

Załącznik 2.

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko

Jan Jędrasik

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

Dyplom ukończenia studiów wyższych - 1969, Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Gdańsku.

Dyplom uzyskania stopnia dra nauk geograficznych - 1976, Uniwersytet Gdański, rozprawa doktorska pt. "Falowanie wewnętrzne w jeziorach rynnowych na przykładzie Jezior Raduńskich".

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

01.10. – 31.12.1969 staż asystencki w Katedrze Hydrografii i Klimatologii na Wydziale Geograficznym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Gdańsku.

01.01.1970 do 30.09.1977 etat naukowo-badawczy w Stacji Limnologicznej Uniwersytetu Gdańskiego, Borucino na Pojezierzu Kaszubskim.

01.10.1977 do 30.09.1988 zatrudnienie na etacie adiunkta w Katedrze Hydrologii i Klimatologii Uniwersytetu Gdańskiego.

01.10.1988 do 30.09.2001 zatrudnienie na etacie adiunkta w Zakładzie Oceanografii Fizycznej Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego.

01.10.2001 do 30.09.2013 zatrudnienie na etacie starszego wykładowcy w Zakładzie Oceanografii Fizycznej Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego.

01.10.2013 do chwili obecnej zatrudnienie na umowę o dzieło w Zakładzie Oceanografii Fizycznej Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego.

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

a) tytuł osiągnięcia naukowego,

Jędrasik J., 2014, Modelowanie i prognozowanie hydrodynamiki Morza Bałtyckiego, Wyd. Uniw. Gda., 1-190.

Głównym osiągnięciem naukowym pracy jest prezentacja nowych mechanizmów poznania środowiska Morza Bałtyckiego poprzez modelowanie i prognozowanie. Zastosowanie modeli retrospektywnych dobrze wykalibrowanych i wszechstronnie walidowanych, zdolnych do symulacji długookresowych, z jednej strony i modeli prognostycznych ze scenariuszami z drugiej, pozwoliło na ujawnienie nowej, niezna-

nej dotąd wiedzy o cechach i charakterystykach fizycznych elementów środowiska morskiego, których zbadanie innymi metodami nie było możliwe.

1. Osiągnięcia w zakresie modelowania dotyczyły wyznaczenia

- Trendów i głównych składowych topografii zmian poziomu Morza Bałtyckiego
- Sezonowych charakterystyk prądów powierzchniowych i podpowierzchniowych
- Długookresowej cyklicznej zależności hydrodynamiki Morza Bałtyckiego od Oscylacji Północnoatlantyckiej
- Mechanizmu rozptyłów i wymiany wód w strefie brzegowej z jeziorami przybrzeżnymi i rzekami

2. W zakresie prognozowania obejmowało opracowanie mechanizmów realizacji:

- Prognoz operacyjnych hydrodynamiki Bałtyku (prognoz w czasie rzeczywistym)
- Prognoz (ze scenariuszem) zmian w ekosystemie Bałtyku

Pozostałe osiągnięcia pracy dotyczyły:

- Przedłożenia nowych postulatów w zakresie kierunków rozwoju modelowania i prognozowania hydrodynamiki wód Morza Bałtyckiego
- Uporządkowania pojęć związanych z rozwojem modelowania i prognozowania hydrodynamiki w Morzu Bałtyckim oraz wskazanie na ich poprawne stosowanie.

Uzyskane wyniki w zakresie zmian poziomów morza

Zaprezentowane wyniki zmian poziomów Morza Bałtyckiego wiążą się z dwoma wcześniej prowadzonymi nurtami prac publikowanych. Pierwszym - koncentrującym się na trendach malejących determinowanych podnoszeniem izostatycznym tarczy Fennoskandzkiej oraz drugim – współzależnością poziomów z fluktuacją ciśnienia w atmosferze wyrażaną w tzw. indeksie NAO.

