

Jaromir Jakacki
Instytut Oceanologii
Polskiej Akademii Nauk
w Sopocie

AUTOREFERAT

Informacje o dorobku i osiągnięciach naukowych

Załącznik 2 do wniosku
o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

*Ocena wybranych procesów fizycznych środowiska morskiego
za pomocą modelowania*

Sopot, kwiecień 2019

I. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Doktor Nauk o Ziemi w zakresie Oceanologii

Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Geografii i Oceanografii, Instytut Oceanografii, 2002, „Zastosowanie akustycznych zjawisk nieliniowych do badania pęcherzyków gazowych w morzu”, promotor: prof. dr hab. Zygmunt Klusek

Magister fizyki, specjalizacja Zastosowania fizyki

Uniwersytet Gdański, Wydział Matematyki i Fizyki, Instytut Fizyki, 1993, „Dyfrakcja światła na fali ultradźwiękowej w świetle teorii Ramana-Natha i Lucasa-Biquarda”, promotor: prof. dr hab. Piotr Kwiek

II. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

| | |
|-----------|--|
| od 2015 | Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie, starszy specjalista |
| od 2014 | Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie, kierownik „Pracowni Modelowania Procesów Fizycznych w Morzu i Atmosferze” |
| 2006-2011 | Kaszubsko-Pomorska Szkoła Wyższa w Wejherowie, wykładowca |
| 2005-2015 | Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie, adiunkt |
| 2003-2005 | National Research Council Postdoctoral Fellowship, Naval Postgraduate School, Monterey, California, USA, postdoctoral fellow |
| 2002-2003 | Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku, specjalista |
| 1994-2002 | Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie, asystent |

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

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Ocena wybranych procesów fizycznych środowiska morskiego za pomocą modelowania

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

Szczegółowy opis mojego udziału w powstaniu każdej z publikacji, wchodzącej w skład osiągnięcia habilitacyjnego, został przedstawiony w wykazie prac naukowych (załącznik 3).

O1. Przyborska A., **Jakacki J.**, Kosecki S., 2018, The Impact of the Sopot Pier Marina on the Local Surf Zone [w:] Interdisciplinary Approaches for Sustainable Development Goals, [red.] Zieliński T., Sagan I., Surosz W., 93-109, Springer, ISBN 978-3-319-71788-3, IF=0, pkt. MNiSW 0.

- O2. **Jakacki J.**, Meler S., 2018, An evaluation and implementation of the regional coupled ice-ocean model of the Baltic Sea, *Ocean Dynamics*, October 02, doi: 10.1007/s10236-018-1219-8, IF=1,575, pkt. MNiSW 25.
- O3. **Jakacki J.**, Golenko M., Zhurbas V., 2017, Estimation of Potential Leakage from Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea Based on Two Different Modelling Approaches [w:] *Towards the Monitoring of Dumped Munitions Threat (MODUM), A Study of Chemical Munitions Dumpsites in the Baltic Sea*, NATO Science Series for Peace and Security Programme, [red:] Beldowski J., Been R., Turmus E.K., 153-182, Springer, ISBN 978-94-024-1153-9, IF=0, pkt. MNiSW 0.
- O4. Czub M., Kotwicki L., Lang T., Sanderson H., Klusek Z., Grabowski M., Szubska M., **Jakacki J.**, Andrzejewski J., Rak J., Beldowski J., 2017, Deep sea habitats in the chemical warfare dumping areas of the Baltic Sea. *Science of The Total Environment*, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.165, IF=4,61, pkt. MNiSW 40.
- O5. **Jakacki J.**, Przyborska A., Kosecki S., Sundfjord A., Albretsen J., 2017, Modelling of the Svalbard fjord Hornsund, *Oceanologia* 59(4), 473-495, IF=1,61, pkt. MNiSW 20.
- O6. **Jakacki J.**, Przyborska A., Nowicki A., Wichorowski M., Przyborski M., Białoskórski M., Sochacki C., Tylman R., 2017, eBalticGrid – an interactive platform for the visualization of results from a high-resolution operational Baltic Sea model, *Meteorology Hydrology and Water Management*, 5(2):13–20, doi: 10.26491/mhwm/68898, IF=0, pkt. MNiSW 8.

Sumaryczny *impact factor* wymienionych publikacji wynosi 7,795

Wprowadzenie

Jednym z głównych celów badań oceanografii fizycznej jest poznanie i zrozumienie stanu, zmienności, stabilności mas wodnych oraz obiegu wód w morzach i oceanach. Wymaga to nie tylko posiadania wiedzy o zachodzących tam zjawiskach i procesach fizycznych, ale również zdolności do predykcji i oceny oddziaływań badanego rejonu. Potrzeba poznania środowiska morskiego i zachodzących w nim procesów i zjawisk jest najbardziej naturalna, wymaga jednak interdyscyplinarnego podejścia do problemów. Jednym z ważnych zagadnień wymagających takiego ujęcia jest wzajemne oddziaływanie morza i atmosfery. Procesy, które zachodzą na granicy morza i atmosfery są powszechnie znane. Należą do nich, między innymi: wezbrania sztormowe i związane z nimi wahania poziomu morza, krótkookresowe falowanie oraz prądy pochodzenia wiatrowego przemieszczające masy wodne. Ich źródłem są zmiany ciśnienia atmosferycznego oraz siły styczne do powierzchni morza pojawiające się na powierzchni akwenu pod wpływem wiatru. Wpływają one też na środowisko człowieka, żeglugę, budowle morskie, czy rybołówstwo. Pomimo znajomości elementarnych procesów odpowiedzialnych za dynamikę oddziaływania na granicy morza i atmosfery, kompleksowa ocena takiego układu jest bardzo trudna. Możliwości pomiarowe sprowadzają się do jednego lub kilku punktów rozmieszczonych w płaszczyźnie horyzontalnej, a pozyskanie długich serii czasowych wymaga użycia kosztownego i ulegającego częstym awariom w agresywnym środowisku sprzętu (np. systemu zakotwiczonego lub boi pomiarowej). Z pokładu

jednostki pływającej można również przeprowadzać badania za pomocą różnego rodzaju sond holowanych [1]. Źródłem danych są także pomiary satelitarne i radarowe, które dostarczają informacji o np. temperaturze powierzchni morza, dryfie i koncentracji lodu, prądach powierzchniowych i falowaniu [2] [3]. W ostatnich dekadach bardzo istotnym źródłem danych pomiarowych w badaniach oceanograficznych są autonomiczne urządzenia pomiarowe wykonujące profile pionowe temperatury i zasolenia, i dryfujące na wcześniej podanych przez operatora głębokościach (tzw. *Argo Floats*, *Argo* jest globalną siecią pomiarową pływaków, obecnie ilość urządzeń wykonujących pomiary w morzach i oceanach przekroczyła liczbę 2 000 000). Wykonują one przede wszystkim pomiary temperatury i zasolenia. Niektóre z nich są wyposażone w dodatkowe czujniki mierzące zawartość tlenu oraz inne wielkości biogeochemiczne. Pływaki *Argo* wykorzystywane są od ponad dwóch dekad na świecie [4] [5], a na Bałtyku od dwóch lat.

Wszystkie wspomniane metody, pomimo że dają bardzo istotny wkład w badania oceanograficzne, posiadają jedno bardzo poważne ograniczenie – nie dostarczają informacji o całym interesującym nas akwenie lub obszarze. Wyjątek stanowią dane satelitarne i radarowe, które pokrywają pewien obszar, jednak dotyczą wyłącznie powierzchni morza.

Narzędziami pozwalającymi na wypełnienie luki w możliwościach pomiarowych są numeryczne modele matematyczno-fizyczne. Stanowią one numeryczną reprezentację równań (w postaci dyskretnych równań albo kodu), opisującą procesy fizyczne środowiska morskiego. Zakres opisywanych procesów jest bardzo szeroki. Możemy wśród nich wyróżnić: wymianę masy, energii i pędu pomiędzy elementami systemu (np. poprzez radiację, parowanie, opady, dopływy rzeczne, energię wiatru), ruch wody (adwekcja, konwekcja) oraz procesy mieszania i dyssypacji energii falowania i prądów morskich. Modele numeryczne bazują na rozwiązaniach równań zachowania masy, pędu i energii (określane mianem równań Naviera-Stokesa) za pomocą metod różnic skończonych oraz elementów skończonych. Modele te zwykle określane są mianem modeli cyrkulacji (GCM – general circulation model, OGCM – oceanic general circulation model, AGCM – atmospheric general circulation model). Ze względu na nieliniowy charakter równań oraz skomplikowane warunki brzegowe jak batymetria i linia brzegowa akwenów morskich, metody numeryczne są jedynym sposobem pozwalającym na rozwiązanie równań Naviera-Stokesa dla akwenów morskich.

Pierwsze modele numeryczne Oceanu Światowego zostały opracowane na początku lat siedemdziesiątych XX wieku. Numeryczna reprezentacja równań opisujących procesy fizyczne akwenów morskich pojawiła się jeszcze wcześniej [6] [7] [8] [9], jednak możliwości obliczeniowe ówczesnych maszyn cyfrowych były zbyt słabe. Komputery z przełomu lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku, np. Odra (seria komputerów produkowanych w Zakładach Elektronicznych Elwro), RIAD (w Polsce występowały pod nazwą Jednolity System Elektronicznych Maszyn Cyfrowych, JS EMC), IBM (International Business Machines, USA), ICL (International Computers Ltd, GB), posiadały moc obliczeniową rzędu kiloflopów (KFLOPS), co praktycznie wykluczało możliwość implementacji dużych domen obliczeniowych. Dopiero pojawienie się komputerów wektorowych (pierwsze komputery przetwarzały strumienie danych sekwencyjnie, wektorowość rozumiana jest tutaj jako równoległe przetwarzanie strumieni danych) oraz wzrost mocy obliczeniowej do rzędu gigaflopów (~1985 rok) pozwoliło na uzyskanie akceptowalnych czasów obliczeń symulacji pierwszych modeli oceanu.

Po pojawieniu się wielkoskalowych modeli mórz i oceanów zaczęto rozbudowywać je o elementy ekosystemu (np. biogeochemia, modelowanie populacyjne), transportu rumowiska, falowanie, czy też rozprzestrzenianie się różnego rodzaju zanieczyszczeń. Wprowadzono też parametryzacje w znacznym stopniu rozszerzające zakres rozwiązywanych skal przestrzennych i czasowych a tym samym możliwość ich implementacji na poziomie regionalnym i lokalnym.

Obecnie istnieje kilkanaście modeli typu GCM. Można w nich wyróżnić część (modę) barotropową i baroklinową. Model barotropowy (dwuwymiarowy) jest modelem dla wielkości fizycznych scałkowanych w kolumnie wody. Podejście dwuwymiarowe jest wystarczające, na przykład do oceny zmian poziomu morza pod wpływem czynników zewnętrznych, czy też do analizy rozprzestrzeniania się szybkich powierzchniowych fal grawitacyjnych. Baroklinowość pojawia się, gdy izobary nie są równoległe do izopykn, co wiąże się z uwzględnieniem stratyfikacji kolumny wody. Drugie bardzo istotne kryterium rozróżniające podejście do modelowania, to rodzaj współrzędnych pionowych. Klasyfikujemy modele typu 'z' i ' σ '. Modele 'z' posiadają jednakową miąższość warstw na określonej głębokości. Oznacza to, że różne głębokości posiadają różną ilość warstw oraz, że grubość warstwy na tej samej głębokości jest taka sama (np. Parallel Ocean Program, POP). Współrzędne ' σ ' składają się z jednakowej ilości warstw dla każdej głębokości (np. Princeton Ocean Model (POM), Regional Ocean Modelling System, ROMS). Współrzędne typu ' σ ' są częściej stosowane do płytkich akwenów oraz estuariów, natomiast współrzędne typu 'z' dla mórz głębokich (choć nie jest to regułą). Stosuje się także połączenie obu typów współrzędnych (np. Nucleus for European Modelling of the Ocean, NEMO oraz MIKE by DHI). Istnieją również współrzędne pionowe, dla których linie podziału są zgodne z izoliniami gęstości, co wynika z transportu mas wodnych, który w przybliżeniu odbywa się właśnie wzdłuż izopykn (np. Miami Isopycnic Coordinate Ocean Model, MICOM). Pozostałe różnice w modelach wynikają z przyjętego układu współrzędnych i rozdzielczości poziomej (np. w parametryzacjach procesów mieszania pionowego i poziomego). Wybór typu współrzędnych pionowych zależy też od skali przestrzennej i czasowej symulowanych procesów fizycznych. Na poziomie lokalnym najczęściej wykorzystuje się współrzędne pionowe typu ' σ ', w podejściu regionalnym stosuje się oba typy współrzędnych pionowych.

Modele typu GCM posiadają wiele zalet, wśród których można wyróżnić:

- a) zastosowanie tam, gdzie możliwości pomiarowe czy logistyczne są ograniczone (np. Arktyka),
- b) możliwość całościowej analizy rozpatrywanego akwenu,
- c) badanie procesów o szerokim zakresie skal przestrzennych i czasowych,
- d) możliwość przeprowadzenia integracji retrospektywnych, prognostycznych jak i klimatycznych,
- e) wykorzystanie w wielu dziedzinach np.:
 - oceanografii operacyjnej,
 - rybołówstwie,
 - akustyce,
 - klimatologii,
 - analizie procesów erozji,
 - ocenie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń (np. wyciekach ropy).

Modele posiadają również ograniczenia. Bardzo istotnym są skale przestrzenne i czasowa rozwiązywanych procesów. Związane są one z przyjętą rozdzielczością przestrzenną i krokiem całkowania. Skala przestrzenna procesów rozwiązywanych

przez model jest większa od wielkości komórek, połowa najmniejszej długości fali możliwej do analizy jest również określona przez długość boku komórki, a jej prędkość rozprzestrzeniania limituje krok całkowania. Dlatego bardzo często wydziela się w modelach część barotropową i baroklinową. Część barotropowa opisuje rozprzestrzenianie się szybkich fal grawitacyjnych co wymaga mniejszego kroku całkowania. Wydzielenie składowej barotropowej i baroklinowej implikuje wprowadzenie niezależnych kroków całkowania dla każdej składowej. Ze względu na prędkość rozprzestrzeniania się fal krok czasowy części barotropowej jest o rząd wielkości mniejszy od kroku całkowania części baroklinowej. Procesy fizyczne, dla których rozdzielczość przestrzenna i czasowa modelu nie jest wystarczająca są uwzględniane poprzez dodatkowe parametryzacje.

