkach oddziaływania procesów o charakterze ekstremalnym, uwzględniającej wzajemne oddziaływanie wybranych uwarunkowań, czynników i procesów zachodzących w różnych skalach przestrzennych i czasowych.

Badania prowadziłam wielotorowo: (1) w kierunku rozpoznania długookresowych tendencji rozwoju brzegu morskiego, i na tym tle (2) określenia współczesnych procesów kształtujących wybrzeże pod kątem morfogenetycznych i morfodynamicznych uwarunkowań oraz wpływu poszczególnych czynników na zachodzące zmiany, aby na podstawie uzyskanych wyników (3) podjąć próbę odtworzenia przeszłych i prognozowania przyszłych zmian.

Ważnym elementem prowadzonych badań były opracowania wykonane z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych i pomiarowych GPS, technologii skanowania laserowego, analiz w środowisku GIS oraz możliwości ich wykorzystania w badaniach brzegu morskiego w różnych aspektach. Konsekwentnie podejmowane próby (uzależnione od dostępności danych lub możliwości pomiarowych) integracji i kompleksowej analizy danych, pochodzących z różnych źródeł, o różnej rozdzielczości zarówno przestrzennej jak i czasowej oraz ich przetwarzanie i analiza w celu uzyskania spójnego obrazu procesów zachodzących w strefie brzegowej oraz powodowanych przez nie efektów. Obejmowały one zarówno pozyskanie danych, jak i ich przetwarzanie i wizualizację produktu końcowego.

Wykorzystanie w badaniach zdjęć lotniczych umożliwiło mi analizę długich cykli obserwacyjnych bazujących na danych pomiarowych. Na ich podstawie, z wykorzystaniem modeli numerycznych, mogłam wydłużyć czas obserwacji analizowanych zjawisk do dziesięcioleci i setek lat, co umożliwiło rekonstrukcję i przewidywanie zmian brzegu w okresach, których nie obejmują dane pomiarowe.

Tematy badawcze, zależnie od dostępności danych, realizowałam głównie na obszarze zachodniego wybrzeża Polski ale również dotyczą one wybrzeża środkowego i Półwyspu Helskiego, jak również badań porównawczych wybrzeża Polski i Włoch (krajobraz).

Większość moich publikacji mieści się tematycznie w zakresie badań geomorfologii, teledetekcji i zintegrowanego zarządzania obszarami przybrzeżnymi oraz interdyscyplinarnych badań strefy brzegowej z uwzględnieniem modelowania numerycznego i analiz statystycznych. Dodatkowym efektem było wykonanie przeze mnie pierwszego wysokorozdzielczego zestawu ortofotografii przeznaczonego do badań strefy brzegowej wykonanych dla obszaru zachodniego wybrzeża o rozdzielczości przestrzennej 0.5 m na podstawie barwnych zdjęć lotniczych pozyskanych w ramach programu PHARE, które posłużyły później do fotogrametrycznego opracowania historycznych zdjęć lotniczych, które umożliwiły długookresowe analizy morfodynamiki brzegu. Potwierdzenie, między innymi w

moich badaniach, przydatności przetworzonych fotogrametrycznie zdjęć lotniczych i danych lotniczego skanowania laserowego do analiz brzegu morskiego przyczyniło się do zainicjowania, trwającego nieprzerwanie od 2008 roku, wykorzystania przez Urząd Morski do monitoringu brzegu, ortofotomap lotniczych i numerycznych modeli terenu NMT z danych ALS. W ramach współpracy, jako ekspert Urzędu Morskiego w Szczecinie od 2008 r. przygotowuję wytyczne techniczne pozyskiwania zdjęć lotniczych i danych lotniczego skanowania laserowego oraz dokonuję odbioru i oceny pozyskanych danych (patrz załącznik 3 p. M.1-9). Uzyskane wyniki stały się podstawą do przygotowania w 2006 roku mojej rozprawy doktorskiej oraz weszły w zakres badawczy przedstawionego powyżej monotematycznego cyklu publikacji stanowiących podstawę do wystąpienia z wnioskiem do Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

W okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, poza rozprawą doktorską, ukazało się 12, recenzowanych prac naukowych, których byłem współautorem. Cztery z nich dotyczyły wykorzystania historycznych zdjęć lotniczych do identyfikacji układów cyrkulacyjnych (II.D.5, II.D.16) oraz określania prawidłowości funkcjonowania strefy brzegowej (II.D.1, II.D.17). Sześć kolejnych dotyczyło wykorzystania geoinformacji do analiz strefy brzegowej oraz zagadnień zintegrowanego zarządzania obszarami przybrzeżnymi, w tym ochrony brzegu morskiego i społecznego postrzegania problemu erozji (II.D.2, II.D.7, II.D.18, II.D.19, II.D.20, II.D.21). W dwóch ostatnich zaproponowano metodę klasyfikacji krajobrazu wybrzeża opracowaną dla brzegów Zatoki Pomorskiej oraz regionu Calabrii we Włoszech (II.D.6, II.D.15). Wyniki prowadzonych badań prezentowałam również na krajowych i międzynarodowych konferencjach tematycznych w postaci 10 wygłoszonych referatów, 12 zaprezentowanych posterów i współautorstwa 12 referatów i 4 posterów (Załącznik 3).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora ukazało się 39 recenzowanych publikacji naukowych, których byłem autorem lub współautorem, w tym 12 publikacji w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC), 1 monografia, 4 rozdziały w anglojęzycznej monografii z serii Springer Coastal Research Library. Siedem z nich dotyczyło określania długookresowej tendencji rozwoju i dynamiki brzegu (II.D.4, II.D.8, II.D.13, II.D.27, II.D.31) oraz wpływu zjawisk ekstremalnych na zmiany brzegu (I.B.1, II.D.29). Osiem publikacji dotyczyło zagadnień ZZOP a w szczególności metod przewidywania wielkości erozji brzegu (II.D.9, II.D.23, II.D.30) oraz zagadnień związanych z zabezpieczaniem brzegu za pomocą budowli hydrotechnicznych i zabiegów ochronnych i ich oddziaływaniem na brzeg morski (I.B.4, II.D.24, II.D.25, II.D.26, II.D.28). Cztery kolejne dotyczyły przydatności i zastosowania technologii skanowania laserowego do analiz strefy brzegowej (I.B.5, II.D.3, II.D.22, II.D.37). Osiem publikacji dotyczyło zagadnień związanych z tworzeniem systemów ostrzegania przed skutkami sztormu i monitoringu brzegu (II.A.1, II.A.2, II.A.6, II.D.10, II.D.33, II.D.34, II.D.35, II.D.36). Sześć publikacji dotyczyło zastosowania modelowania numerycznego w badaniach morfo dynamiki i rozwoju brzegu morskiego (II.A.3, II.A.4, II.A.5, II.A.8, II.D.11, II.D.12). Pięć publikacji dotyczyło analiz interakcji pomiędzy uwarunkowaniami i czynnikami sprawczymi generującymi zmiany brzegu oraz ich wpływem na wielkość tych zmian (I.B.2, I.B.3, I.B.6, II.A.7, II.D.14, II.D.32).

Wyniki prowadzonych badań prezentowałam również na krajowych i międzynarodowych konferencjach tematycznych w postaci: 51 wygłoszonych referatów, 9 zaprezentowanych posterów i współautorstwa 45 referatów i 6 posterów (Załącznik 3).

Jestem autorem 5 recenzji manuskryptów w czasopismach z IF (Geomorphology, Journal of Coastal Research, Oceanologia, Miscellanea Geographica) oraz 1 recenzji do Encyclopedia of Marine Geosciences.