Rezultaty poprzecznej analizy spektralnej obserwowanych wahań poziomu morza wykazały podobieństwa cykliczności w dwu obszarach, północno-wschodnim i południowo-zachodnim Bałtyku (Jędrasik i in., 2004). W pierwszym obszarze wystąpiły trendy malejące, związane z izostatycznym, postglacjalnym podniesieniem tarczy Fennoskandzkiej i regresją morza. Wahania w drugim obszarze cechowały tendencje wzrostu poziomu, czyli transgresji morza wskutek obniżania Bruzdy Duńsko-Polskiej (Rotnicki i in., 1995). Uzyskano wartości obniżania się poziomu morza nawet o 5-8 mm r⁻¹ w rejonie Zatoki i Morza Botnickiego oraz podnoszenia się poziomu w Bałtyku Południowo-Zachodnim o ponad 2mm r⁻¹. Zatem nastąpiło potwierdzenie znanej orientacji zmian poziomów w kierunkach N – S.

W wyniku analiz trendów wahań modelowanych (nie uwzględniających zmian geologicznych) zależnych od oddziaływań atmosferycznych w skali czterech dekad i dopływu lądowego, uzyskano rosnące trendy poziomu od 1 mm r⁻¹ na zachodnich brzegach Bałtyku do 3,5 mm r⁻¹ na jego wybrzeżach wschodnich. Zmiany poziomów oraz ich wartości o orientacji W – E nie były dotychczas znane.

Drugi nurt badań dotyczył współzależności zmian średnich rocznych poziomów morza z oddziaływaniem atmosfery w skali klimatycznej. Do analiz statystycznych stosowano wahania poziomu po odjęciu trendu malejącego wskutek wpływu izostazji. Wartości współczynnika korelacji (istotnego statystycznie) wynosiły 0,41 w odniesieniu do fluktuacji całorocznego indeksu NAO. Na uwagę zasługują korelacje

wahań poziomów morza z indeksami NAO z miesięcy zimowych (grudzień do marca) $NAO_gslm = 0,63$ oraz $NAO_slm = 0,7$ (dla okresów od stycznia do marca) wskazujących na silną współzależność zmian poziomów morza z atmosferą w tym sezonie.

Jednakże, główny uzyskany rezultat dotyczył współzależności topografii poziomów morza z oddziaływaniem atmosfery w skali klimatycznej (czterech dekad). PCA modelowanych pól powierzchni swobodnej Morza Bałtyckiego wykazała nieznane wcześniej przestrzenne cechy jej topografii. Sześć nowych charakterystyk (przestrzennych składowych) wydaje się być zdeterminowanych oddziaływaniem atmosfery. Pierwsza nawiązywała do wielodekadowych rozkładów ciśnienia atmosferycznego i dominujących wiatrów z SW na NE. Nachylenie drugiej składowej z NW na SE w powtarzającym się okresie od listopada do marca korelowało z kierunkami wędrowek układów niskiego ciśnienia w okresie zimowym. Trzecia składowa na obszarze Bałtyku Właściwego zachowała cechy drugiej, a na krańcach NE i SW zaznaczyła swoje obniżenia. Taka topografia wykazała związek z anomalią kierunków wiatrów wiosennych o orientacji z NE na SW. Czwartą składową cechowała dwukrotna przemienność wyniesienia i obniżenia od SW na NE. Piąta i szósta składowa pomimo, że wykazały odpowiednio związek z topografią dna i występowaniem upwellingów, również zdeterminowane były wpływami atmosfery.

Nowe rezultaty wynikające z obecnych badań zmian poziomu morza są następujące:

- Zmiany poziomu Morza Bałtyckiego o orientacji W – E wykazały trend rosnący, od 1 mmr^{-1} na brzegach zachodnich do $3,5 \text{ mmr}^{-1}$ na wybrzeżu wschodnim.
- Podczas czterech dekad w okresie 1958-2001 wystąpiła korelacja (o wartości 0,63) pomiędzy zmianami średnich rocznych poziomów morza i średnio rocznymi indeksami Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO).
- Topografia powierzchni swobodnej Bałtyku zawierała sześć składowych przestrzennych zdeterminowanych oddziaływaniem atmosfery.