Uwzględniając ograniczenia sprzętowe, konstrukcja każdego modelu jest kompromisem między procesami, które chcielibyśmy analizować, a czasem obliczeń. Praca z modelem na poziomie kodu wymaga wiedzy o procesach fizycznych i środowisku morskim, znajomości metod numerycznych, języków programowania (najczęściej są to języki C i FORTRAN), metod i narzędzi zrównoleglania kodu oraz umiejętności pracy na komputerach dużej mocy (zarówno klastrach, jak i superkomputerach).

Matematyczne modele (w tym dotyczące zjawisk w oceanach) są coraz częściej wykorzystywane przez naukowców nie mających bezpośredniego doświadczenia w ich opracowywaniu. Dowodzi to, że struktura modeli numerycznych w ostatnich dziesięcioleciach została usprawniona, pozwalając na ich szersze wykorzystanie w środowisku naukowym. Jednocześnie, wraz ze wzrostem popularności modeli, rośnie odpowiedzialność ich twórców za to, aby programy były poprawne numerycznie, oparte na solidnych fundamentach oraz właściwie udokumentowane.

Obecne osiągnięcia związane z modelowaniem mogły zostać zrealizowane dzięki postępowi technologicznemu oraz związanym z nim rozwojem komputerów i technologii informatycznych.

Szeroki zakres wykorzystania numerycznych modeli matematyczno-fizycznych był dla mnie motywacją do zainteresowania się różnymi aspektami modelowania, a celem prac badawczych, którymi się zajmuję jest rozwój narzędzi modelowych wykorzystywanych w badaniach środowiska morskiego. Rozwój oznacza budowę, adaptację i ich udoskonalanie w celu lepszego poznania złożonych procesów fizycznych występujących w morzu.

Głównym celem osiągnięcia habilitacyjnego jest rozwiązanie złożonych problemów oceanografii fizycznej z wykorzystaniem numerycznych modeli matematyczno-fizycznych. Realizacja celu głównego została przedstawiona w postaci czterech celów szczegółowych:

- A. zbadanie wpływu wybudowanej w latach 2010-2011 przystani jachtowej w Sopocie na lokalny transport rumowiska (publikacja O1),
- B. ocena skutków potencjalnego wycieku z zatopionej po II wojnie światowej amunicji chemicznej na ekosystem w rejonie zrzutu amunicji (publikacje O2-O4),
- C. zbadanie wpływu wód pochodzących z Prądu Zachodniospitsbergeńskiego, Sorkapskiego oraz ze zlewni fiordu Hornsund na jego hydrodynamikę i własności fizyczne (publikacja O5),
- D. opracowanie i udostępnienie badaczom innowacyjnego narzędzia, pozwalającego na obserwację aktualnego stanu fizycznego Morza Bałtyckiego (publikacja O6).

Wszystkie publikacje wybrane jako osiągnięcie habilitacyjne posiadają wspólny rdzeń jakim jest modelowanie procesów fizycznych w środowisku morskim.

Analizowane problemy zostały uszeregowane według skali analizowanych procesów fizycznych. Pierwszy stanowi rozwiązanie problemu lokalnego [O1]. Drugi jest również problemem lokalnym, ale wymagającym tła w postaci hydrodynamiki całego akwenu [O2, O3, O4]. Trzeci przedstawia hydrodynamikę całego akwenu [O5], w którym dominującą rolę odgrywają pływy. Czwarty pozwala na obserwację procesów zarówno w skali lokalnej, jak i całego akwenu obecnie, w przyszłości i przeszłości [O6].

Wszystkie obliczenia wchodzące w skład osiągnięcia habilitacyjnego przeprowadzono wykorzystując zasoby obliczeniowe Centrum Informatycznego Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej.

Literatura

- [1] J. Piechura i A. Beszczyńska-Möller, „Inflow waters in the deep regions of the southern Baltic Sea – transport and transformations,” *Oceanologia*, tom 45, nr 4, pp. 593-621, 2003.
- [2] F. Wentz, C. Gentemann, D. Smith i D. Chelton, „Satellite Measurements of Sea Surface Temperature Through Clouds,” *Science*, tom 288, nr 5467, pp. 847-850, 2000.
- [3] F. Ardhuin, Y. Aksenov, A. Benetazzo, L. Bertino, P. Brandt, E. Caubet, B. Chapron, F. Collard, S. Cravatte, J. Delouis, F. Dias, G. Dibarboure, L. Gaultier, J. Johannessen, A. Korosov, G. Manucharyan, D. Menemenlis, M. Menendez i Monn, „Measuring currents, ice drift, and waves from space: The Sea surface KInematics Multiscale monitoring (SKIM) concept,” *Ocean Science*, tom 14, pp. 337-354, 2018.
- [4] C. Artana, R. Ferrari, Z. Koenig, M. Saraceno, A. Piola i C. Provost, „Malvinas Current variability from Argo floats and satellite altimetry,” *Journal of Geophysical Research: Oceans*, nr 121, pp. 4854-4872, 2016.
- [5] M. Marnela, B. Rudels, I. Goszczko, A. Beszczyńska-Möller i U. Schauer, „Fram Strait and Greenland Sea transports, water masses, and water mass transformations 1999–2010 (and beyond),” *Journal of Geophysical Research: Oceans*, tom 121, pp. 2314-2346, 2016.
- [6] K. Bryan, „A numerical investigation of a nonlinear model of wind-driven ocean,” *J. Atmos. Sci.*, tom 20, pp. 294-606, 1963.
- [7] W. Holland, „On the wind-driven circulation in an ocean with bottom topography,” *Tellus*, tom 19, pp. 582-600, 1967.
- [8] K. Bryan i M. Cox, „A nonlinear model of an ocean driven by wind and differential heating,” *J. Atmos. Sci.*, tom 25, pp. 945-978, 1968.
- [9] K. Bryan, „Numerical method for the study of the circulation of the world ocean,” *Journal of Computational Physics*, tom 4, nr 3, pp. 437-376, 1969.

c) streszczenie głównych wątków serii publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe.

A. Zbadanie wpływu wybudowanej w latach 2010-2011 przystani jachtowej w Sopocie na lokalny transport rumowiska (publikacja O1).

Pod koniec pierwszej dekady XXI wieku rozpoczęto budowę mariny w Sopocie. Jednym z głównych powodów podjęcia takiej decyzji przez sopocki magistrat były nawracające uszkodzenia ostrogi sopockiego mola, co pociągało za sobą dodatkowe koszty związane z utrzymaniem samego obiektu. Planowana przystań jachtowa, poza podstawowymi funkcjami, takimi jak: port jachtowy, wzrost atrakcyjności turystycznej sopockiego mola, czy też centrum sportów wodnych w Sopocie, stanowić miała falochron dla istniejącej ostrogi, a tym samym ograniczać wydatki związane z naprawianiem uszkodzeń mola powstających podczas silnych sztormów. Po wybudowaniu mariny, na jej wysokości wystąpiło nieprzewidziane zjawisko - zaczęła się powiększać plaża. Dodatkowo od lata roku 2013 stwierdzono okresowe pojawianie się przykrych zapachów w okolicach mola.

Celem tej pracy było wyjaśnienie przyczyn pojawiania się wymienionych wyżej zjawisk. W tym celu opracowano lokalny model transportu rumowiska o zmiennej rozdzielczości pokrywający swoją domeną istniejące sopockie molo wraz z nowo wybudowaną mariną. Zawierał on model hydrodynamiczny sprzężony z modelem falowania i transportu rumowiska. Warunki brzegowe modelu zostały zaimplementowane w oparciu o dostępne dane dla tego obszaru: dane atmosferyczne z modelu HIRLAM (High Resolution Limited Area Model for numerical weather prediction), dane falowania z modelu WAM (Wind Wave Model) oraz dane na otwartej granicy modelu hydrodynamicznego (temperatura, zasolenie i prądy morskie) z modelu HIROMB (High Resolution Operational Model for the Baltic Sea). Jako punkt odniesienia przyjęto wieloletnie dane batymetryczne pozyskane od Urzędu Morskiego w Gdyni. Otrzymany za pomocą modelu wzrost objętości odłożonego materiału dennego w rejonie mariny w 2011 roku jest zgodny z danymi pomiarowymi. Przeprowadzone symulacje pokazały, że obecność mariny wprowadza nieciągłość wzdłużbrzegowego transportu rumowiska, co prowadzi do gromadzenia się osadu dennego po jej południowo-zachodniej stronie. Proces ten jest początkowym stadium tworzenia się tombola – wąskiego pasa łądczego plażę z mariną, powstającego w wyniku umieszczenia zapory (ściany) przed linią brzegową. Prawdopodobieństwo powstania tombola jest duże, jeśli stosunek wymiaru liniowego przeszkody do jej odległości od brzegu (L/X) jest większy od 0,5 (niektóre źródła podają, że dla płytkich rejonów stosunek ten może przyjmować wartość nawet 1,3). W przypadku sopockiej mariny uwzględnienie najmniejszego wymiaru liniowego portu jachtowego prowadzi do stosunku 0,5. Jednak marina nie jest przeszkodą liniową o kształcie zbliżonym do prostokąta. W takim przypadku należy brać pod uwagę efektywny wymiar liniowy wynikający z powstającego cienia falowania wskutek obecności mariny. Uwzględniając takie podejście otrzymuje się stosunek L/X wynoszący nawet 1,45, czyli większy od największych znanych w literaturze. Oznacza to duże prawdopodobieństwo powstania tombola w rejonie sopockiej mariny. Tworzące się tombolo powoduje zastoje wody, które ogrzewając się latem, stają się siedliskiem nadmiernej ilości glonów wydzielających przykre zapachy.

Z przeprowadzonych badań wynika, że szybkość odkładania się materiału dennego w rejonie mariny może wynosić nawet $16000 \text{ m}^3/\text{rok}$. Na podstawie przeprowadzonych symulacji oceniono, iż wkład do odkładania się materiału dennego wnoszą prawie wyłącznie fale posiadające wystarczająco dużą energię (pojawiające się tylko podczas sztormów). Uwzględniając fale, których wysokość była większa lub równa 33%

największych fal otrzymano zgodność na poziomie 98% z symulacją uwzględniającą wszystkie fale. Określono również pochodzenie odłożonego w rejonie przystani jachtowej materiału dennego. Wyniki pokazały, że większość (~80%) zdeponowanego rumowiska pochodzi z rejonu znajdującego się po stronie południowo-wschodniej mariny. Pozostałe 20% zostało naniesione od strony Gdyni Orłowa. Związane jest to bezpośrednio z dominującym falowaniem w obszarze mariny. Pomimo najczęściej występujących wiatrów północnych, północno-zachodnich i zachodnich w tym rejonie, najefektywniejsze fale docierają od strony wschodniej. Falowanie od strony północnej nie daje wkładu do lokalnego transportu rumowiska, gdyż jest prostopadłe do linii brzegowej w tym obszarze (równoległe do mola). Od strony zachodniej falowanie nie występuje. Wynika to z faktu, że strona północno-zachodnia to rejon Zatoki Puckiej o niewielkich głębokościach, oddzielony od otwartego morza mierzeją helską. Natomiast od strony wschodniej fale tworzone są na otwartym morzu i przechodzą przez Głębię Gdańską, która dzięki swej dość sporej głębokości pozwala na tworzenie się długich fal o dużym okresie, te z kolei transformując się, wnoszą zasadniczy wkład do transportu rumowiska w tym rejonie.

B. Ocena skutków potencjalnego wycieku z zatopionej po II wojnie światowej amunicji chemicznej na ekosystem w rejonie zrzutu amunicji (publikacje O2, O3 i O4).

Jedną z decyzji podjętych na konferencji w Poczdamie w 1945 roku była likwidacja zapasów bojowych środków trujących (BST) pozostałych po II wojnie światowej. Metodą utylizacji było zatapianie amunicji, między innymi w Morzu Bałtyckim. Mimo, iż od zakończenia wojny minęło ponad 70 lat, nadal nie określono, jaki jest wpływ zatopionej amunicji na ekosystem. Cykl artykułów (O2-O4) to próba oceny konsekwencji takich działań.

Pierwszy z artykułów (O2) przedstawia adaptację modelu Community Earth System Model (CESM) do obszaru Morza Bałtyckiego (dla którego przyjęto nazwę B-CESM). Przyjęta konfiguracja zawiera w sobie dwa aktywne elementy – model oceanu (Parallel Ocean Program – POP) oraz model lodu (Community Ice Code – CICE).

POP jest trójwymiarowym modelem cyrkulacji, którego symulacje dostarczają informacji o temperaturze, zasoleniu, prądach morskich i poziomie morza dla całego obszaru domeny, natomiast model lodu symuluje tworzenie się lodu, jego topnienie oraz dryf. Dwa pozostałe komponenty systemu B-CESM to modele atmosfery i lądu. Nie są to jednak aktywne elementy (aktywny element jest rozumiany jako w pełni funkcjonujący model prognostyczny jak POP czy CICE w tym układzie) – ich zadaniem jest wyłącznie dostarczanie danych do modeli lodu i oceanu. Pomimo użycia dwóch aktywnych składników w systemie B-CESM większość zmian adaptacyjnych wprowadzono wyłącznie w modelu oceanu.

W ramach prac mających na celu dostosowanie modeli do domeny Bałtyckiej przygotowano siatkę o rozdzielczości poziomej wynoszącej ~2,3 km (1/48 stopnia). Jest to obrócony układ współrzędnych geograficznych. Układ obrócono w taki sposób, żeby początek układu (przecięcie południka zerowego z równikiem) znajdował się mniej więcej na środku Bałtyku. Takie podejście gwarantuje, że wielkości oczek siatki są prawie identyczne (różnica między największym i najmniejszym bokiem siatki nie przekracza 20 metrów co wprowadza błąd mniejszy niż 1% przyjętej rozdzielczości). Na bazie siatki przygotowano batymetrię dla modelu oceanu. Wprowadzono 66 poziomów, z których pięćdziesiąt posiada grubość 5 metrów, pozostałe grubości warstw rosną eksponencjalnie z głębokością. Przyjęta rozdzielczość pionowa jest

kompromisem między liniowym podejściem do swobodnej powierzchni morza a maksymalnymi zmianami poziomów morza Bałtyku.