W swojej pracy duży nacisk kładłam na kompleksową analizę funkcjonowania strefy brzegowej na podstawie wszelkich, możliwych do uzyskania informacji, pochodzących z różnych źródeł tj. pomiarów geodezyjnych i hydrograficznych, opisów historycznych, dokumentacji technicznej, archiwalnych map, historycznych zdjęć lotniczych i chmur punktów ALS, co wiązało się z koniecznością zarówno przestrzennej jak i czasowej integracji tych danych oraz ich kompleksową analizą i przetwarzaniem cyfrowym. Wykorzystanie w badaniach wielu rodzajów danych pomiarowych pozyskiwanych różnymi technikami i możliwości analitycznych na jakie pozwalają Systemy Informacji Geograficznej (GIS), bardzo często wymagało opracowania autorskich procedur przygotowania i przetwarzania danych, obliczeń i wizualizacji. Aby w pełni wykorzystać dostępne dane i sprostać wysokim wymaganiom dokładnościowym nieustannie podnosiłam swoje kompetencje aktywnie uczestnicząc w krajowych i międzynarodowych stażach, szkołach letnich, warsztatach i szkoleniach specjalistycznych (Załącznik 3 p. [L1-14](#) i [Q1-6](#)).

### Współpraca naukowa

Realizacja większości prowadzonych przeze mnie badań nie byłaby możliwa, gdyby nie szeroka, interdyscyplinarna współpraca naukowa. W początkowym okresie rozwijałam ją głównie na bazie istniejących kontaktów naukowych zespołu do którego dołączyłam, tj. Zakładu Teledetekcji i Kartografii Morskiej US, kierowanego ówczasie przez dr K. Furmańczyka. Dzięki temu, już w pierwszych latach swojej działalności naukowej mogłam nawiązać współpracę z doświadczonymi specjalistami z różnych dziedzin z wielu zarówno krajowych jak i zagranicznych ośrodków badawczych. W zakresie fotogrametrycznego przetwarzania i interpretacji zdjęć lotniczych, współpracowałam m.in. z dr. K. Pyką, dr. A. Boronem z Zakładu Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz mgr inż. J. Zarzyckim i mgr inż. W. Dąbrowskim z firmy geodezyjnej GEOMAR S.A. Bardzo wartościowa dla mojej pracy naukowej była również możliwość dodatkowej konsultacji uzyskanych wyników przetwarzania zdjęć lotniczych z uznanymi specjalistami z ośrodków zagranicznych, między innymi z prof. S.E. Smith'em z Remote Sensing Applications Laboratory University of Florida oraz z prof. R. Zoelitz-Moeller'em i prof. H. Weller'em z University of Greiswald oraz w zakresie budowy i zabiegów hydrotechnicznych i ich oddziaływania na strefę brzegową z prof. F. V. Gomesem z Department of Civil Engineering Technical University of Porto i dr T. Basińskim z Instytutu Budownictwa Wodnego PAN. Efektem tej współpracy było opracowanie dla zachodniego wybrzeża Polski bazy danych zawierającej współczesne i historyczne mapy i zdjęcia lotnicze. Stanowiła ona podstawowy zestaw danych do analiz zmian zachodzących na brzegu morskim, których wyniki opublikowałam w wielu późniejszych artykułach ([II.D.1](#), [II.D.4](#), [II.D.8](#), [II.D.9](#), [II.D.17](#), [II.D.23](#), [II.D.26](#), [II.D.27](#), [II.D.30](#)) oraz w rozprawie doktorskiej ([II.E.8](#)) a także częściowo w monografii ([I.B.4](#)) i publikacji ([I.B.6](#)) wchodzącej w skład dzieła.

W pierwszych latach swojej działalności naukowej nawiązałam również bliską, trwającą do dzisiaj współpracę z zarówno prof. Musielakiem z Uniwersytetu Szczecińskiego w zakresie morfodynamiki i rozwoju brzegu, jak i z dr P. Wężykiem z Laboratorium Geomatyki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, w zakresie analiz GIS i przetwarzania danych teledetekcyjnych oraz przetwarzania i analizy danych lotniczego skanowania laserowego. Efektem tej współpracy są liczne wystąpienia konferencyjne ([II.K.17](#), [II.K.25](#), [II.K.42](#), [II.K.48](#),



II.K.51, II.K.53, III.B.1, III.B.2, III.B.5, III.B.6, III.B.39, III.B.42, III.B.47, III.B.48, III.B.49, III.B.50, III.B.55, III.B.58, III.B.65, III.B.81, III.B.84, III.B.85, III.B.88) i publikacje (I.B.5, II.D.5, II.D.7, II.D.22).