Uzyskane wyniki w zakresie prądów morskich

Modelowane prądy w okresie czterech dekad dostarczyły nowej wiedzy o prądach w Bałtyku oraz potwierdziły obraz cyrkulacji wirowej poznanej z wcześniejszych prac obejmujących okresy krótsze niż dwie dekady (Lehmann, 1995; Lehmann i Hindrichsen, 2000a,b; Meier, 1999; Meier i Kauker, 2003). Pierwszą nową cechą cyrkulacji okazała się wyższa stabilność prądów podpowierzchniowych (0,4-0,7) wobec efemerycznych powierzchniowych (0,2-0,5). Wyraźną cechą była cyrkulacja cyklonalna w głębiach: Arkońskiej, Bornholmskiej, Gotlandzkiej oraz Morzu i Zatoce Botnickiej. Intensyfikacja przepływów wystąpiła w rejonach płycizn w sąsiedztwie wysp i wzdłuż wschodnich wybrzeży Bałtyku. Cyrkulacja podpowierzchniowa (na głębokości 20 m) wykazała mniejszą zależność wobec oddziaływania atmosfery, a znacznie większą od topografii dna.

Drugą cechą prądów w Morzu Bałtyckim była przeciwstawność cyrkulacji sezonowych wiosennej i jesiennej oraz podobieństwo zimowej i letniej. Cyrkulacje wiosenne cechował odpływ wód z Bałtyku przy obniżonym poziomie powierzchni swobodnej. Potwierdzeniem tego były większe odpływy podczas wymiany wód z Morzem

Północnym. Cyrkulacje jesienne z przewagą prądów na wschód, generowały napływy i duże napełnienie Bałtyku.

Trzecią cechą prądów powierzchniowych był zdeterminowany prędkością wiatru rosnący trend ich prędkości 0,02 cm na 10 lat. Wynik ten koresponduje z trendami wzrostu wysokości fal znacznych w Bałtyku (Cieślakiewicz i in., 2004), intensywnością przemieszczania się układów barycznych nad Bałtykiem (Sepp, 2009) i ich pozytywną korelacją z dodatnią fazą indeksu NAO. Przeciwna zależność wystąpiła w tym samym czasie na obszarze Morza Śródziemnego. Wszystkie trendy nawiązywały do fluktuacji indeksu NAO z przeciwnymi skutkami w Bałtyku i Morzu Śródziemnym. Istotna i wysoka korelacja pomiędzy przebiegiem indeksu NAO i modelowanymi parametrami hydrodynamicznymi (długookresowymi zmianami poziomów morza i prędkości prądów powierzchniowych) wskazała na uwarunkowania ich przebiegu od oddziaływania atmosfery.

Współzależność z okresu 1958-2001 sugeruje na potencjalnie zbliżone zależności w okresach nie objętych badaniem. Zmiany w przebiegu indeksu NAO opisują zmiany warunków atmosferycznych, które determinują charakter 3D cyrkulacji wód, wahań poziomu morza, czy ilość wlewów oceanicznych do Bałtyku. Indeks NAO po roku 2000 wykazał przebieg o przewadze wartości ujemnych, podczas gdy przez wcześniejsze cztery dekady dominowała dodatnia faza NAO. Wody Morza Bałtyckiego w czasie przewagi dodatniej fazy NAO podlegały silnemu oddziaływaniu atmosfery poprzez zwiększenie ilości sztormów. W okresie ostatniej dekady (2000-2010) gdy przeważała ujemna faza indeksu NAO - występowały surowe zimy z intensywnymi zjawiskami lodowymi i niskimi temperaturami wód. Ujemna faza NAO zapowiada łagodniejszy przebieg zjawisk i procesów hydrodynamicznych, zmniejszenia ilości wlewów, zatem wydłużenia okresu stagnacji w odświeżaniu wód głębszych, co może prowadzić do pogorszenia warunków ekosystemu Morza Bałtyckiego. Zmniejszenie intensywności oddziaływania hydrodynamiki spowoduje złagodzenie procesów morfologicznych brzegu morskiego, jednak wskutek wzrostu ilości i intensywności zjawisk lodowych zwiększy się wpływ oddziaływania na akweny lokalne, osłonięte w zatokach i zalewach.