W następnym kroku zaimplementowano warunek brzegowy w cieśninie Kattegat – w okolicy miejscowości Göteborg, gdzie znajduje się stacja mareograficzna. Wybór tej lokalizacji był podyktowany dwoma względami. Pierwszy wynika z bardzo istotnej roli Cieśnin Duńskich w wymianie wód z Morzem Północnym. Drugi, to względy numeryczne – wybrany rejon implementacji warunku brzegowego jest względnie wąski i płytki, co oznacza mniejsze problemy związane z niestabilnościami numerycznymi. W celu implementacji warunku brzegowego zmodyfikowano równanie barotropowe wprowadzając różnicę między poziomem morza w rejonie otwartej granicy a poziomem morza otrzymanym z mareografu z odpowiednią wagą. Dodatkowo, w rejonie cieśniny Kattegat wprowadzono warunek radiacyjny Orlanskiego nie pozwalający na odbijanie się fal od otwartej granicy.

Struktura pionowa kolumny wody uzyskiwana za pomocą modeli w znacznym stopniu zależy od przyjętego schematu turbulencji. W celu uzyskania poprawnych pionowych profilów temperatury i zasolenia w modelu zastosowano parametryzację KPP (*k-profile parametrization*). KPP została opracowana dla oceanów, dlatego zastosowanie do Bałtyku wymagało wprowadzenia modyfikacji w taki sposób, aby uzyskać trójwarstwową strukturę kolumny wody. Modyfikacja polegała na zmianie kształtu zależności współczynnika lepkości turbulentnej od liczby Richardsona. Takie podejście spowodowało zmianę profilu współczynnika lepkości w kolumnie wody i w konsekwencji pozwoliło na bardziej poprawne odzwierciedlenie jej, typowej dla Bałtyku, trójwarstwowej struktury.

W następnym etapie przeprowadzono walidację zarówno modelu oceanu, jak i lodu. Porównano wyniki modelowe z danymi zebranymi za pomocą boi pomiarowych oraz na podstawie danych satelitarnych. Odniesienie się do danych punktowych w przypadku zlodzenia jest bardzo trudne. Zasadniczy problem stanowi ocena jakości obliczonej grubości pokrywy lodowej na otwartym morzu ze względu na dynamikę akwenu. Dlatego, wprowadzono prawdopodobieństwo znalezienia lodu w pewnym zakresie grubości na określonym obszarze (w tym przypadku wybrano prostokąty dla charakterystycznych lokalizacji). Wyniki modelowe dobrze odzwierciedlają dane pomiarowe. Model ten ponadto tworzy wartość dodaną dla bałtyckiej społeczności naukowej zajmującej się modelowaniem, wprowadzając kolejne narzędzie służące badaniom morza.

Adaptowany model [O2] został wykorzystany do oszacowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczenia powstającego w wyniku potencjalnego wycieku z zatopionej amunicji. Ważnym elementem dającym wkład do oceny potencjalnego wpływu zanieczyszczenia na środowisko morskie były symulacje zaprezentowane w publikacji O3. Praca ta opisuje dwa podejścia do rozprzestrzeniania się zanieczyszczenia. W pierwszym podejściu, uwalniany toksyczny związek podczas potencjalnego wycieku został wprowadzony w modelu B-CESM [O2] jako wskaźnik przepływu (*ang. passive tracer*). Jest to element modelu, który podlega działaniu wszystkich procesów fizycznych (np. adwekcji, dyfuzji) tak jak temperatura czy zasolenie, natomiast nie jest brany pod uwagę przy obliczaniu gęstości wody.

Druga opisana metoda wykorzystuje współrzędne Lagrange'a do określania ewolucji położenia cząstki w czasie. Ponieważ struktura modelu jest deterministyczna, porównanie trajektorii dwóch cząstek, których śledzenie rozpoczynamy w tym samym miejscu i czasie dostarczyłoby ten sam wynik. W celu uwzględnienia statystycznego charakteru pojawiających się w warstwie przydennej turbulencji, wprowadzono zaburzenie trajektorii poprzez użycie modelu błędzenia losowego. W najprostszym

przypadku za miarę losowości przyjęto zmianę odległości proporcjonalną do pierwiastka z iloczynu współczynnika dyfuzji turbulentnej i kroku czasowego. W celu poprawnej reprezentacji błędzenia losowego wprowadzono też proporcjonalność do liczby losowej z rozkładu Gaussa o zerowej wartości średniej i jednostkowej wariancji.

Ponieważ do tej pory brak jest wytycznych w jaki sposób ocenić zagrożenie i skażony obszar będący wynikiem takiego wycieku w morzu, w pierwszym podejściu określono dla wskaźnika przepływu następujące zależności opisujące dynamikę potencjalnego zanieczyszczenia:

- czasową zmienność odległości od źródła do maksimum koncentracji,
- trajektorię maksymalnej koncentracji,
- zależność maksymalnej koncentracji od czasu,
- zmienność czasową największej odległości od źródła do miejsca, gdzie koncentracja przekracza założoną wartość progową (przyjętą za niebezpieczną).

Wprowadzone charakterystyki pozwalają na ocenę wielkości skażonej strefy. Wskazują na czas zagrożenia oraz obszar, który mógłby zostać skażony. Dynamika Bałtyku oraz różnorodność lokalizacji zrzutu zasugerowały określenie prawdopodobieństwa skażenia w zależności od czasu. Iloczyn obliczonego (dwuwymiarowego) prawdopodobieństwa dla określonego czasu i wartości początkowej koncentracji pochodzącej z wycieku, stanowi rzeczywistą koncentrację w rozpatrywanej chwili. Takie podejście pozwala na ocenę potencjalnego skażenia w razie zaistniałego wycieku i ewentualne prowadzenie działań prewencyjnych.

Druga zaproponowana metoda określa trajektorie cząstek uwalnianych w miejscu potencjalnego wycieku. Wykonanie wielu symulacji i określenie gęstości powierzchniowej trajektorii cząstek powinno dostarczyć wynik porównywalny z oceną rozprzestrzeniania się zanieczyszczenia za pomocą wskaźnika przepływu.

Obie zaproponowane metody posiadają wady i zalety. Jedną z istotnych wad pierwszego podejścia jest numeryczna dyfuzja powodująca bardzo szybkie rozprzestrzenianie się wskaźnika przepływu wskutek dyfuzji numerycznej (dla całej domeny uzyskuje się wartości rzędu 10^{-13} – błędu wykonywanych obliczeń). W drugim podejściu w celu uzyskania pełnego obrazu rozprzestrzeniania się zanieczyszczenia należy wykonać znaczną ilość symulacji, co w konsekwencji wymaga bardzo długiego czasu obliczeniowego.

Trzecia wybrana publikacja tworząca cykl oceniający zagrożenia ekologiczne wynikające z potencjalnego wycieku BST z amunicji zatopionej na obszarze Morza Bałtyckiego tuż po II wojnie światowej [O4], przedstawia wyniki prac badawczych podjętych podczas realizacji projektów CHEMSEA (Chemical Munitions Search and Assessment), MODUM (Towards the Monitoring of Dumped Munitions Threat in the Baltic Sea) oraz DAIMON (Decision Aid for Marine Munitions), kierowanych przez Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk (IOPAN) w Sopocie. W pracy prezentowane są wyniki badań wykonywanych w rejonach zatapiania amunicji chemicznej na obszarze Głębi Bornholmskiej, Gotlandzkiej i Gdańskiej. Zakres przeprowadzonych prac był bardzo szeroki i obejmował: badania hydrograficzne, profilowanie rozpuszczonego tlenu, pomiary akustyczne, pobór i analizę osadów i meiobentosu oraz analizy modelowe.

Badania obejmowały również lata 2014 i 2015, na przełomie których nastąpił duży barotropowy wlew (MBI – major Baltic inflow) słonych wód do Bałtyku. MBI jest wynikiem dużej różnicy poziomów morza między Kattegatem i Basenem Arkońskim.

Słona woda zawierająca rozpuszczony tlen przepływa w warstwach przydennych przez Basen Arkoński, Głębię Bornholmską i Rynnę Słupską do dalej położonych części Morza Bałtyckiego. Ilość wlewającej się wody została oszacowana na 200-300 km³. Symulacje numeryczne pokazują, że największe prawdopodobieństwo wlewu przypada na sezon jesienno-zimowy co, poza specyficznym układem barycznym wymuszającym właściwą dla wlewu różnicę poziomów, w dużym stopniu związane jest ze zwiększonym dopływem wody pochodzącej z rzek wpływających do Bałtyku. Ponadto w pracy tej wykazano, że wlew powoduje tymczasową poprawę warunków tlenowych w wodach przydennych, co zwiększa ryzyko narażenia ryb na możliwe negatywne skutki związane z obecnością CWA w osadach. Wyniki przedstawione w pracy wskazują na konieczność dalszych badań celem ustalenia, jaki jest rzeczywisty wpływ CWA na ekosystem Morza Bałtyckiego. Ze względu na liczne istniejące w Morzu Bałtyckim zakłócenia stanu środowiska, weryfikacja czy istnieje bezpośrednio zagrożenie spowodowane zatopieniem amunicji chemicznej w przypadku fauny i flory wymaga poszerzenia badań środowiskowych o badania laboratoryjne.

C. Zbadanie wpływu wód pochodzących z Prądu Zachodniospitsbergeńskiego, Sorkapskiego oraz ze zlewni fiordu Hornsund na jego hydrodynamikę i własności fizyczne (publikacja O5).

Hornsund jest najbardziej wysuniętym na południe fiordem Zachodniego Spitsbergenu, największej wyspy archipelagu Svalbard. Jego ekosystem wskazuje, że jest to typowy fiord Arktyczny. Pozostałe fiordy Zachodniego Spitsbergenu znajdują się na wyższym poziomie dojrzałości ekosystemu. Oznacza to, że pomimo południowej lokalizacji fiordu, poziom zaawansowania piramidy troficznej pozostałych, bardziej wysuniętych na północ fiordów Zachodniego Spitsbergenu jest większy. Znalezienie przyczyny niższego poziomu dojrzałości ekosystemu fiordu Hornsund było jednym z głównych celów projektu GAME (Growing of Arctic Marine Ecosystem), w ramach którego powstała publikacja.

Głównym celem tej pracy było poznanie charakteru cyrkulacji w fiordzie Hornsund oraz pomoc w uzasadnieniu poziomu dojrzałości jego ekosystemu. W tym celu opracowano model hydrodynamiczny fiordu Hornsund. Model został przygotowany do pracy i przeszedł proces walidacji za pomocą dostępnych danych pomiarowych. Wyniki modelu zostały porównane z seriami czasowymi temperatury uzyskanymi z systemu zakotwiczonego, umieszczonego na wejściu do zatoki Brepollen. Porównanie wykonano na trzech różnych głębokościach – odpowiednio 27, 47 i 67 metrów. Wyniki modelowe z przełomu lat 2006-2007 i 2007-2008 odniesiono do danych uzyskanych z pomiarów w latach 2013-2014. Współczynniki korelacji dla serii czasowych uzyskanych na głębokościach 47 i 67 metrów przekraczały wartość 0,8. Dla głębokości 27 metrów były one nieco niższe i wyniosły 0,54 i 0,73 odpowiednio dla sezonu 2006-2007 i 2007-2008. Otrzymano również zadowalającą zgodność zmienności czasowej pionowego profilu prędkości na wejściu do Brepollen. Ponadto sprawdzono poprawność zaimplementowanych warunków brzegowych – prędkości barotropowe oraz temperaturę i zasolenie dla wybranych punktów w warstwie przydennej i powierzchniowej. Dodatkowo poddano ocenie zmienność poziomu morza poprzez porównanie widm uzyskanych z danych pomiarowych i modelowych. Na podstawie przeprowadzonych symulacji wyodrębniono dwa charakterystyczne typy cyrkulacji – cyrkulację letnią, w której pojawia się powierzchniowa wysłodzona woda pochodząca ze zlewni, a także topiących się lodowców oraz cyrkulację zimową występującą, gdy zlewnia nie dostarcza wody słodkiej. Ponieważ promień deformacji

Rossby'ego jest mniejszy od średniej szerokości na wejściu do fiordu, transport wód do fiordu odbywa się południową stroną wejścia, natomiast woda wypływa z fiordu jego północną częścią. Wypływająca woda powierzchniowa wskutek istniejącej cyrkulacji i obecności wysłodzonych wód powierzchniowych tworzy poruszający się w cyklu pływowym front hydrologiczny, którego struktura została przedstawiona w pracy. Lokalizacja frontu, podobnie jak cyrkulacja, zależy od sezonu i latem sięga aż do wejścia do Brepollen, natomiast zimą znajduje się w rejonie wejścia do fiordu. Obecność silnego gradientu zasolenia i temperatury powoduje powstawanie np. pływów wewnętrznych w obszarze istnienia frontu.

Hornsund od strony Morza Grenlandzkiego znajduje się pod wpływem dwóch silnych prądów. Pierwszy to Prąd Zachodniospitsbergeński, niosący ciepłe i słone wody pochodzenia atlantyckiego. Drugi, to powierzchniowy zimny Prąd Sorkapski, zawierający w sobie wysłodzone wody pochodzące ze zlewni fiordów, lodowców oraz topniejącej pokrywy lodowej wschodniej części Spitsbergenu. Obecność pływów morskich podnoszących i obniżających poziom morza w fiordzie powoduje, iż znajduje się on pod silnym wpływem wód szelfowych, będących mieszaniną zimnych wysłodzonych wód Prądu Sorkapskiego z wodami Prądu Zachodniospitsbergeńskiego. W pracy pokazano, że ich wkład do zawartości soli i ciepła w fiordzie wykazuje bardzo silną sezonowość związaną odpowiednio z dopływem wody słodkiej ze zlewni fiordu wraz ze zwiększonym dopływem wód niesionych przez Prąd Sorkapski oraz z dostarczaniem energii cieplnej w sezonie letnim. Poza oceną sezonowego wpływu obu prądów postawiono sobie za cel próbę wyodrębnienia krótkotrwałych okresów (o skali czasowej rzędu tygodni), w których dominuje jeden z nich. W tym celu wprowadzono całkę o zmiennej górnej granicy całkowania z anomalii zawartości soli. Przyjęte podejście pozwoliło na wyodrębnienie okresów, w których w Brepollen zawartość soli rosła lub malała w skali tygodni, co doprowadziło do wniosku, że w rejonie szelfu dominowały odpowiednio wody pochodzenia atlantyckiego lub sorkapskiego. Opracowany model hydrodynamiczny fiordu Hornsund jest jedynym do tej pory opublikowanym modelem cyrkulacji tego akwenu.