W latach 1996-2003, moje zaangażowanie w prace oraz projekty badawcze Zakładu Teledetekcji i Kartografii Morskiej US oraz aktywne uczestnictwo w konferencjach naukowych pozwoliło mi na nawiązanie wielu nowych kontaktów, które okazały się bardzo cenne dla mojej dalszej aktywności naukowej. Szczególne znaczenie miał tu mój udział w międzynarodowych projektach BASYS (II.I.1) i EUROSION (II.I.3), który ukształtował mój kompleksowy sposób postrzegania strefy brzegowej. W ramach tych projektów współpracowałam między innymi z prof. Jordi Serra i dr Carlota Montori z Universitat Autònoma de Barcelona, prof. Fernando Pinto i prof. Fernando Veloso Gomes z Technical University of Porto, prof. Tommaso de Pippo University of Naples, prof. Giovanni Randazzo i dr Francesco Geremia z University of Messina. Efektem tej współpracy było zaproszenie naszego zespołu do realizacji kolejnych, międzynarodowych projektów badawczych MESSINA (II.I.5) i MICORE (II.I.7). Zaowocowały one dalszym rozszerzeniem moich kontaktów naukowych o kolejnych uznanych specjalistów zajmujących się zagadnieniami strefy brzegowej m.in. prof. Paolo Ciavola z University of Ferrara, prof. Rui Taborda z University of Lisboa, prof. Leonardo Disperatti z University of Siena, prof. Oscar Ferreira z University of Faro, dr Laura del Rio i dr Javier Benavente z University of Cadiz, prof. Dano Roelvink z Institute of Water Education UNESCO, dr Ap van Dongeren i dr Fedor Baart z Deltares. Efektem tej współpracy są raporty naukowe (II.E.7, II.E.9, II.E.11, II.E.12, II.E.13, II.E.14) oraz publikacje (I.B.1, I.B.2, I.B.3, II.A.4, II.D.5, II.D.7, II.D.9, II.D.16, II.D.17, II.D.18, II.D.19, II.D.20, II.D.23, II.D.30, II.D.32), które powstały w wyniku realizacji wymienionych projektów.

Nawiązywaniu przeze mnie indywidualnych kontaktów naukowych sprzyjał również udział w międzynarodowych szkołach letnich „Coastal zone problems” w Greifswaldzie (III.L.1), „Coastal Zone '03” w Lubiatowie (III.L.5) i „International Summer Course on Coastal Zone Management In the Atlantic Coast” w Ponta Delgada (III.L.7), gdzie poznałam wielu, światowej sławy specjalistów zajmujących się różnymi aspektami badań strefy brzegowej. Nawiązana wtedy współpraca zaowocowała w późniejszych latach m.in. podpisaniem umowy o współpracy naukowej i wymianie studentów pomiędzy Uniwersytetem Szczecińskim i Uniwersytetem w Kadyksie w ramach europejskiego programu Erasmus +. W ramach tej umowy odbyłam staż naukowy w Faculty of Earth Sciences University of Cadiz (III.L.14) w Hiszpanii oraz zorganizowałam wizytę studyjną prof. Giorgio Anfuso z University of Cadiz i prof. Allana Williama z University of Wales na Wydziale Nauk o Ziemi US. Podczas tej wizyty wygłosili oni referaty dla pracowników i studentów naszego wydziału oraz wspólnie przeprowadziliśmy badania terenowe polskiego wybrzeża Bałtyku, których wyniki są obecnie przygotowywane do publikacji.