Nowe elementy w poznaniu prądów Morza Bałtyckiego to:

- Wyższa stabilność (0,4-0,7) struktur wirowych prądów podpowierzchniowych wobec stabilności (0,2-0,5) efemerycznych prądów powierzchniowych.
- Przeciwność cyrkulacji sezonowych: wiosennej i jesiennej oraz podobieństwo zimowej i letniej. Podczas cyrkulacji wiosennej dominował odpływ z północno-wschodnich akwenów Bałtyku w kierunku południowo-zachodnim przy obniżonym poziomie morza. Natomiast w czasie sezonu jesiennego, silny napływ z południowo-zachodnich akwenów w kierunku północno-wschodnim, powodował napełnianie oraz wzrost poziomu morza.
- W okresie ponad czterech dekad (1958-2001) wystąpił rosnący trend prędkości prądów powierzchniowych (0,02 cm na 10 lat) i podpowierzchniowych (0,006 cm na 10 lat) związany z przewagą dodatnich faz indeksu NAO. Fluktuacje prędkości prądów wokół linii trendu wykazały korelację pozytywną z indeksem NAO_gslm o wartości 0,63, identycznej z korelacją indeksu z wahaniami poziomu morza.

Uzyskane wyniki w zakresie zjawisk lodowych

W rezultacie modelowania retrospektywnego zjawisk lodowych uzyskano wielkości powierzchni pokrywy lodowej, jej czas pojawiania się i zaniku, temperatury wody i lodu oraz koncentracji lodu w okresie trzech zim 2005–2008. Modelowane parametry odniesione do obserwacji in situ i obrazów satelitarnych wykazały zadowalającą zgodność.

- Nowością przedłożonego rozwiązania było badanie zmian zjawisk lodowych w skali synoptycznej w odróżnieniu od najczęściej publikowanych zmian wieloletnich.

Uzyskane wyniki w zakresie rozplływów i wymiany wód w strefie brzegowej

Nowymi rezultatami modelowania retrospektywnego z wielostopniowym dwukierunkowym downscalingiem dynamicznym są:

- metoda pozwalająca na określenie wielkości i częstości wlewów morskich do jezior przybrzeżnych, którą zastosowano po raz pierwszy dla jeziora Gardno. Obecnie, określono wymianę pomiędzy morzem, a jeziorami Sarbsko i Jamno. Sarbsko podlegało wlewom z morza i zasolonych wód rzecznych Łeby, a wymiana wód Jamna następowała bezpośrednio z Bałtykiem. Wcześniej częstości i wielkości wlewów określano na podstawie zapisów mareograficznych poziomów morza i korelowanych kierunków wiatru nie były dokładne i wystarczająco trafne.
- Wyniki modelowania retrospektywnego z downscalingiem dostarczyły po raz pierwszy obrazów rozplływu wód rzecznych zróżnicowanych o trzy rzędy wielkości przepływu, Wisły ($1000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) w Zatoce Gdańskiej i rzek pomorskich ($100\text{--}10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) na wodach środkowego wybrzeża. Określono nieznane wcześniej zależności zasięgów od 3 km dla wód Łupawy, do 6 km dla wód Parsęty oraz 60 km dla wód Wisły. Wielkości rozplływów wód rzecznych były zdeterminowane kierunkami i prędkością wiatru oraz wielkością ich przepływów. Rozplływy osiągnęły rozmiary od 3 km^2 na przedpolu ujścia Łupawy, do 20 km^2 na przedpolu ujścia Parsęty. Szczególne wielkości 3000 km^2 w Zatoce Gdańskiej określono dla wiślanych wód roztopowych.