D. Opracowanie i udostępnienie badaczom innowacyjnego narzędzia, pozwalającego na obserwację aktualnego stanu fizycznego Morza Bałtyckiego (publikacja O6).

Praca jest wynikiem utworzenia usługi eBalticGrid w ogólnopolskiej infrastrukturze PL-Grid. Infrastruktura ta została zbudowana w celu dostarczenia pracownikom naukowym platformy informatycznej, pozwalającej na lepsze wykorzystanie narzędzi używanych w centrach obliczeniowych. Platforma ta, poprzez wprowadzenie dodatkowych rozwiązań wspierających obliczenia dokonywane w rozproszonej infrastrukturze PL-Grid oraz integrację danych uzyskanych podczas prowadzenia badań, dostarcza narzędzia ułatwiające pracę naukowców i studentów. Umożliwia też pracownikom naukowym prowadzenie obliczeń poprzez zapewnienie wygodnego dostępu do rozproszonych zasobów obliczeniowych najważniejszych centrów obliczeniowych w Polsce. Infrastruktura PL-Grid powstała w 2009 roku zrzesza następujące centra obliczeniowe: Akademickie Centrum Komputerowe CYFRONET AGH w Krakowie, Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego w Warszawie, Instytut Chemii Bioorganicznej PAN - Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe, Centrum Informatyczne Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej w Gdańsku oraz Wrocławskie Centrum Sieciowo - Superkomputerowe.

Zasadniczym celem utworzonej usługi jest wspieranie badań Bałtyku poprzez dostarczanie codziennego obrazu podstawowych parametrów fizycznych opisujących stan akwenu. W skład systemu wchodzi trzy zasadnicze elementy: model atmosfery WRF (Weather Research and Forecasting Model) o rozdzielczości poziomej 10 km, połączone modele lodu i oceanu (zaprezentowane w publikacji [O1]) oraz model falowania WAM (Wind Wave Model - na obecnym etapie jest on przygotowywany do pracy operacyjnej, rozdzielczość pozioma wynosi 1 NM).

W pracy usługi można wydzielić dwie zasadnicze części. Pierwsza, to obliczenia wykonywane przez wszystkie współpracujące modele. System codziennie pobiera najnowsze warunki brzegowe udostępniane przez Global Forecasting System, przetwarza je do formatu wymaganego przez model atmosfery, a następnie wykonuje obliczenia dla trzech dni modelowych, po czym przygotowuje dane atmosferyczne w formacie wymaganym przez sprzężone modele oceanu i lodu. Następnie model B-CESM pobiera dane prognostyczne dla otwartej granicy w rejonie Göteborg'a z niemieckiej Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) i wykonuje integracje używając danych przygotowanych przez model atmosfery. Ostatnim etapem jest wykonanie symulacji za pomocą modelu WAM. Trwają obecnie prace mające na celu uruchomienie modelu falowania w trybie operacyjnym.

Druga zasadnicza część usługi, to przygotowanie wyników dla bazy danych w formie łatwo dostępnej dla użytkownika poprzez portal eBaltic. Odbiorca korzystający z witryny ma do dyspozycji zestaw funkcji takich jak: powiększenie wybranego rejonu, wykonanie przekrojów, dostęp do wszystkich poziomów modelu (głębokości) oraz utworzenie animacji. Może również na bieżąco śledzić procesy o różnej skali przestrzennej i czasowej np. *upwelling*'i, wlewy, wezbrania sztormowe, pionowe rozkłady temperatury, zasolenia i prądów morskich, czy też zlodzenie, zarówno używając danych archiwalnych, jak i prognostycznych. Wyniki z symulacji są dostarczane codziennie do BSH oraz systemu SatBałtyk. System eBaltic jest bardzo pomocny przy planowaniu rejsów badawczych. Ponadto wykorzystuje się go przy planowaniu sondowania za pomocą pływaków *Argo*. Portal, dostarczając rozkłady prądów na wybranych głębokościach, pozwala na zaplanowanie jednodobowej trasy urządzenia a tym samym chroni przed zdryfowaniem w niechciane rejony Bałtyku. Dostęp do usługi jest możliwy z poziomu dowolnej przeglądarki internetowej pod adresem eBaltic.plgrid.pl.

Działalność naukowa w okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Pracę naukową rozpocząłem w roku 1993 biorąc udział w projekcie Baltic Aerosol Experiment (BAEX) pod opieką dr. hab. Romana Marksa w „Pracowni wzajemnego oddziaływania morza i atmosfery”. W ramach projektu opracowałem, wykonałem i oprogramowałem laboratoryjny system symulacji aerozoli morskich. Uczestniczyłem w pomiarach aerozoli w Morskim Laboratorium Brzegowym w Lubiatowie (terenowa placówka badawcza Instytutu Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku). Podczas dwutygodniowej sesji pomiarowej kontrolowałem pracę laserowego systemu wykonującego sekwencje pomiarów rozkładów rozmiarów cząstek znajdujących się w przywodnej warstwie atmosfery oraz nadzorowałem pomiar aerozoli za pomocą impaktorów. We wrześniu 1994 roku zdałem egzamin i zostałem słuchaczem Środowiskowych Studiów Doktoranckich z Biologii i

Oceanologii przy Uniwersytecie Gdańskim, moim promotorem został prof. dr hab. Zygmunt Klusek. Moja praca naukowa została ukierunkowana na akustykę morza ze szczególnym uwzględnieniem metod pozwalających na akustyczną detekcję pęcherzyków gazowych w morzu.

Badania związane z akustyką, a ściślej akusto-optyką, prowadziłem już podczas studiów magisterskich na kierunku Fizyka Uniwersytetu Gdańskiego. Moja praca magisterska była porównaniem dwóch teorii opisujących dyfrakcję światła na ultradźwiękach – teorii *Ramana-Natha* mówiącej, że poruszająca się fala ultradźwiękowa wprowadza wyłącznie zmianę fazy w przechodzącym przez nią świetle laserowym oraz teorii *Lucasa-Biquarda*, która opisuje przejście światła przez ultradźwięki za pomocą optyki geometrycznej, traktującej falę sprężystą jako chwilowy, periodyczny rozkład gęstości cieczy a tym samym jako periodyczny rozkład współczynnika załamania. W ramach pracy magisterskiej wykonałem szereg pomiarów oraz opracowałem algorytmy numeryczne pozwalające na porównanie rozkładów natężenia światła w zależności od energii fali sprężystej. Wynikiem pracy była granica stosowalności teorii bazującej na optyce geometrycznej. Badania akustyczne prowadzone podczas studiów magisterskich, łączące zdobytą wiedzę teoretyczną z dziedzin matematyki i fizyki, z rozwiązywaniem problemów istotnych dla akustyki, pozwoliły mi bardzo szybko wdrożyć się w badania hydroakustyczne prowadzone przez IOPAN w Sopocie.

Praca doktorska obejmowała opracowanie metody detekcji pęcherzyków gazowych z wykorzystaniem ich nieliniowych własności oraz jej zastosowanie do oceny koncentracji pęcherzyków gazowych w Bałtyku.

Pęcherzyk gazowy w cieczy, pod wpływem nadźwiękawiania oscyluje z częstotliwością pobudzającej go fali ultradźwiękowej. Jest obiektem o dużej dobroci – oznacza to, że tylko w rezonansie amplituda drgań wymuszonych jest dużo większa niż w obszarze częstotliwości nierezonansowych. Nieliniowe drgania pęcherzyka przejawiają się generowaniem składowych nieliniowych podczas pobudzania go falą harmoniczną. W przypadku jednej fali wymuszającej (o częstotliwości f) pęcherzyk emituje, oprócz składowej podstawowej (o częstotliwości f), fale o częstotliwościach harmonicznym (np. $2f$). Natomiast jeśli falą generującą drgania pęcherzyka jest suma fal harmonicznym o częstotliwościach odpowiednio f_1 i f_2 , nieliniowe oscylacje pęcherzyka powodują powstawanie składowych harmonicznym ($2f_1$ i $2f_2$), sumacyjnej ($f_1 + f_2$) i różnicowej ($|f_1 - f_2|$). Efektywność procesu rozpraszania jest największa, gdy częstotliwości fal nadawanych są zbliżone do siebie i do częstotliwości rezonansowej pęcherzyka. W pracy doktorskiej wykorzystałem składową sumacyjną, gdyż w sprzyjających warunkach energia emitowana przez pęcherzyk była prawie taka sama jak dla składowych harmonicznym a dzięki temu, że jedynym obiektem o tak silnych właściwościach nieliniowych w toni wodnej jest pęcherzyk gazowy, pozwalała odróżnić je od innych obiektów rozpraszających (np. ryb lub planktonu). W ramach opracowanej metody rozwiązałem nieliniowe równanie drgań pęcherzyka i obliczyłem przekroje czynne na rozpraszanie dla każdej z generowanych składowych. Ponadto zbudowałem układ pomiarowy pracujący na trzech parach częstotliwości: 30 i 35 kHz, 60 i 65 kHz oraz 105 i 115 kHz (wybór częstotliwości był kompromisem między możliwościami aparaturowymi i wielkością występujących w morzu pęcherzyków). Pomiary do pracy doktorskiej wykonałem podczas rejsów na jednostce badawczej S/Y Oceania (rejsy Bałtyckie i arktyczne) oraz na okręcie hydrograficznym ORP Kopernik.

W roku 2002 obroniłem pracę doktorską pt. „Zastosowanie akustycznych zjawisk nieliniowych do badania pęcherzyków gazowych w morzu” i uzyskałem stopień

doktora Nauk o Ziemi w zakresie Oceanologii na Wydziale Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego. Promotorem pracy był prof. dr hab. Zygmunt Klusek, recenzentami dr hab. Witold Cieślakiewicz oraz prof. dr hab. inż. Andrzej Stepnowski.

Wyniki bieżących prac związanych z doktoratem prezentowane były na konferencjach o zasięgu krajowym [R1, R5] i międzynarodowym [R2, R3, R4, R6, R7 i P1]. Po uzyskaniu stopnia doktora skoncentrowałem się na opublikowaniu wcześniej uzyskanych wyników: [A1, A2, A3 i A4].

Referaty naukowe wygłoszone przed uzyskaniem stopnia doktora:

- R1 Klusek Z., **Jakacki J.**, 1996, Nieliniowe rozpraszanie fal akustycznych na pęcherzykach gazowych w Bałtyku, XIII Sympozjum z Hydroakustyki, Jurata.
- R2 Klusek Z., **Jakacki J.**, 1997, On the concentrations of gas bubbles measured acoustically in the Baltic Sea- wind and time dependences, International Symposium on Hydroacoustics and Ultrasonic, EAA Symposium (formerly 13th FASE Symposium), Gdańsk-Jurata, 12-16 May.
- R3 Klusek Z., **Jakacki J.**, 1998, Wind and time dependence of the gas bubble concentrations measured acoustically in the Baltic Sea, Proc. 4th Europ. Conf. Underwater Acoust., Rzym, 107–112, Włochy.
- R4 Falkowska L., Burska D., Klusek Z., **Jakacki J.**, 1999, Some periodic dependence between dissolved and suspended substances in the sea surface microlayer and subsurface gases bubbles concentrations in the Baltic Sea, Fourth workshop on Physical Processes in Natural Waters, Tallinn, Estonia.
- R5 **Jakacki J.**, 2000, Propagation of acoustical waves in gas-liquid mixture, 17th Symposium on Hydroacoustics, Jurata.
- R6 **Jakacki J.**, Klusek Z., Tęgowski J., 2002, The non-linear method of gas bubbles detection in the bottom sediments, Forum Acousticum, Sevilla, Hiszpania.
- R7 Klusek Z., **Jakacki J.**, 2002, Comparison of the application of linear and nonlinear acoustical methods in the gas bubble counting, Deutsche Jahrestagung für Akustik (DAGA), Bohum, Niemcy.

Plakaty naukowe zaprezentowane przed uzyskaniem stopnia doktora:

- P1 Klusek Z., **Jakacki J.**, Tęgowski J., Matveev A., Potapov A., Sustova I., 2001, Nonlinear response of the bottom as indicator of microbubble presence in sediments in Gdańsk Bay, Baltic Sea Science Congress, Stockholm, 25-29 November, Szwecja.

Publikacje będące efektem prac w ramach doktoratu

- A1 **Jakacki J.**, Klusek Z., Tęgowski J., 2002, The non-linear method of gas bubbles detection in the bottom sediments, Revista de Acustica, XXXIII.
- A2 Tęgowski J., **Jakacki J.**, Klusek Z., Rudowski S., Nonlinear Acoustical Methods in The Detection of Gassy Sediments in the Gulf of Gdansk, Hydroacoustics, 6, 151-158, 2003.

- A3 Klusek Z., Wiszniewski A., **Jakacki J.**, 2004, Relationships between atmospheric positive electric charge densities and gas bubble concentrations in the Baltic Sea, *Oceanologia*, 46 (4), 459-476.
- A4 Tęgowski J., Klusek Z., **Jakacki J.**, 2006, Nonlinear Acoustical Methods in the Detection of Gassy Sediments, [w:] *Acoustic Sensing Techniques for the Shallow Water Environment – Inversion Methods and Experiments*, [red:] Caiti A., Chapman N.R., Hermand J.P., Jesus S.M., 125-136, Springer, ISBN 978-1-4020-4386-4.

Działalność naukowa po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora złożyłem aplikację z propozycją prowadzenia badań w programie National Research Council (NRC), działającym pod patronatem Amerykańskiej Akademii Nauk i uzyskałem pozytywne recenzje. Zapewniło mi to nagrodę (*ang. award*) w postaci półrocznego stypendium podoktoranckiego w Katedrze Oceanografii w Naval Postgraduate School (NPS, Monterey, California, USA). Moim opiekunem podczas stażu podoktoranckiego był prof. Wiesław Masłowski. Czas pracy na stypendium został wydłużony – pracowałem tam od kwietnia 2003 do października 2005 roku. Badania naukowe w USA odbywały się w ramach projektu Shelf-Basin Interaction (SBI [G1]), którego głównym celem było zrozumienie fizycznych i biogeochemicznych procesów łączących szelfy, skłony i głębokie baseny Oceanu Arktycznego oraz ich związki ze zmianami klimatycznymi o skali globalnej.