Wymiernym efektem nawiązywanej przeze mnie przez cały okres współpracy, były pobyty stażowe w renomowanych europejskich ośrodkach naukowych: Martin Luther University Halle-Wittenberg (III.L.2) i Christian-Albrechts University Kiel (III.L.8) w Niemczech, University Reggio Calabria (III.L.3) i Centro Studi Fogliano (III.L.4, III.L.6) we Włoszech, School of Marine Sciences University of Plymouth (III.L.9, III.L.11) w Wielkiej Brytanii i Faculty of Engineering University of Porto (III.L.10) w Portugalii oraz zaproszenie mnie przez z prof. L. Disperatti z University of Siena do prowadzenia zajęć podczas międzynarodowej szkoły letniej IMARA – Integrated Multidisciplinary Approach to Flood Risk Analysis organizowanej w ramach Lifelong Learning Programme Erasmus Intensive Programme w San Giovanni Valdarno we Włoszech (2010).

Duże znaczenie dla moich badań miała również, nawiązana w latach 2010-2014, współpraca z wiodącymi krajowymi zespołami badawczymi z Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk, Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego i Instytutem Fizyki Akademii Pomorskiej w Słupsku, skupionymi w konsorcjum realizującym projekt SatBałtyk (II.I.10), kierowanym przez prof. B. Wozniaka z Instytutu Oceanologii PAN. Udział w tym projekcie umożliwił mi rozszerzenie moich zainteresowań poza obszary teledetekcji bliskiego zasięgu, na zagadnienia związane z teledetekcją satelitarną ekosystemów morskich. Efektem tej współpracy są między innymi publikacje (II.A.1, II.A.2, II.A.6, II.A.8, II.D.81) oraz współautorskie prezentacje na konferencjach międzynarodowych (III.B.17, III.B.19, III.B.25, III.B.26, III.B.36).

Jednak największe znaczenie dla moich badań miało zaproszenie mnie w 2009 roku przez prof. Jana Harff'a do realizacji projektu CoPaF (II.I.9). Dzięki tej współpracy nawiązałam wiele międzynarodowych, interdyscyplinarnych kontaktów naukowych, które zaowocowały rozszerzeniem moich badań na zagadnienia związane z rekonstrukcją zmian morfologii brzegu w skalach od dziesięcioleci do setek lat z wykorzystaniem modelowania numerycznego. Efektem współpracy z dr Junjie Deng Sun Yat-Sen University, dr Wenyan Zhang i dr Birgit Huenicke z Helmholtz-Zentrum Geesthacht, prof. Peterem Frohle Technical University of Hamburg, dr Andreasem Groh z Technical University Dresden, prof. Tarmo Soomere z Department of Cybernetics, Tallinn University of Technology, President, Estonian Academy of Sciences. Efektem tej współpracy są liczne referaty wygłaszane na krajowych (II.K.44, II.K.47) i międzynarodowych konferencjach (II.K.19, II.K.22, III.B.13, III.B.18, III.B.20, III.B.22, III.B.24, III.B.28, III.B.30, III.B.31, III.B.33, III.B.34, III.B.35, III.B.36, III.B.37), publikacje w renomowanych czasopismach (II.A.3, II.A.5, II.A.7, II.D.11, II.D.12, II.D.13, II.D.14) oraz zaproszenie mnie do wygłoszenia zamawianych referatów (II.K.1, II.K.2, II.K.3, II.K.6). Obecnie trwają również prace nad przygotowaniem wniosku nowego projektu badawczego.

Nawiązana współpraca z prof. Janem Harff'em i prof. Andrzejem Witkowskim rozpoczęła nowy okres mojej działalności naukowej i otwarcie na współpracę z ośrodkami naukowymi w Chinach. Pierwszym etapem był udział w projekcie realizowanym w ramach bilateralnego polsko-chińskiego projektu "Coastal environmental change and bio-diversity response during the last century In the Laizhou Bay, Bohai Sea and the Swina River Gate, Baltic Sea" (II.I.11). Efektem czego było podjęcie współpracy z prof. Hua Zhang, dr Cheng Tang, dr Yangfang Li oraz dwa pobyty studyjne w Chinach w Yantai Institute of Coastal Zone Research Chinese Academy of Sciences (III.L.12, III.L.13) i zaproszenie do wygłoszenia referatu na międzynarodowej konferencji (II.K.5). Efektem tej współpracy jest również mój udział w realizowanym aktualnie polsko-chińskim projekcie badawczym ERES (II.I.12), w którym kluczowym partnerem jest Guangzhou Marine Geological Survey w Kantonie, Chiny zaś wstępne wyniki badań został opisane w raporcie (II.E.15).