Uzyskane wyniki w zakresie prognoz operacyjnych

Zakładanym drugim celem pracy była prezentacja prognoz operacyjnych i prognozy długookresowej w przód z przyjętym scenariuszem oczekiwanych zmian. Uzyskane rezultaty pracy ilustrują metodologiczną realizację prognoz operacyjnych na poziomie regionalnym Morza Bałtyckiego oraz subregionalnym strefy brzegowej Bałtyku Południowo-Wschodniego. Prognozy te realizowano za pomocą 3D operacyjnego modelu hydrodynamicznego Bałtyku o rozdzielczości 3 Mm z zagnieżdżonym modelem podobszaru Bałtyku Południowo-Wschodniego o rozdzielczości 0,5 Mm. Modele operacyjne: regionalny i strefy brzegowej były wyposażone w procedury asymilacyjne według metod Cressmana i optymalnej interpolacji. Poprzez interfejs modele pobierały w czasie rzeczywistym prognozy meteorologiczne ICM z obszaru Morza Bałtyckiego, dane o przepływach 150 rzek dopływających do Bałtyku, a także mierzone wahania poziomu morza, trójwymiarowe rozkłady temperatury i zasolenia z sieci obserwacyjnych BOOS-a oraz powierzchniowe pola SST oparte na obrazach satelitarnych pozyskiwanych z Danish Hydraulic Institute. Wszystkie prognozy od poprzedzających 48 godzin, 24 godziny i te na godzinę 0:00, podlegały procedurom

walidacji bieżącej. Ocena obejmowała błędy systematyczne (obciążenia modelu) i statystyczne (odchylenia standardowe różnic pomiędzy symulacjami i obserwacjami), związki korelacyjne symulacji i obserwacji oraz efektywność symulacji. Prognozy i ich oceny na bieżąco były udostępnione dla użytkowników na serwerach OpeNDAP. Sporządzane prognozy były produktem zintegrowanego modelu operacyjnego z systemem obserwacyjnym BOOS na Morzu Bałtyckim. Prognozy te były kompatybilne i zintegrowane z prognozami operacyjnymi z zakresu hydrodynamiki pozostałych mórz Europy.

- Opracowane i przedkładane prognozy są pierwszymi polskimi prognozami operacyjnymi hydrodynamiki wód Bałtyku.

Uzyskane wyniki w zakresie prognozy ze scenariuszem

Prognozę długookresową w przód na okres 2000-2030 przygotowano ze scenariuszem Bałtyckiego Planu Działania (BPD) zakładającym redukcję dopływu azotu i fosforu do Bałtyku w okresie 2000-2021. Prognoza dostarczyła nowego rozwiązania spodziewanych przyszłych zmian ekosystemu Morza Bałtyckiego po implementacji BPD. Symulacja ze scenariuszem BPD naśladowała cykliczność roczną z zachowaniem sezonowości, ale z malejącym trendem stężeń. Niższe stężenia związków azotu i fosforu będą rezultatem redukcji ich dopływu, a więc udziału mniejszej ilości soli biogenicznych w procesach biogeochemicznych. Dopływy rzeczne wprowadzą po roku 2021 do Bałtyku o 140 tys. t azotu i 13,3 tys. t fosforu mniej. Całkowita zawartość azotu w Morzu Bałtyckim zmniejszy się o ponad 360 tys. t i fosforu o 100 tys. t. Efekt BPD zaznaczy się silniej w zmianach dotyczących fosforu. Porównanie obrazów symulacji powierzchniowych pól stężenia azotanów i fosforanów ze scenariuszem PBD z symulacjami referencyjnymi po każdej dekadzie wykazało wzrost powierzchni obszarów o malejących stężeniach. Najskuteczniejsza redukcja wystąpi w Bałtyku południowym. W związku z tym BPD wydaje się przedsięwzięciem zasadnym i skutecznym.