Czas pracy w Monterey został w całości poświęcony rozwijaniu modelu klimatycznego Arktyki. Model ten został utworzony poprzez połączenie dwóch aktywnych komponentów - modelu oceanu (POP) oraz modelu lodu (CICE). Oba komponenty połączyłem ze sobą tworząc układ sprzężony, dzięki czemu wymiana strumieni masy, energii i pędu odbywała się na bieżąco. Miało to znaczący wpływ na wyniki. W dalszych pracach połączone modele poddałem regionalizacji wprowadzając odpowiednie warunki brzegowe na ich granicach. Po przygotowaniu strumieni atmosferycznych przeprowadziłem walidację modelu i niezbędne integracje. Od tego czasu moje zainteresowania skupiają się przede wszystkim na różnych aspektach modelowania wielkoskalowego i regionalnego. Wyniki prac zaprezentowane zostały podczas konferencji o zasięgu międzynarodowym [R8, R10, R11] oraz podczas spotkania roboczego w ramach projektu SBI [R9].

Po powrocie do kraju kontynuowałem rozpoczętą współpracę z NPS a tym samym prace nad rozwijaniem modelu (udział i kierownictwo w projektach [G3] i [G4]). Uzyskane wyniki były na bieżąco prezentowane w postaci referatów wygłoszonych podczas międzynarodowych konferencji [R13, R16, R17, R20, R22 i R24]) oraz w publikacjach [A5 i A6].

Rozszerzyłem zakres prac związanych z modelowaniem o rejon Morza Bałtyckiego [R12, R14, R15, R18, R19, R21, P2, P3 i P4]. Dodatkowo, w ramach projektu DAMOCLES [G2], którego ważnym elementem było modelowanie Oceanu Arktycznego, wykonywałem pomiary hydrograficzne podczas ekspedycji polarnej AREX 2006. Wyniki zostały zaprezentowane podczas spotkania roboczego w Paryżu [R23].

Od roku 2007 byłem głównym wykonawcą oraz *developer'em* modelu (ang. *model developer*) w projekcie Regional Arctic Climate Model (RACM, [G6] i RASM [G13]) finansowanym przez Ministerstwo Energetyki USA (*Department of Energy USA*) oraz kierownikiem projektu RACM-PL [G9] finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNSW). Wspólnym celem projektów była budowa połączonego systemu modeli tworzących regionalny model Arktyki zdolny do reprodukcji zmian klimatycznych, jak również, jak najlepiej odzwierciedlający charakter zmienności pokrywy lodowej Oceanu Arktycznego. Model składał się z czterech aktywnych elementów: modelu oceanu (POP), modelu lodu (CICE), wielkoskalowego modelu lądu (Variable Infiltration Capacity (VIC) Macroscale Hydrologic Model) oraz modelu atmosfery (WRF). W projekcie odpowiedzialny byłem za modele oceanu i lodu. Efekty prac nad rozwojem modelu RACM (obecna nazwa Regional Arctic System Model, RASM) były prezentowane podczas konferencji o zasięgu międzynarodowym, zarówno w Europie [R25, R28, R29, R33], jak i w Stanach Zjednoczonych [R27, R34, R35 i P16]. Ponadto, efekty prac zostały zaprezentowane w publikacjach [A9 i A17].

Po powrocie do kraju od 2012 roku, będąc członkiem pracowni kierowanej przez dr hab. Lidię Dzierzbicką-Głowacką, rozpocząłem wstępne prace mające na celu budowę modelu ekosystemu dla obszaru całego Bałtyku. W fazie początkowej przeprowadziliśmy symulacje za pomocą modelu ocean-lód dla Morza Bałtyckiego, a następnie wprowadziliśmy moduł ekosystemu do wcześniej przygotowanego modelu. Kooperacja z dr hab. Lidią Dzierzbicką-Głowacką została rozpoczęta kilka lat wcześniej, w ramach projektu ECOOP [G5], celem którego było opracowanie zintegrowanego ogólnoeuropejskiego systemu, ukierunkowanego na ocenę zmian o charakterze środowiskowym i klimatycznym oraz wykorzystanie go w zakresie wspierania decyzji związanych z morzem. W ramach projektu przeprowadziliśmy symulacje o charakterze klimatycznym za pomocą połączonych modeli lodu i oceanu, uzyskując wieloletnią zmienność klimatu Bałtyku w zależności od przyjętego scenariusza zmian klimatycznych. Wyniki zostały zaprezentowane na najważniejszej europejskiej konferencji geofizycznej w Wiedniu w latach 2008 i 2009 [P2, P3 i P4]. W latach następnych, w ramach projektu [G10] finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki i kierowanego przez dr hab. Lidię Dzierzbicką-Głowacką, wykonaliśmy system operacyjny noszący miano 3D Coupled Ecosystem Model of the Baltic Sea (3D-CEMBS), który dostarcza informacji o stanie ekosystemu Bałtyku. Cały układ jest zbudowany na bazie modelu Community Earth System Model (CESM), którego pośrednio byłem *developer'em* [G6, G9, G13, R34 i R35]. Uzyskane wyniki prezentowane były na konferencjach o zasięgu międzynarodowym [R30-R32, R38, P5-P15, P17-P23 i P26]. Wyniki prac dotyczących modelowania ekosystemu Bałtyku zostały również udokumentowane w postaci publikacji, w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym [A7, A8, A10-A16].

Obok modelowania procesów fizycznych oraz ekosystemu moje zainteresowania związane były z wykorzystaniem modelowania do oceny wpływu potencjalnych zanieczyszczeń na środowisko. Brałem udział w trzech interdyscyplinarnych projektach [G14, G17, G20] koordynowanych przez dr. hab. Jacka Bełdowskiego, których celem była ocena wpływu zatopionych BST (bojowych środków trujących) na środowisko Morza Bałtyckiego. Prace prowadzone podczas realizacji projektów zaowocowały pięcioma publikacjami, z których trzy stanowią część osiągnięcia habilitacyjnego [O1, O2, O3, A18, A21]. Wyniki uzyskiwane podczas realizacji projektów związanych z zatopioną amunicją chemiczną były prezentowane na

konferencjach, a także spotkaniach roboczych o zasięgu krajowym i międzynarodowym [R39, R44, R51, R55, P27, P28, P40, P41, P43 i P47].

Doświadczenie zdobyte podczas prac związanych z implementacją sprzężonego modelu ocean-lód Morza Bałtyckiego pozwoliły na rozpoczęcie prac nad bardziej wymagającymi akwenami jakimi są fiordy Zachodniego Svalbardu. W ramach projektu kierowanego przez prof. dr. hab. Jana Marcina Węsławskiego opracowaliśmy na bazie pakietu MIKE by DHI hydrodynamiczny model uwzględniający wpływ zarówno zlewni, jak i lokalnych warunków hydrodynamicznych na cyrkulację fiordu Hornsund. Rezultaty otrzymane podczas prac wykonanych w ramach projektu, poza zaprezentowaniem wyników na forum międzynarodowym [R43, R46-R48, R57, R59, P24, P25, P29-P34, P38, P45 i P46]), zostały zebrane w publikacji, która jest elementem osiągnięcia habilitacyjnego [O4].

Modelowanie procesów fizycznych w morzu i atmosferze pozwala na przeprowadzanie analiz zarówno retrospektywnych, jak i prognozowania o różnych skalach czasowych. Umożliwia to wykorzystanie wyników symulacji w tworzeniu rozwiązań innowacyjnych, które mogą wprowadzać wartość dodaną w transferze wyników badań naukowych do gospodarki naszego kraju.

Posiadając biegłą znajomość narzędzi modelowania starałem się je wykorzystywać uczestnicząc w projektach natury innowacyjnej oraz badawczo-rozwojowej. W latach 2011-2012 byłem odpowiedzialny za przygotowanie prognoz pogody, prądów morskich i pływowych dla żeglarskiej kadry narodowej startującej podczas Igrzysk Olimpijskich w Wielkiej Brytanii w 2012 roku [G7].

Współpracując z firmą PM Ecology [G11] w 2013 roku, opracowałem metodę pozwalającą na skrócenie pomiarów wietrzności w celu prawidłowego doboru przydomowej turbiny wiatrowej. Metoda łączyła pomiar prędkości wiatru w planowanym miejscu instalacji generatora z wynikami symulacji o dużej rozdzielczości za pomocą modelu atmosfery. W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano zgodność rozkładu prędkości wiatru (rozkładu Weibull'a) uzyskanego z pomiaru, z wynikami modelowymi na poziomie większym od 90%, co pozwoliło na skrócenie czasu pomiarów z dwóch lat do trzech miesięcy.

Również w roku 2013 zajmowałem się diagnozą arytmii serca poprzez zastosowanie metod integracyjnych sygnałów impulsowych o modulowanej częstotliwości. Efektem prac był numeryczny model diagnozujący arytmie serca [R40].

Uczestniczyłem aktywnie w budowie systemu SatBałtyk [G12], którego celem był monitoring satelitarny środowiska morskiego. Jednym z zasadniczych ograniczeń badań satelitarnych są chmury, które powodują absorpcję i rozproszenie promieniowania docierającego z Ziemi. Konsekwencją tego jest niewielki stosunek sygnału do szumu obszarów pokrytych chmurami w obrazie promieniowania rejestrowanego przez satelitę. Taki obraz po analizach wykorzystujących specjalne algorytmy posiada nieprawidłowe dane. W celu otrzymania poprawnego wyniku dla całego obszaru Morza Bałtyckiego, braki w danych satelitarnych w systemie SatBałtyk są wypełniane za pomocą danych modelowych pochodzących z usługi eBalticGrid wdrażanej w tym samym czasie [G16 i O6]. Wyniki związane z budową i funkcjonowaniem systemu SatBałtyk oraz eBalticGrid prezentowane były na forum krajowym i międzynarodowym [R42, R15, R49, P32, P35-P37].

Brałem udział w badaniach ukierunkowanych na realizację wielosystemowej samoorganizującej się, szerokopasmowej sieci teleinformatycznej na morzu w celu zwiększenia bezpieczeństwa żeglugi poprzez rozwój e-nawigacji [G19]. Celem projektu była ocena możliwości wykorzystania pasma AIS (Automatic Identification System) do transferu prognoz numerycznych poprzez szybką transmisję między

jednostkami pływającymi. Wyniki projektu prezentowane były na konferencjach o zasięgu międzynarodowym i krajowym [R52, P39] oraz w postaci publikacji o zasięgu krajowym [A19 i A22] oraz międzynarodowym [A20].

Od roku 2012 aktywnie uczestniczyłem w spotkaniach konsorcjum HIROMB (High Resolution Model of the Baltic Sea) [R37, R41], co doprowadziło do przyjęcia w 2014 roku IOPAN w Sopocie do grona konsorcjantów, a w 2015 roku zostałem wybrany krajowym przedstawicielem konsorcjum HIROMB do spraw modelowania Bałtyku.

W roku 2016 roku sopocki magistrat wystąpił do IOPAN w Sopocie z prośbą o wykonanie badań, które pozwolą na ocenę zmian linii brzegowej w okolicy sopockiego mola. W celu wydania opinii utworzono projekt wewnętrzny o akronimie TOMBOLO [G18], którego zostałem kierownikiem. Wyniki prac zostały wykorzystane w osiągnięciu habilitacyjnym [O5] oraz zaprezentowane na konferencjach [R50, R54, R56, P42, P44].

W 2017 roku zostałem członkiem sieci ekspertów ds. przebudowy i rozwoju modeli środowiska morskiego (Network of Experts for ReDeveloping Models of the European Marine Environment), znajdującej się przy Komisji Europejskiej w Brukseli. Celem utworzonej sieci jest, poza wymianą wiedzy między naukowcami zajmującymi się modelowaniem, zmniejszenie przepaści między badaczami i decydentami w celu pełniejszego wykorzystania możliwości modelowania. Podczas spotkań roboczych tej sieci zaprezentowałem działalność IOPAN związaną z modelowaniem środowiska morskiego [R51 i R58].

Również w 2017 roku zostałem zaproszony do udziału w projekcie Multi Model Ensemble (MME) kierowanym przez BSH (Federal Maritime and Hydrographic Agency). Celem projektu jest porównanie wyników modeli rozpiętych na domenie Bałtyckiej i pracujących w trybie operacyjnym. Od tego czasu dane są codziennie dostarczane z usługi eBaltic [O2 i O6] do systemu MME, a wyniki porównawcze prezentowane na bieżąco poprzez portal internetowy projektu. W ten sposób IOPAN w Sopocie dołączył do grupy ośrodków zajmujących się modelowaniem Bałtyku i został uwzględniony w przyszłych działaniach.

Posiadana wiedza i doświadczenie spowodowały, iż zostałem wybrany na członka Rady Naukowej projektu ZSPDO, którego IOPAN w Sopocie był liderem [G8].

W 2014 roku w IOPAN w Sopocie została utworzona „Pracownia modelowania procesów fizycznych w morzu i atmosferze”, której zostałem kierownikiem. Od początku istnienia pracowni kładę nacisk na poznanie struktur modeli, zrozumienie parametryzacji procesów fizycznych oraz na rozwój i rozszerzenie posiadanych narzędzi. Dla przykładu, jednym z celów działań naszej pracowni jest poznanie i zaadaptowanie modelu NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) do domeny Bałtyckiej. Model ten daje bardzo szerokie możliwości wykorzystania zarówno w skali regionalnej, jak i globalnej. Planuję również zająć się rozprzestrzenianiem zawiesiny uwalnianej podczas topnienia lodowców w fiordach Zachodniego Spitsbergenu. Staram się rozwijać możliwości pracowni angażując do pracy przede wszystkim młode osoby. Od października 2016 roku pełnię funkcję promotora pomocniczego dwóch doktorantów Studium Doktoranckiego w dziedzinie nauk o Ziemi w zakresie oceanologii przy Instytucie Oceanologii PAN w Sopocie.