### Udział w konferencjach

Przez cały okres zatrudnienia na Uniwersytecie Szczecińskim aktywnie uczestniczyłam w wielu krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych gdzie prezentowałam wyniki swoich badań. W latach 1998-2018, wygłosiłam **62** referaty w tym **9** zamawianych i zaprezentowałam **21** posterów oraz byłam współautorem **57** wygłoszonych referatów i **10** posterów. Przed uzyskaniem stopnia doktora na konferencjach krajowych wygłosiłam 9 referatów i zaprezentowałam 8 posterów oraz byłam współautorem 5 referatów, zaś na konferencjach międzynarodowych wygłosiłam 1 referat i zaprezentowałam 4 postery oraz byłam współautorem 7 referatów i 4 posterów. Po uzyskaniu stopnia doktora na

konferencjach krajowych wygłosiłam 31 referatów, w tym 3 zamawiane i zaprezentowałam 4 postery oraz byłam współautorem 15 referatów i 1 posteru, zaś na konferencjach międzynarodowych wygłosiłam 21 referatów, w tym 6 zamawianych i zaprezentowałam 5 posterów oraz byłam współautorem 30 referatów i 5 posterów (patrz załącznik 3 p. II.K i III.B).

Aktywny udział w konferencjach naukowych w latach 1998-2018	międzynarodowe		krajowe		łącznie
	przed dr (do 08.2006)	po dr (po 09.2006)	przed dr (do 08.2006)	po dr (po 08.2006)	
Referat zamawiany wygłoszony	-	6	-	3	9
Referat wygłoszony	1	15	9	28	53
Współautorstwo referatu	7	30	5	15	57
Prezentacja posteru	4	5	8	4	21
Współautorstwo posteru	4	5	-	1	10
łącznie	16	61	22	51	150

### Organizacja konferencji

W swojej pracy zawsze doceniałam rolę wymiany myśli twórczej i merytorycznej dyskusji uzyskanych wyników w interdyscyplinarnych zespołach ekspertów w czasie konferencji i sympozjów naukowych. Poza aktywnym uczestnictwem w wielu zarówno krajowych jak i międzynarodowych konferencjach naukowych, również wielokrotnie uczestniczyłam w ich organizacji (patrz załącznik 3 p. III.C).

W latach 2003, 2005, 2008, 2010 uczestniczyłam w pracach komitetu organizacyjnego cyklicznych Ogólnopolskich Konferencji pod wspólnym tytułem „Zintegrowane Zarządzanie Obszarami Przybrzeżnymi w Polsce – stan obecny i perspektywy”. W 2008 roku byłam członkiem Komitetu Organizacyjnego V Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowego: „Geoinformacja obrazowa w świetle aktualnych potrzeb” oraz redaktorem dwóch zeszytów 18 tomu Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji. W 2013 roku byłam członkiem Komitetu Organizacyjnego VIII Forum Geografów Polskich „Geografia wobec problemów zmian globalnych”.

Brałam udział w pracach komitetu organizacyjnego International Coastal Symposium, które odbyło się w 2011 roku w Szczecinie, a którego głównym organizatorem był Coastal Education and Research Fundation (wydawca Journal of Coastal Research, czasopisma z listy A). Było to największe wydarzenie naukowe dotyczące zagadnień brzegu morskiego w Polsce, w którym wzięli udział specjaliści w zakresie badań brzegów morskich z całego Świata (ok. 500-600 osób).

W 2013 roku sprawowałam funkcję przewodniczącej Komitetu Organizacyjnego konferencji naukowej „Morska strefa brzegowa” z okazji jubileuszu 70-lecia prof. S. Musielaka i prof. K. Furmańczyka.