- Wykonana długookresowa (na okres trzech dekad) prognoza ze scenariuszem HELCOMu jest pierwszą prognozą ilościowych zmian ekosystemu w Morzu Bałtyckim.

Wyniki związane z postulatami w kształtowaniu kierunków rozwoju modelowania i prognozowania

Nowe postulaty w kształtowaniu kierunków rozwoju modelowania i prognozowania obejmują:

- Rozbudowę modeli retrospektywnych długookresowych z opisem wpływów izostatycznych i epejrogenicznych skorupy ziemskiej oraz eustatycznych wynikających z bilansu obiegu wód w systemie ocean – atmosfera, na dynamikę wód morskich.
- Opracowanie metod: prognozowania wstecz w miejsce obecnie stosowanego modelowania retrospektywnego traktowanego jako prognozę (hindcast), metod transformacji prognoz krótkoterminowych w długoterminowe, metod downscalingu i upscalingu bez aliasingu.
- Oparcie systemu prognozowania operacyjnego zmierzającego do globalizacji jako mega, a może giga system na trójwymiarowych operacyjnych modelach prognostycznych (ekohydrodynamicznym w odniesieniu do morza, cyrkulacji atmosfery, hydrologicznym na

obszarach zlewiska morza). Ten mega/giga system będzie zintegrowany z monitorin-
giem satelitarnym, systemami sieci obserwacyjnych morskich i lądowych. W systemie
prognoz powinna być synchronizacja i sukcesja prognoz krótkoterminowych w długoter-
minowe oraz lokalnych w wielkoobszarowe.

Wyniki związane z uporządkowaniem pojęć występujących w modelowaniu i prognozowaniu

Uporządkowano pojęcia dotyczące modelowania retrospektywnego i progno-
stycznego oraz prognozowania operacyjnego i prognozowania ze scenariuszem.
Przedstawiono drogę od modelowania retrospektywnego do prognozowania oraz
etapy przygotowania modelu retrospektywnego, prognozy operacyjnej i prognozy ze
scenariuszem. Zilustrowano funkcjonowanie modelu hydrodynamicznego jako retro-
spektywnego, operacyjnego i prognostycznego z punktu widzenia integracji w czasie
oraz z wbudowanym dwukierunkowym downscalingiem dynamicznym w aspekcie
przestrzeni.

Dokonano przeglądu współczesnych programów badawczych obejmujących
modelowanie i prognozowanie hydrodynamiki morza. Przedstawiono programy oce-
aniczne oraz przedsięwzięcia w zakresie oceanografii operacyjnej na morzach Euro-
py oraz Morza Bałtyckiego jako zsynchronizowane z programami europejskimi i glo-
balnymi.

Wyniki związane z wkładem autora w rozwijanie modelu ekohydrodynamicznego (M3D + Pro- DeMo) oraz systemu operacyjnego Bałtyku w IOUG

Zbudowany model jest odpowiedzią na zapotrzebowanie badań środowiska
morskiego w aspekcie fizycznym, chemicznym i biologicznym. Model zawiera dwie
części: M3D – hydrodynamiczną i ProDeMo – ekosystemową. Pierwsza część wie-
lomodułowa (Jędrasik, 1997a) funkcjonuje samodzielnie opisując hydrodynamikę
morza lub wybranego akwenu. Druga natomiast, opisuje zmiany w ekosystemie mo-
rza współpracując z pierwszą - M3D. Model był rozwijany przez szereg lat w oparciu
o projekty finansowane przez Komitet Badań Naukowych oraz Komisję Europejską.
Autor uczestniczył w kształtowaniu struktury i architektury modelu hydrodynamiczne-
go (Jędrasik i in., 1997a), formułowaniu modułu strumieni energetycznych na po-
wierzchni morza (Jędrasik, 1997b). Na etapie intensywnej rozbudowy części ekosys-
temowej udział autora koncentrował się w formowaniu ekosystemowej części Pro-
DeMo (Ołdakowski i in., 2005), optymalizacji stopni proceduralnych modelu w szcze-
gólności walidacji zarówno części hydrodynamicznej (Jędrasik, 2005) jak i ekosyste-
mowej (Jędrasik i Szymelfenig, 2005).