Obecnie uczestniczę aktywnie w dwóch innowacyjnych projektach: WaterPuck [G22] i FindFish [G2]. Celem pierwszego z nich jest budowa zintegrowanego serwisu informacyjno-predykcyjnego, który będzie oceniał wpływ gospodarstw rolnych i formy użytkowania terenu na jakość wody w Zatoce Puckiej. W projekcie jestem kierownikiem zadania (WP6) związanego z budową i wdrożeniem modelu

hydrodynamicznego wraz z osadzonym modelem ekosystemu dla Zatoki Puckiej. Projekt FindFish jest komercjalizacją wyników badań naukowych mającą na celu zwiększenie zysków rybaków poprzez zbudowanie platformy transferu wiedzy FindFish wykorzystującej, między innymi, narzędzia modelowe. Wyniki z obu projektów prezentowane są na międzynarodowych konferencjach i spotkaniach roboczych o zasięgu międzynarodowym [R58 i R60].

Od roku biorę aktywny udział w budowie mobilnego sygnalizatora prawidłowej dekompresji u nurków [G21], który przyczyni się do kontrolowania procesu dekompresji podczas nurkowania. Do tej pory, w skali światowej, produkuje się jeden typ urządzenia pozwalający na weryfikację procesu dekompresji dopiero po jej zakończeniu. Opracowywany sygnalizator obecności wolnej fazy gazowej u nurków wykorzystuje wiedzę o oddziaływaniu fal akustycznych z pęcherzykami gazów zdobytą podczas pracy nad doktoratem. Wstępne wyniki zostały zaprezentowane podczas jubileuszowej konferencji Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej [R63].

Modelowanie wymaga odpowiedniej mocy obliczeniowej, dlatego podczas pracy korzystałem z wojskowych centrów obliczeniowych Ministerstwa Obrony Stanów Zjednoczonych (np. Arctic Region Supercomputing Center) oraz krajowych centrów informatycznych (Interdyscyplinarne Centrum Modelowania UW, ICM jak również Centrum Informatyczne Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej, CI TASK). Sprawozdania z realizowanych prac przedstawiane były najczęściej w formie raportów, czasami w postaci prezentacji na sesjach sprawozdawczych [R25].

Obecnie, wraz z członkami pracowni, koncentruję się na pracach związanych z adaptacją modelu NEMO dla domeny Bałtyckiej. Ponadto, jestem na etapie przygotowywania modelu WAM do pracy w trybie operacyjnym w systemie eBaltic. Zajmujemy się też zjawiskami nieliniowymi, które są wynikiem istnienia frontu hydrologicznego, we fiordzie Hornsund (np. generacja pływów wewnętrznych). Rozpoczęliśmy prace mające na celu wprowadzenie do modelu pokrywy lodowej (CICE) stałego, związanego z lądem lodu. W przyszłości zamierzam kontynuować rozwój modelowania w ramach badań prowadzonych w IOPAN w Sopocie.

Prace opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora:

- A5 Lipscomb W.H., Hunke E.C., Masłowski W., **Jakacki J.**, 2007 Ridging, strength, and stability in high-resolution sea ice models. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 112(C3), doi: 10.1029/2005JC003355.
- A6 Masłowski W., Kinney J.C., **Jakacki J.**, 2007, Toward Prediction of Environmental Arctic Change, *Computing in Science & Engineering*, 9(6), doi: 10.1109/MCSE.2007.125.
- A7 Dzierzbicka-Głowacka L., Kulinski K., Maciejewska A., **Jakacki J.**, Pempkowiak J., 2010, Particulate organic carbon in the southern Baltic Sea: numerical simulations and experimental data. *Oceanologia*, 52(4), 621-648.
- A8 Dzierzbicka-Głowacka L., Zmijewska I.M., Mudrak S., **Jakacki J.**, Lemieszek A., 2010, Population modelling of *Acartia* spp. in a water column ecosystem model for the South-Eastern Baltic Sea. *Biogeosciences*, 7(7), doi: 10.5194/bg-7-2247-2010.

- A9 Maslowski W., Kinney J.C., Marble D.C., **Jakacki J.**, 2008, Towards eddy-resolving models of the Arctic Ocean, [w:] *Ocean Modeling in an Eddying Regime*, Geophys. Monogr. Ser., [red:] Hecht M.W. and Hasumi H., editors, vol. 177, 241-264, doi: 10.1029/177GM16.
- A10 Dzierzbicka-Glowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., Nowicki A., 2011, Variability in the distribution of phytoplankton as affected by changes to the main physical parameters in the Baltic Sea, *Oceanologia*, 53(1),449-470, doi: 10.5697/oc.53-1-TI.449.
- A11 Dzierzbicka-Glowacka L., Kulinski K., Maciejewska A., **Jakacki J.**, Pempkowiak J., 2011, Numerical modelling of POC dynamics in the southern Baltic under possible future conditions determined by nutrients, light and temperature, *Oceanologia*, 53(4), 971-992, doi: 10.5697/oc.53-4.971.
- A12 Dzierzbicka-Glowacka L., Janecki M., Nowicki A., **Jakacki J.**, 2012, A new marine ecosystem 3D CEMBS model (version 2) for the Baltic Sea, [w:] 2012 IEEE International Conference on Complex Systems, [red:] Essaaidi M, Nemiche M., doi: 10.1109/ICoCS.2012.6458601.
- A13 Dzierzbicka-Glowacka L., Piskozub J., **Jakacki J.**, Janecki M, Nowicki A., 2012, Influence of climate parameters on long-term variation of the distribution of phytoplankton biomass and nutrient concentration in the Baltic Sea simulated by a 3d model, *Polish Journal of Ecology*, 60(4), 651-666, .
- A14 Dzierzbicka-Glowacka L., Piskozub J., **Jakacki J.**, Mudrak S., Żmijewska M.I., 2012, Spatiotemporal distribution of copepod populations in the Gulf of Gdansk (southern Baltic Sea). *Journal of Oceanography*, 68(6), 887-904, doi: 10.1007/s10872-012-0142-8.
- A15 Dzierzbicka-Glowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., Nowicki A., 2013, Activation of the operational ecohydrodynamic model (3D CEMBS) - the hydrodynamic part, *Oceanologia*, 55(3), 519-541, doi: 10.5697/oc.55-3.519.
- A16 Dzierzbicka-Glowacka L., Janecki M., Nowicki A., **Jakacki J.**, 2013, Activation of the operational ecohydrodynamic model (3D CEMBS) - the ecosystem module *Oceanologia*, 55(3),543-72, doi: 10.5697/oc.55-3.543.
- A17 Clement Kinney J., Masłowski W., Aksenov Y., Beverly de Cuevas, **Jakacki J.**, Nguyen A., Osiński R., Steele M., Woodgate R.A., Zhang J., 2014, On the Flow Through Bering Strait: A Synthesis of Model Results and Observations, [w:] *The Pacific Arctic Region: Ecosystem Status and Trends in a Rapidly Changing Environment*, [red:] Grebmeier J.M., Maslowski W., Springer, 167-199, ISBN 978-9401788625.
- A18 Beldowski J., Klusek Z., Szubska M., Turja R., Bulczak A., Rak D., Brenner M., Lang T., Kotwicki L., Grzelak K., **Jakacki J.**, Fricke N., Östin A., Olsson U., Fabisiak J., Garnaga G., Ratfeld-Nyholm J., Majewski P., Broeg, K., Söderström M., Vanninen, P., Popiel S., Nawała J., Lehtonen K., Berglind R., Schmidt B., 2016, Chemical Munitions Search & Assessment-An evaluation of the dumped munitions problem in the Baltic Sea, *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 128, 85-95, doi: 10.1016/j.dsr2.2015.01.017.
- A19 **Jakacki J.**, 2016, Wykorzystanie modelowania procesów fizycznych środowiska morskiego w e-nawigacji, *Przegląd Telekomunikacyjny*, vol. 12, doi: 10.15199/59.2016.12.8.
- A20 Tycholiz W., **Jakacki J.**, 2017, Mesh-based Internet on the Baltic Sea for Improving e-Navigation Services. A Case Study., [w:] 15th International Conference on ITS Telecommunications (ITST) [red:] Rak J., Berbineau M., Marais J., Vinel A., IEEE, ISBN 978-1-5090-5275-2.

- A21 Beldowski J., **Jakacki J.**, Grabowski M., Lang T., Weber K., Kotwicki L., Paka V., Rak D., Golenko M., Czub M., Söderström M., 2017, et al. Best Practices in Monitoring, [w:] Towards the Monitoring of Dumped Munitions Threat (MODUM), A Study of Chemical Munitions Dumpsites in the Baltic Sea, NATO Science Series for Peace and Security Programme, [red:] Beldowski J., Been R., Turmus E.K., 213-240, Springer, ISBN 978-94-024-1153-9.
- A22 Tycholiz W., **Jakacki J.**, Darecki M., 2018, Optymalizacja trasy żeglugi na potrzeby e-nawigacji w systemie netBaltic Przegląd Telekomunikacyjny, doi: 10.15199/59.2018.2-3.7

Granty naukowe realizowane po uzyskaniu stopnia doktora (funkcja/rola, tytuł projektu, kierownik projektu, jednostka wiodąca, finansowanie, okres realizacji):

- G1 **wykonawca**, *Shelf – Basin Interaction (SBI)*, kierownik projektu: dr Jackie Grebmeier, Chesapeake Biological Laboratory, University of Maryland Center for Environmental Science, National Science Foundation, 2002-2007;
- G2 **wykonawca**, *Developing Arctic Modeling and Observing Capabilities for Long-term Environmental Studies (DAMOCLES)*, kierownik projektu: prof. Jean-Claude Gascard, Université Pierre et Marie Curie (Francja), 6 Program Ramowy UE, 2007-2010;
- G3 **główny wykonawca**, *Observational and Modelling Studies of the Arctic Ocean*, kierownik: dr hab. Waldemar Walczowski, IOPAN, Departament Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych (US Navy), USA, 2007-2008;
- G4 **kierownik**, *Observational and modelling studies of the Arctic Ocean*, IOPAN, Departament Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych (US Navy), USA, 2007-2009;
- G5 **podwykonawca**, *European Coastal-shelf Sea Operational Observing and Forecasting System (ECOOP)*, Danish Meteorological Institute (DMI), Dania, 6 Program Ramowy UE, 2007-2010;
- G6 **główny wykonawca, developer modelu**, *Regional Arctic Climate Model (RACM)*, kierownik projektu: prof. Wiesław Masłowski, Naval Postgraduate School, Monterey (CA, USA), Department of Energy (USA), 2007-2010;
- G7 **kierownik**, Przygotowanie prognoz hydrodynamicznych i meteorologicznych dla polskich żeglarzy startujących podczas Igrzysk Olimpijskich w Wielkiej Brytanii w 2012 roku, (OLIMPIA), IOPAN, 2011-2012;
- G8 **członek Rady Naukowej**, *Zintegrowany System Przetwarzania Danych Oceanograficznych (ZSPDO)*, kierownik: mgr inż. Marcin Wichorowski, IOPAN, Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, 2008-2012;
- G9 **kierownik**, *Empiryczne i modelowe badania Oceanu Arktycznego*, IOPAN, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 2009-2012;
- G10 **główny wykonawca**, *Numeryczne Modelowanie Zagrożeń w Polskiej Strefie Przybrzeżnej*, kierownik: dr hab. Lidia Dzierzbicka-Głowacka, IOPAN, Narodowe Centrum Nauki, 2009-2012;
- G11 **kierownik**, *Pomorski Świat Innowacji (WIATRAKI)*, Investin, Kapitał Ludzki, Narodowa Strategia Spójności, 2013;

- G12 **główny wykonawca**, *Satelitarna Kontrola Środowiska Morza Bałtyckiego (SatBałtyk)*, prof. B. Woźniak, IOPAN, Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2010-2015;
- G13 **główny wykonawca**, *developer modelu*, *Regional Arctic System Model (RASM)*, kierownik projektu: prof. Wiesław Masłowski, Naval Postgraduate School, Monterey (CA, USA), Department of Energy (USA), 2011-2016;
- G14 **główny wykonawca**, *Chemical Munition Search and Assessment (CHEMSEA)* –, kierownik projektu: dr hab. Jacek Bełdowski, IOPAN, Program Regionu Morza Bałtyckiego, 2011-2014;
- G15 **wykonawca**, *Growing of the Arctic Marine Ecosystem (GAME)*, kierownik projektu: prof. dr hab. Jan Marcin Węśławski, IOPAN, Narodowe Centrum Nauki, 2012-2015;
- G16 **koordynator usługi dziedzinowej „eBalticGrid”**, *Dziedzinowe usługi nowej generacji w infrastrukturze PL-Grid dla Polskiej Nauki (PLGRID NG)*, kierownik: prof. dr hab. inż. Jacek Kitowski, Akademickie Centrum Komputerowe CYFRONET AGH, 2014-2015;
- G17 **główny wykonawca**, *Towards the Monitoring of Dumped Munitions Threat (MODUM)*, kierownik projektu: dr hab. Jacek Bełdowski, IOPAN, NATO Science for Peace and Security (SPS) programme, 2013-2016;
- G18 **kierownik**, Wykonanie badań i prac modelowych dna i brzegu morskiego w okolicy mola w Sopocie (TOMBOLO), IOPAN (projekt wewnętrzny), Urząd Miasta Sopot, 2016;
- G19 **główny wykonawca**, *Internet na Bałtyku (NetBaltic)*, kierownik: prof. dr hab. inż. Józef Woźniak, Politechnika Gdańska, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, 2015-2018;
- G20 **główny wykonawca**, *Decision Aid for Marine Munitions (DAIMON)*, kierownik projektu: dr hab. Jacek Bełdowski, IOPAN, Program Regionu Morza Bałtyckiego, 2016-2019;
- G21 **główny wykonawca**, *Badania nad opracowaniem autonomicznego sygnalizatora prawidłowości dekompresji u nurków (PUSTULA)*, kierownik: dr hab. Adam Olejnik, Akademia Marynarki Wojennej, Polska Agencja Rozwoju Przemysłu, 2018-2019;
- G22 **kierownik WP2**, *Zintegrowany Serwis informacyjno-predykcyjny WaterPuck*, kierownik: dr hab. Lidia Dzierzbicka-Głowacka, IOPAN, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, program Biostrateg III, 2017-2020;
- G23 **główny wykonawca**, *Numeryczny System Prognozowania warunków środowiska morskiego Zatoki Gdańskiej dla Rybołówstwa, Platforma transferu wiedzy FindFish*, kierownik: dr hab. Lidia Dzierzbicka-Głowacka, IOPAN, Regionalny Program Operacyjny Województwa Pomorskiego, 2017-2022;

Referaty naukowe wygłoszone po uzyskaniu stopnia doktora:

- R8 Masłowski W., Clement J.C., Dixon J.S., **Jakacki J.**, Marble D.C., Lipscomb W.H., Walczowski W., Naval Postgraduate School Arctic Modeling Effort (NAME) - A Review, Universite catholique, Louvain-la-Neuve, Belgium 28-05-2003 (referat zaproszony).