Obecnie jestem zaangażowana w organizację dwóch konferencji międzynarodowych. Pełnię funkcję przewodniczącej Komitetu Organizacyjnego XVI Polsko-Niemieckiego Sympozjum Naukowego, które odbędzie się w dniach 26-28 września 2018 w Międzyzdrojach, kolejnego z odbywających się cyklicznie od 39 lat spotkań dotyczącego badań dynamiki strefy brzegowej morza, w których uczestniczą zarówno naukowcy jak i praktycy. Jestem również członkiem Komitetu Naukowego międzynarodowej konferencji projektu badawczego ERES realizowanego w ramach polsko-chińskiej współpracy bilateralnej „Sedimentary Source-to-Sink Systems in Marginal Seas”, która odbędzie się w dniach 13-14 listopada 2018 w Szczecinie.

### Popularyzacja badań

W swojej pracy naukowej doceniałam też potrzebę i wagę popularyzacji zarówno wyników prowadzonych badań jak i uprawianej dziedziny naukowej. Od 2003 roku uczestniczyłam w pracach komitetu organizacyjnego cyklicznych ogólnopolskich konferencji pod wspólnym tytułem „Zintegrowane Zarządzanie Obszarami Przybrzeżnymi w Polsce - stan obecny i perspektywy”, które są forum wymiany myśli pomiędzy naukowcami i tzw. użytkownikami końcowymi, czyli przedstawicielami instytucji państwowych, samorządów terytorialnych i administracji publicznej oraz niezależnych organizacji pozarządowych w jakikolwiek sposób związanych ze strefą brzegową. Po każdej z tych konferencji wydawany był pod redakcją prof. K. Furmańczyka tom monografii pod wspólnym tytułem „Zintegrowane Zarządzanie Obszarami Przybrzeżnymi w Polsce - stan obecny i perspektywy” i z dodatkowym tytułem każdego tomu: 1 - Problemy erozji brzegu (2005), 2 - Brzeg morski zrównoważony (2006), 3 - Morze - ląd, wzajemne relacje (2008), 4 - Zagrożenia i systemy ostrzegania (2012), 5 - Turystyka na nadmorskich obszarach Natura 2000 (2014). Wielokrotnie na tych konferencjach prezentowałam wyniki prowadzonych badań oraz jestem autorem i współautorem wielu rozdziałów we wspomnianym cyklu monografii, który jest nieodpłatnie dystrybuowany do wszelkich instytucji i osób zainteresowanych zagadnieniami zintegrowanego zarządzania obszarami przybrzeżnymi.

Brałam aktywny udział w przygotowaniu i przeprowadzeniu prezentacji i warsztatów dla przedstawicieli instytucji państwowych i administracji rządowej dotyczących „Systemu wczesnego ostrzegania przed skutkami sztormu”, w czasie których poruszano zagadnienia bezpieczeństwa brzegu w aspekcie zagrożeń wynikających z erozji brzegu.

Wielokrotnie uczestniczyłam również w różnego rodzaju imprezach mających na celu popularyzację nauki jak GIS Day i Pikniki Naukowe Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik w Warszawie i oraz wygłaszałam referaty dla przedstawicieli administracji publicznej i organizacji pozarządowych (Załącznik 3 p. III.1.3-15).

Brałam też udział w filmie popularno-naukowym z cyklu „Rewolwer Klimatu” pt. „Niespokojny brzeg”, zrealizowanym przez Akademicką Telewizję Edukacyjną Uniwersytetu Gdańskiego (S. Swerpel, 2008), który wykorzystywany jest na zajęciach dydaktycznych dotyczących zagadnień erozji brzegu. Rezultaty moich badań były też prezentowane w lokalnych mediach. Udzielałam wywiadu i brałam udział w nagraniu popularno-naukowej audycji radiowej PULSAR nt. badań strefy brzegowej morza dla Polskiego Radia Szczecin (M. Borowiec, 2009) (Załącznik 3 p. III.1.1-2).