Kolejnym wkładem była walidacja modelu retrospektywnego M3D z wykorzy-
staniem 3D rozkładów temperatury i zasolenia wody morskiej oraz długookresowych
obserwacji mareograficznych wahań poziomu morza (Jędrasik i in., 2008). Model
M3D po raz pierwszy był walidowany retrospektywnie (off-line) w oparciu o obserwa-
cje SSH_{SAT} Morza Bałtyckiego wykonane przez satelitę Posejdon w okresie 1993-
2001 (Jędrasik i in., 2004).

Znaczny wkład autora w rozwijaniu modelu M3D nastąpił w projekcie ECOOP.
Jego realizację autor koordynował w okresie (2007-2010). Model został wtedy rozbu-

dowany o procedury asymilacyjne (Jankowski i in., 2008; Kowalewski i in., 2009a), interfejsy pobierające dane z sieci obserwacji in situ (Piotrowski, 2008) oraz obrazy satelitarne SST w czasie rzeczywistym (Zdroik, 2009), a także procedury walidacji bieżącej (on-line) (Zdroik i Jędrasik, 2009) i dystrybucji prognoz operacyjnych (Zdroik, 2009). Po raz pierwszy model M3D funkcjonował operacyjnie w 2009r, asymilował w czasie rzeczywistym trójwymiarowe rozkłady temperatury i zasolenia wody mierzone in situ, wahania poziomu morza oraz obrazy satelitarne SST, a także był walidowany na bieżąco (on-line) z wykorzystaniem obserwacji SST. Poprzez współuczestnictwo i bezawaryjną pracę modelu M3D w operacyjnym, regionalnym prognozowaniu hydrodynamiki Morza Bałtyckiego i subregionalnym Bałtyku Południowo-Wschodniego podczas eksperymentu TOP obejmującym pięć mórz szelfowych Europy w okresie 1.02.2009 do 31.07.2009, został włączony do zespołu europejskich modeli operacyjnych. Na Bałtyku jest jednym z pięciu modeli operacyjnych¹ (Leth i in., 2009).

Ekohydrodynamiczny model preoperacyjny (M3D w połączeniu z ProDeMo) funkcjonował jako retrospektywny (Kowalewski i in., 2009b), a rozbudowany o scenariusz typu management z przyjętą meteorologią i hydrologią stał się prognostycznym modelem długookresowym (Jędrasik i in., 2009).

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

Uzyskane i przedstawione wyniki są częścią wkładu naukowego zespołu w Instytucie Oceanografii UG, który zbudował operacyjny system prognoz hydrodynamicznych Morza Bałtyckiego. Obecnie rozwijana do poziomu operacyjnego jest druga część systemu – ekologiczna. Nowa wiedza, doświadczenie, infrastruktura pozwala na powołanie jednostki organizacyjnej, która prowadziłaby statutowo prognozowanie hydrodynamiki i zmian ekosystemu Bałtyku, w szczególności Bałtyku południowego. Prognozy hydrodynamiczne z downscalingiem akwenów w strefie brzegowej przyczyniłyby się do wzrostu bezpieczeństwa obecnej i przyszłej wieloaspektowej aktywności człowieka w rejonie polskiej strefy brzegowej. Prognozy operacyjne ekosystemowe pozwoliłyby na zapobieganie pogarszaniu się środowiska morskiego oraz kształtowania go w kierunkach zmian oczekiwanych.