- R9 Masłowski W., Clement J., Walczowski W., **Jakacki J.** – “Physical Modeling of the Western Arctic in Support of the SBI Phase II Program”, SBI phase II meeting, Mocterey, California, USA, 21-23, March 2005.
- R10 Masłowski W., Williams C., Clement J., **Jakacki J.**, *The Arctic Ocean Freshwater Content and Fluxes into the North Atlantic: 1979-2003 Model Results*, EGU General Assembly 2005, Wiedeń, Austria, 24-29 April, Geophysical Research Abstracts EGU05-A-10244 (referat zaproszony).
- R11 Masłowski W., Clement J., Laxon S., **Jakacki J.**, *The Rate of Change of the Arctic Sea Ice Cover: 1979-2003 Model Results*, EGU General Assembly 2005, Wiedeń, Austria, 24-29 April, Geophysical Research Abstracts EGU05-A-10380.
- R12 **Jakacki J.**, Osinski R., Masłowski W., Piechura J., Walczowski W., *Influence of model resolution on local dynamics and circulation in the Baltic Sea*, EGU General Assembly 2006, Wiedeń, Austria, 02-04 April, Geophysical Research Abstracts EGU06-A-07037.
- R13 Masłowski W., Clement J., **Jakacki J.**, *On oceanic forcing of Arctic climate change*, EGU General Assembly 2006, Wiedeń, Austria, 02-04 April, Geophysical Research Abstracts EGU06-A-05892.
- R14 Osiński R., **Jakacki J.**, Masłowski W., Piechura J., *Investigation of the dynamics of water and transport in the south Baltic Sea with a numerical model and observations*, EGU General Assembly 2006, Wiedeń, Austria, 02-04 April, Geophysical Research Abstracts EGU06-A-06057.
- R15 Osinski R., **Jakacki J.**, Some Results of Simulation of Mean Circulation and Transport in the Baltic Sea with a High-Resolution Ice-Ocean Model, US/EU-Baltic International Symposium, Lithuania, Klaipeda, May 23-25 2006.
- R16 Masłowski W., Clement-Kinney J., Walczowski W., Dixon J.S., **Jakacki J.**, McNamara T.P., *Oceanic Forcing of Arctic Sea Ice at Gateways and Margins of Pacific and Atlantic Water Inflow*, AGU Fall Meeting, 2006, AGU OS32P-05.
- R17 Masłowski W., Clement-Kinney J., **Jakacki J.**, Okkonen S.R., Walczowski W., *On the Importance of Warm Pacific Water Inflow Along the Alaskan Coast*, AGU Fall Meeting, 2006, AGU C44B-02.
- R18 Osiński R., **Jakacki J.** *The influence of large-scale atmospheric forcing on a variability of the circulation in the Baltic Sea*, Baltic Sea Science Conference, Rostock, Germany, March 19-23, 2007.
- R19 **Jakacki J.**, Osinski R., Piechura J., Walczowski W., Kitowska M., *Eddie activities in the south Baltic Sea: analysis of numerical model results and observations*, EGU General Assembly 2007, Wiedeń, Austria, 15-20 April, Geophysical Research Abstracts EGU2007-A-10804.
- R20 Masłowski W., Clement-Kinney J., **Jakacki J.**, Walczowski W., *Oceanic Forcing of Arctic Sea Ice Melt*, EGU General Assembly 2007, Wiedeń, Austria, 15-20 April, Geophysical Research Abstracts EGU2007-A-05951.
- R21 Osiński R., Piechura J., **Jakacki J.**, Water circulation and mesoscale structures in the South Baltic Sea – results from measurements and numerical modelling, 10th Polish-German Seminar, Gdańsk, Poland, 19-23, September 2007.
- R22 Masłowski W., Clement-Kinney J., **Jakacki J.**, On the Relative Importance of Freshwater Fluxes and Variability From the Arctic Ocean into the North Atlantic, AGU Fall Meeting, AGU U33B-04, 2007.
- R23 Masłowski W., **Jakacki J.**, *Oceanic Heat Fluxes, Arctic Sea Ice Melt, and Climate Change*, AOMIP (Arctic Ocean Model Intercomparison Project) and

- DAMOCLES [G2] joint workshop, University Pierre et Marie Curie, in Paris, 29-31 October, 2007.
- R24 Whelan J., Maslowski W., Clement-Kinney J., **Jakacki J.**, Understanding Recent Variability in the Arctic Sea Ice Thickness and Volume - Synthesis of Model Results and Observations, AGU Fall Meeting, 2007, AGU C22A-06.
- R25 **Jakacki J.**, Praktyczne aspekty modelowania pola przepływu w Morzu Bałtyckim z wykorzystaniem zasobów ICM, Sesja sprawozdawcza ICM, Warszawa, 26-28 marca 2008.
- R26 Maslowski W., Clement Kinney J., **Jakacki J.**, Zwally J., *State of the Arctic Sea Ice*, EGU General Assembly 2008, Wiedeń, Austria, 13-18 April, Geophysical Research Abstracts EGU2008-A-06425.
- R27 Maslowski W., Clement-Kinney J., Walczowski W., Beszczynska-Moeller A., Jost G., **Jakacki J.**, *Deciphering the Causality and Rate of Warming in the Arctic Ocean*, AGU Fall Meeting, 2008, AGU C53A-06.
- R28 Maslowski W., Clement-Kinney J., **Jakacki J.**, *Oceanic Heat Contribution to Arctic Sea Ice Melt*, EGU General Assembly 2009, Wiedeń, Austria, 19-24 April 2009, Geophysical Research Abstracts, EGU2009-3887.
- R29 Clement Kinney J., Maslowski W., Steele M., Aksenov Y., Beverly de Cuevas, **Jakacki J.**, Nguyen A., Osiński R., Woodgate R., Zhang J., *On the Flow Through Bering Strait: A Synthesis of Model Results and Observations*, IPY Oslo Science Conference, Norway 2010.
- R30 **Jakacki J.**, Dzierzbicka-Głowacka L., Janecki M. *Impact of climate change on the distribution of phytoplankton biomass in the Baltic Sea*, 6th Study Conference on BALTEX, Międzyzdroje, Island of Wolin, Poland, 14-18 June 2010, Conference Proceedings, No. 46, 100.
- R31 Janecki M., Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.** *The distribution of phytoplankton biomass in the Baltic Sea simulated by a three-dimensional model*, 6th Study Conference on BALTEX, Międzyzdroje, Island of Wolin, Poland, 14-18 June 2010, Conference Proceedings, No. 46, 101.
- R32 Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., Nowicki A., Woźniak B. *Development of an Ecological Model System for the Baltic Sea*, ECSA 47 Symposium, Figueira da Foz, Portugal, 14-19 September 2010, Book of Abstracts, 108.
- R33 Maslowski W., Jaclyn Clement Kinney J., **Jakacki J.**, Osinski R., Zwally J., *Arctic Sea Ice Thickness Distribution as an Indicator of Arctic Climate Change - Synthesis of Model Results and Observations*, EGU General Assembly 2010, Wiedeń, Austria, 2-7 May 2010, Geophysical Research Abstracts EGU2010-12861.
- R34 Roberts A., Maslowski W., **Jakacki J.**, Higgins M., Craig T., Cassano J.J., Gutowski W.J., Lettenmaier D.P., *High frequency and wavenumber ocean-ice-atmosphere coupling in the Regional Arctic Climate Model*, AGU Fall Meeting 2011, AGU C33G-04.
- R35 Maslowski W., Osiński R., **Jakacki J.**, Roberts A., Clement Kinney J., Cassano J.J., Higgins M., Craig T., Gutowski W.J., Lettenmaier D.P., *Modeling Coupled Feedback Processes in Arctic Climate Using Ice-Ocean and Fully Coupled Regional Climate Models*, AGU Fall Meeting 2011, AGU U32A-03.
- R36 Dzierzbicka-Głowacka L., Zmijewska I. M., Lemieszek A., **Jakacki J.**, Mudrak S., Janecki M., *Population modelling of copepods in the Gulf of*

- Gdansk 8th Baltic Sea Science Congress, Russia, Sankt Petersburg, 22-26, August 2011.*
- R37 **Jakacki J.**, *Preliminary operational coupled ice-ocean model for the Baltic Sea*, BOOS/HIROMB scientific seminar, Finnish Meteorological Institute, Helsinki Dynamicum 15 May 2012.
- R38 Dzierzbicka-Głowacka L., Janecki M., **Jakacki J.**, Nowicki A., *3D ice-ocean-ecosystem model of the Baltic Sea*, 50th Estuarine and Coastal Sciences Association Conference, Venice, Italy, 03-06, June 2012.
- R39 **Jakacki J.**, Przyborska A., Kosecki S., *Modeling bottom currents at chemical weapon dumpsite areas*, 9th Baltic Sea Science Congress, Lithuania, Klaipeda, 26-30 August, 2013.
- R40 **Jakacki J.**, Poraziński K., „*Analiza rytmu serca za pomocą metod integracyjnych*”, XV Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, Sopot, 16-17 listopada 2013.
- R41 **Jakacki J.**, Developing of the coupled ice-ocean model of the Baltic Sea, BOOS/HIROMB scientific seminar, Łotwa, Riga 2014.
- R42 **Jakacki J.**, Community Ice Code jako aktywny element połączonych modeli lódocean Bałtyku, Konferencja SatBałtyk, Pomorski Dwór 2014.
- R43 **Jakacki J.**, Przyborska A., Kosecki Sz., Sundfjord A., *Circulation, heat exchange and vertical structure of the Hornsund – the Svalbard Archipelago fiord*, EGU General Assembly 2015, Wiedeń, Austria, 12-17 April 2015, Geophysical Research Abstracts, EGU2015-10520.
- R44 **Jakacki J.**, Estimation of polluted area in case of potential leakage of the chemical munitions, 3rd Science for the Environment Conference, Aarhus, Denmark, 2015.
- R45 **Jakacki J.**, Przyborska A., Przyborski M., Białoskórski M., Nowicki A., Sochacki C., Wichorowski M., Tylman R., *eBalticGrid - the new tool embedded in the PLGrid infrastructure*, Cracow Grid Workshop, 2015.
- R46 **Jakacki J.**, A.Przyborska, S.Kosecki, A.Sundfjord, *Circulation, heat exchange and vertical structure of the Hornsund – the Svalbard Archipelago fiord*, EGU General Assembly 2015, Wiedeń, Austria, 12-17 April 2015, Geophysical Research Abstracts EGU2015-10520.
- R47 Promińska A., Beszczyńska-Møller A., Przyborska A., **Jakacki J.**, Kosecki S., Jania J., Ignatiuk D., *Observations of water mass evolution in Hornsund Fjord*, Interdisciplinary Polar Studies in Svalbard (IPSiS) Meeting, Longyearbyen, 20-21 September 2015.
- R48 **Jakacki J.**, A.Przyborska, S.Kosecki, A.Sundfjord, J. Albretsen *Modeling the Svalbard Archipelago fjord Hornsund*, 1st Central European Polar Meeting, Vienna, November 2015.
- R49 Osiński R., **Jakacki J.**, Warstwa górna a warstwa głębinowa – dwa reżimy cyrkulacji wód w Morzu Bałtyckim, Krajowa Konferencja Naukowa Bałtyk 2015.
- R50 Przyborska A., **Jakacki J.**, The impact of civil engineering structures on the coastline as exemplified in the case of the Sopot Pier, 15th German-Polish Seminar, Germany, Hamburg, 11 – 12 October, 2016.
- R51 **Jakacki J.**, Przyborska A., Beldowski J., Golenko M., Zhurbas V., *Estimation of contamination area during potential leakage of dumped chemical munitions in the Baltic Sea*, 2nd workshop of the Network of Experts for ReDeveloping Models of the European Marine Environment, Brussels , Belgium, 23-24 March 2017.

- R52 Tycholiz W., **Jakacki J.**, *Mesh-based internet on the Baltic sea for improving e-navigation services. A case study*, 15th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), Warsaw, Poland 29 - May 31, 2017 (referat zaproszony).
- R53 **Jakacki J.**, *Modelowanie jako narzędzie wspomagające badania środowiska morskiego*, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Polska, 25.10.2017 (referat zaproszony).
- R54 Przyborska A., **Jakacki J.**, *Zmiany linii brzegowej w okolicy sopockiego molo*, I Konferencja Naukowa Polskich Badaczy Morza, 19-20 października, Sopot 2017.
- R55 Bełdowski J., Szubska M., Grabowski M., **Jakacki J.**, Kotwicki L., Czub M., Siedlewicz G., *Wspieranie decyzji w sprawie obszarów zatopień amunicji*, I Konferencja Naukowa Polskich Badaczy Morza, 19-20 października, Sopot 2017.
- R56 Przyborska A., **Jakacki J.**, *Wpływ mariny na linię brzegową w okolicy sopockiego molo*. Geoekosystem Wybrzeży Morskich III, Międzyzdroje, Poland, 7-9 June 2017.
- R57 **Jakacki J.**, Przyborska A., *Modeling study of the Svalbard fjord Hornsund*, MedCORDEX Baltic Earth COST Workshop, Palma de Mallorca, Spain, 14-16 March 2018.
- R58 **Jakacki J.**, Dzierzbicka-Głowacka L., *Developing and applying hydrodynamic and ecosystem models into coastal scale of Baltic Sea region*, 3rd workshop of the Network of Experts for ReDeveloping Models of the European Marine Environment, Brussels, Belgium, 20-21 March 2018.
- R59 **Jakacki J.**, Przyborska A., *Hornsund - badania modelowe*, XXVIII Seminarium Meteorologii Polarnej, Sosnowiec, Poland, 11-12 May 2018.
- R60 Dzierzbicka-Głowacka L., Janecki M., Szymczycha B., Dybowski D., Nowicki A., Kłostowska Ż., Obarska-Pempkowiak H., Zima P., Jaworska-Szulc B., **Jakacki J.**, Szymkiewicz A., Pietrzak S., Pazikowska-Sapota G., Wojciechowska E., Dembska G., Wichorowski M., Białoskórski M., Puzkarczuk T. 2018. *Integrated information and prediction Web Service WaterPUCK General concept*. MATEC Web of Conferences Vol. 210, 02011, DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821002011>.
- R61 Szymczycha B., Kłostowska Ż., Kuliński K., Winogradow A., **Jakacki J.**, Klusek Z., Grabowski M., Brodecka-Goluch A., Graca B., Stokowski M., Koziorowska K., Rak D., *Deep submarine groundwater discharge indicated by pore water chloride anomalies in the Gulf of Gdańsk, southern Baltic Sea* 2nd Baltic Earth Conference, Helsingør, Denmark, 11 to 15 June 2018 (referat zaproszony).
- R62 **Jakacki J.**, *Wspomaganie badań środowiska morskiego za pomocą modelowania numerycznego*, Sesja jubileuszowa z okazji 25-lecia TASK, Gdańsk, Poland, 18 October 2018 (referat zaproszony).
- R63 Olejnik A., **Jakacki J.**, Siermontowski P., Klusek Z., *Akustyczne metody detekcji wolnej fazy gazowej w cieczach*, XX Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, Jastrzębia Góra, 22 – 25 listopada 2018 (referat zaproszony).