### Działalność dydaktyczna

Przez cały okres działalności naukowej prowadziłam również pełnowymiarową, a często również ponadwymiarową działalność dydaktyczną, którą rozpoczęłam jako studentka 4 roku. Jako asystent stażysta prowadziłam wówczas ćwiczenia z kartografii, a rok później ćwiczenia z teledetekcji, oba przedmioty dla studentów odpowiednio I i II roku kierunku Geografia Morza. Po uzyskaniu tytułu magistra, w październiku 1997 roku zostałam zatrudniona w ZTiKM INoM US na stanowisku asystenta. Oprócz prac badawczych byłam zaangażowana w działalność dydaktyczną na kierunku Geografia Morza oraz Turystyka i Rekreacja, gdzie prowadziłam ćwiczenia z przedmiotów związanych z zagadnieniami teledetekcji oraz kartografii i topografii. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, 1 kwietnia 2007 roku zostałam zatrudniona w tym samym zakładzie na stanowisku adiunkta. W tym czasie na bazie INoM utworzono Wydział Nauk o Ziemi i w kolejnych latach, sukcesywnie uruchamiano nowe kierunki studiów, m.in. Oceanologię, Geoinformatykę,

Gospodarkę Przestrzenną i anglojęzyczne Marine and Coastal Geosciences, na których poza teledetekcją, kartografią i topografią, prowadziłam zajęcia dydaktyczne z zakresu systemów informacji geograficznej i zagadnień związanych ze zintegrowanym zarządzaniem obszarami przybrzeżnymi w tym ochrony i dynamiki brzegu.

Współprowadziłam i prowadziłam również zajęcia w języku angielskim m.in.: w ramach warsztatów z Remote Sensing of the Coastal Zone na Uniwersytecie w Greifswaldzie w programie Socrates-Erasmus, w ramach szkoły letniej IMARA - Integrated Multidisciplinary Approach to Flood Risk Analysis organizowanej przez Uniwersytet w Sienie w ramach Lifelong Learning Programme ERASMUS Intensive Programme (IP), (3) indywidualne zajęcia z przedmiotów Satellite Remote Sensing, Cartography i Geographical Information System dla studentów zagranicznych przebywających na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Szczecińskiego w ramach programu Erasmus-Socrates w latach 2014-2018, (4) oraz regularne zajęcia z przedmiotów Principles of Remote Sensing, Coastal Dynamics i ICZM w ramach międzynarodowego kierunku Marine and Coastal Geosciences na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Szczecińskiego.

Łącznie w latach 1995-2018 przeprowadziłam – **6398,5** godzin dydaktycznych, w tym **4830** godzin w ramach pensum i **1568,5** godziny ponadwymiarowe. Przed uzyskaniem stopnia doktora, w latach 1995-2006, przeprowadziłam **3554** godziny ćwiczeń (2400 w ramach pensum i 1154 ponadwymiarowe). Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, w latach 2006-2018, przeprowadziłam **1916,5** godziny ćwiczeń i **928** godzin wykładów (2430 w ramach pensum i 414,5 ponadwymiarowe). Szczegółowy wykaz przedmiotów i zrealizowanych godzin znajduje się w Załączniku 3 p. III.I.

#### Podsumowanie bibliometryczne osiągnięć naukowych

- Efektem mojej działalności naukowej jest **51** publikacji, w tym m.in. **12** oryginalnych artykułów publikowanych w czasopismach znajdujących się w obecnym wydaniu bazy Journal Citation Reports (JRC), **1** monografia Wydawnictwa Naukowego Uniwersytetu Szczecińskiego i **4** rozdziały w anglojęzycznej monografii wydawnictwa Springer z serii Coastal Research Library.
- Liczba cytowań moich prac naukowych wynosi **99/110** według bazy Web of Science, **104/109** według bazy Scopus i **267** wg Google Scholar (Publish or Perish).
- Indeks Hirsha wynosi **7** według bazy Web of Science, **7** według bazy Scopus i **10** według Google Scholar.

Joanna Duchnicka-Nork