Plakaty naukowe zaprezentowane po uzyskaniu stopnia doktora

- P2 Dzierzbicka-Głowacka L., Osiński R., Jędrasik J., Masłowski W., **Jakacki J.**, *Interannual and decadal variability of the currents in the Baltic Sea*, EGU General Assembly 2008, Wiedeń, Austria, 13-18 April, Geophysical Research Abstracts EGU2008-A-11043.
- P3 Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Osinski R., Jędrasik J., Brzezinska B., *Long-term variations of hydrological and hydrobiological parameters in the southern Baltic Sea*, EGU General Assembly 2008, Wiedeń, Austria, 13-18 April, Geophysical Research Abstracts EGU2008-A-03087.
- P4 Dzierzbicka-Głowacka L., Maciejewska A., Osiński R., **Jakacki J.**, Jędrasik J., *A 1D-ecosystem model for pelagic waters in the southern Baltic Sea. Numerical simulations (future decades)*, EGU General Assembly 2009, Wiedeń, Austria, 19-24 April, Geophysical Research Abstracts EGU2009-4444.
- P5 Janecki M., **Jakacki J.**, Dzierzbicka-Głowacka L., *Variability of subdivisions of Baltic Sea*, EGU General Assembly 2010, Wiedeń, Austria, 02-07 May, Geophysical Research Abstracts EGU2010-13456-1.
- P6 Dzierzbicka-Głowacka L., Żmijewska I.M., Mudrak S., Lemieszek A., **Jakacki J.**, Janecki M., *Population modelling of *Acartia* spp. in a water column ecosystem model for the southern Baltic Sea*, EGU General Assembly 2010, Wiedeń, Austria, 02-07 May 2010, Geophysical Research Abstracts EGU2010 - 8398-1.
- P7 Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., *Regional distribution of phytoplankton biomass in the Baltic Sea simulated by a three-dimensional model*, EGU General Assembly 2010, Wiedeń, Austria, 02-07 May 2010, Geophysical Research Abstracts EGU2010, 8338-1.
- P8 Dzierzbicka-Głowacka L., Kuliński K., Maciejewska A., **Jakacki J.**, Janecki M., Osiński R., Lemieszek A., *Seasonal dynamics of the pelagic variables in the southern Baltic Sea (Gdansk Deep)*, EGU General Assembly 2010, Wiedeń, Austria, 02-07 May 2010, Geophysical Research Abstracts EGU2010 - 8375-1.
- P9 Janecki M., **Jakacki J.**, Dzierzbicka-Głowacka L., Osiński R., *Modeling of ice cover of the Baltic Sea*, 6th Study Conference on BALTEX, Międzyzdroje, Island of Wolin, Poland, 14-18 June, 2010, Conference Proceedings, No. 46, 61.
- P10 Dzierzbicka-Głowacka L., Żmijewska I.M., **Jakacki J.**, Lemieszek A., Mudrak, S., *Development of the marine planktonic copepod *Acartia* spp in the southern Baltic Sea*, 6th Study Conference on BALTEX, Międzyzdroje, Island of Wolin, Poland, 14-18 June, 2010, Conference Proceedings, No. 46, 93.
- P11 Nowicki A., Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., *A new marine ecosystem model for Baltic Sea*, EGU General Assembly 2011, Wiedeń, Austria, 03-08 April 2011, Geophysical Research Abstracts, EGU2011-9770.
- P12 Janecki M., **Jakacki J.**, Dzierzbicka-Głowacka L., Nowicki A., *Modeling of Baltic Sea ice cover using CESM model*, EGU General Assembly 2011, Wiedeń, Austria, 03-08 April 2011, Geophysical Research Abstracts, EGU2011-6759.
- P13 **Jakacki J.**, Janecki M., Nowicki A., Dzierzbicka-Głowacka L., *Modeling of the Baltic Sea*, EGU General Assembly 2011, Wiedeń, Austria, 03-08 April 2011, Geophysical Research Abstracts, EGU2011-6516.

- P14 Janecki M., **Jakacki J.**, Nowicki A., Dzierzbicka-Głowacka L., *New Baltic Sea coupled ice-ocean-ecosystem model*, 8th Baltic Sea Science Congress, Russia, Sankt Petersburg, 22-26, August 2011.
- P15 Janecki M., **Jakacki J.**, Nowicki A., Dzierzbicka-Głowacka L., *Marine ecosystem model for the Baltic Sea*, 8th Baltic Sea Science Congress, Russia, Sankt Petersburg, 22-26, August 2011.
- P16 Osinski R., Maslowski W., **Jakacki J.**, *The sensitivity of a high-resolution pan-Arctic coupled ice-ocean model to atmospheric forcing data*, AGU Fall Meeting, 2011, AGU C33B-0634.
- P17 Janecki M., Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Nowicki A., *Ice-ocean-ecosystem model of the Baltic Sea*, EGU General Assembly 2012, Wiedeń, Austria, 22-27 April 2012, Geophysical Research Abstracts, EGU2012-8579.
- P18 Nowicki A., Janecki M., **Jakacki J.**, Dzierzbicka-Głowacka L., *Coupled ice-ocean model of the Baltic Sea - variability of ice cover* EGU General Assembly 2012, Wiedeń, Austria, 22-27 April 2012, Geophysical Research Abstracts, EGU2012-8890.
- P19 Dzierzbicka-Głowacka L., Janecki M., Lemieszek A., **Jakacki J.**, Nowicki A., *Population dynamics of a dominant species (Pseudocalanus, Acartia and Temora) in the Gulf of Gdansk (southern Baltic Sea)*, EGU General Assembly 2012, Wiedeń, Austria, 22-27 April 2012, Geophysical Research Abstracts, EGU2012-8502.
- P20 Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., Nowicki A., *Numerical simulation of the dynamics of phytoplankton blooms in the Baltic Sea*, EGU General Assembly 2013, Wiedeń, Austria, 07-12 April 2013, Geophysical Research Abstracts, EGU2013-8853.
- P21 Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., Nowicki A., *Numerical simulation of the dynamics of nutrients pool in the Baltic Sea using the ecosystem model 3D-CEMB*, EGU General Assembly 2013, Wiedeń, Austria, 07-12 April, Geophysical Research Abstracts, EGU2013-8833.
- P22 Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., Nowicki A., *Activation of the marine ecosystem model 3D CEMBS for the Baltic Sea in operational mode*, EGU General Assembly 2013, Wiedeń, Austria, 07-12 April 2013, Geophysical Research Abstracts, EGU2013-8754.
- P23 Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Janecki M., Nowicki A., *The hydrodynamic part of the 3D CEMBS model for the Baltic Sea*, EGU General Assembly 2013, Wiedeń, Austria, 07-12 April 2013, Geophysical Research Abstracts, EGU2013-8794.
- P24 Kosecki S., Przyborska A., **Jakacki J.**, *Modeling Spitsbergen fjords by hydrodynamic MIKE engine*, EGU General Assembly 2013, Wiedeń, Austria, 07-12 April, Geophysical Research Abstracts, EGU2013-8698.
- P25 Kosecki S., Przyborska A., **Jakacki J.**, *Modeling of the Spitsbergen fjords*, Arctic Science Summit Week, Poland, Kraków, 13 – 19, April 2013.
- P26 Janecki M., Dzierzbicka-Głowacka L., **Jakacki J.**, Nowicki A., *Ecosystem model 3d-cembs for the baltic sea in operational mode*, 9th Baltic Sea Science Congress, Lithuania, Klaipeda, 26-30 August, 2013.
- P27 **Jakacki J.**, *Modeling of the risk assessment for the potential leakage of chemical munitions in the Baltic Sea*, 2014 Ocean Sciences Meeting, Honolulu, Hawaii USA, 23-28 February, Abstract ID: 14714.
- P28 **Jakacki J.**, Golenko M., *Estimation of the potential leakage of the chemical munitions based on two hydrodynamical models implemented for the Baltic*

- Sea, EGU General Assembly 2014, Wiedeń, Austria, 27 April – 02 May, Geophysical Research Abstracts, EGU2014-5995.
- P29 Kosecki S., Przyborska A., **Jakacki J.**, *Hornsund - sigma layers and flexible mesh hydrodynamic model*, EGU General Assembly 2014, Wiedeń, Austria, 27 April – 02 May, Geophysical Research Abstracts, EGU2014-10321.
- P30 Przyborska A., Kosecki S., **Jakacki J.**, *Kongsfjorden-MIKE 3D model*, EGU General Assembly 2014, Wiedeń, Austria, 27 April – 02 May 2014, Geophysical Research Abstracts, EGU2014-4949.
- P31 Piskozub J., **Jakacki J.**, Kosecki S., Przyborska A., *The GAME project: challenges in modeling circulation of Svalbard fjords*, 3rd International Lund Regional-Scale Climate Modelling Workshop, 2014, Lund, Sweden.
- P32 Markuszewski P., Petelski T., Piskozub J., **Jakacki J.**, *Sea Salt Generation Function in the Baltic Sea region as the important component to regional atmospheric model*, 3rd International Lund Regional-Scale Climate Modelling Workshop, 2014, Lund, Sweden.
- P33 **Jakacki J.**, Przyborska A., Kosecki S., *Implementation of the tidal forces into the models of the selected Svalbard fjords*, 3rd International Lund Regional-Scale Climate Modelling Workshop, 2014, Lund, Sweden.
- P34 Przyborska A., **Jakacki J.**, Kosecki S., Sundfjord A., *The Hornsund fjord – modeling of the general circulation, heat exchange and water masses transport*, EGU General Assembly 2015, Wiedeń, Austria, 12-17 April, Geophysical Research Abstracts, EGU2015-11253.
- P35 **Jakacki J.**, Przyborska A., Przyborski M., Białoskórski M., Nowicki A., Tylman R., *eBaltic-Grid – a system for visualization of past, present and future physical state of the Baltic Sea*, Foresight Symposium "Future Coast - Europe", 5-7 October, Berlin 2015.
- P36 **Jakacki J.**, Przyborska A., Kosecki S., *Coupled ice-ocean model of the Baltic Sea*, Foresight Symposium "Future Coast - Europe", 5-7 October, Berlin 2015.
- P37 **Jakacki J.**, Przyborski M., Przyborska A., Białoskórski M., Nowicki A., Sochacki C., Wichorowski M., Tylman R., *eBaltic-Grid – nowa usługa dziedzinowa tworzona w Infrastrukturze PLGrid*, Krajowa Konferencja Naukowa Bałtyk, Sopot 2015.
- P38 **Jakacki J.**, Przyborska A., Sunfjord A., Albertsen J., Białoskórski M., Pliszka B., *Modeling of water masses exchange between Brepolen and the main fjord in the Western Svalbard fjord – Hornsund*, EGU General Assembly 2016, Wiedeń, Austria, 17-22 April, Geophysical Research Abstracts, EGU2016-5912.
- P39 Hoefl M., Gierlowski K., Woźniak J., Przyborska A., Białoskórski M., Pliszka B., Wichorowski M., Zwierz M., **Jakacki J.**, *netBaltic – a heterogeneous wireless communications system over the BalticSea*, 1st Baltic Earth Conference, Nida, Curonian Spit, Lithuania, 13 - 17 June 2016.
- P40 **Jakacki J.**, Przyborska A., Białoskórski M., Pliszka B., *Analysis of the spread of chemical munitions dumped in the Baltic Sea*, 1st Baltic Earth Conference, Nida, Curonian Spit, Lithuania, 13 - 17 June 2016.
- P41 Beldowski J., **Jakacki J.**, Vanninen P., Lang T., *Dumped Munitions in the Baltic Sea – Evaluation of the Problem*, AGU Fall Meeting, 2016, AGU PA23A-2211.
- P42 Przyborska A., **Jakacki J.**, Andrzejewski J., *Sediment transport in the area of the Sopot pier*, EGU General Assembly 2017, Wiedeń, Austria, 23-28 April, Geophysical Research Abstracts, EGU2017-11975.

- P43 **Jakacki J.**, Przyborska A., Andrzejewski J., *Estimating areas threatened by contamination from leaking chemical warfare agents dumped into the Baltic Sea*, EGU General Assembly 2017, Wiedeń, Austria, 23-28 April, Geophysical Research Abstracts, EGU2017-6606.
- P44 Przyborska A., **Jakacki J.**, Białoskórski M., Pliszka B., Andrzejewski J., Przyborski M., Kosecki S., *Transport osadów w rejonie molo w Sopocie*, I Konferencja Naukowa Polskich Badaczy Morza, 19-20 października, Sopot 2017.
- P45 Przyborska A., **Jakacki J.**, *Adaptation of the MIKE 3d model for the fjord Hornsund*, MedCORDEX Baltic Earth COST Workshop, Palma de Mallorca, Spain, 14-16 March 2018.
- P46 **Jakacki J.**, Przyborska A., *Influence fresh water discharge on internal variability of the Hornsund fjord – modelling study*, EGU General Assembly 2018, Wiedeń, Austria, 8-13 April, Geophysical Research Abstracts, EGU2018-13323.
- P47 **Jakacki J.**, Przyborska A., Andrzejewski J., Białoskórski M., Pliszka B., *Estimation of the risk of potential leakage from chemical munition dumped in the Baltic Sea*, EGU General Assembly 2018, Wiedeń, Austria, 8-13 April, Geophysical Research Abstracts, EGU2018-13662.

Jakacki J.