Osiągnięty standard europejski prognoz, ich kompatybilność z prognozami na Bałtyku i innych morzach europejskich, pozwala na gotowość do podjęcia decyzji o powołaniu takiej jednostki np.: Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania i Prognozowania przy Uniwersytecie Gdańskim (IMCMiP-UG). Nowe centrum modelowania i prognozowania będzie mogło przygotowywać prognozy operacyjne i długoterminowe zarówno hydrodynamiczne jak i ekosystemowe dla użytkowników krajowych i zagranicznych. Powstaje zapotrzebowanie na przygotowanie projektu o powołaniu IMCMiP-UG, jego organizacji i funkcjonowania. Zapleczem naukowym rozwijającym sys-

¹Modele operacyjne funkcjonujące na obszarze Morza Bałtyckiego: model BSH - BSHcmod V4, model DMI - DMI-BSHcmod, model SMHI - HIROMB, model FIMR - BalEco v2, model IOUG - M3D.

tematycznie nowe metody modelowania i prognozowania byłby IOUG (Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego). Nowo powstałe centrum powinno zainicjować utworzenie Polskiego Brzegowego Systemu Operacyjnego (POLCOS – Polish Coastal Operational System) z trzema rejonami zainteresowań od Zatoki Pomorskiej poprzez środkowe wybrzeże do Zatoki Gdańskiej. POLCOS byłby częścią przyszłego systemu bałtyckiego (BALTCOS – Baltic Coastal Operational System) współpracującego z aktualnie funkcjonującym systemem COSYNA na Morzu Północnym.

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

Moje zainteresowania naukowe koncentrowały się na tematyce limnologicznej i oceanografii fizycznej. Pierwsze wyniki z zakresu limnologii dotyczyły opisu matematycznego stabilności stratyfikacji letniej, na podstawie terenowych obserwacji zmienności cyklu termicznego Jezior Chmieleńskich na Pojezierzu Kaszubskim (Jędrasik i Lange, 1972). Prawie nieznaną zjawisko anomalii termicznych pod pokrywą lodową (wzrostu temperatury wody do 6°C) w Jeziorze Raduńskim, jego zmienności czasowo-przestrzenne zostały opisane w pracy Jędrasik (1973). W podjętym zagadnieniu wahań sejszowych powierzchni swobodnej Jeziora Raduńskiego, wprowadziłem jednowymiarowy model hydrodynamiczny jeziora uzyskując zgodność symulacji wahań z ich obserwacjami (Jędrasik i Kowalik, 1973). Do analiz szeregów czasowych obserwacji pionowych rozkładów temperatury wody, zastosowałem nową wówczas metodę widmową stosowaną w analizie sygnałów. Aplikacja dostarczyła nowej wiedzy o rytmach fluktuacji temperatury wód jeziornych (Jędrasik i Kowalik, 1976). Kolejne rezultaty w oparciu o własny cykl badań terenowych obejmowały rozpoznanie i opis matematyczny z jednowymiarowym modelem dwuwarstwowym fal wewnętrznych w głębokich jeziorach rynnowych (Jędrasik, 1976). Opisane zostały parametry fal wewnętrznych (wahań powierzchni sezonowego rozwarstwienia gęstościowego wód) zależnych od wymiarów horyzontalnych jeziora, jego struktury warstwowej względem głębokości, gradientów temperatury w termoklinie oraz fluktuacji zmian prędkości i kierunków wiatru na Pomorzu w skali synoptycznej. Rozwinięciem badania wahań sejszy wewnętrznych zdeterminowanych geometrią akwenu Jeziora Raduńskiego była praca (Jędrasik i Simons, 1983).

Synteza moich badań limnologicznych była praca (Jędrasik, 1995). Główne wyniki pracy dotyczyły wyznaczenia mechanizmów kształtujących struktury termiczne w jeziorach, określenia hierarchii wpływów uwarunkowań w ich kształtowaniu i jakie struktury termiki jeziornej korespondują ze strukturami termicznymi w morzu zamkniętym lub estuarium.

W pracy zdefiniowałem termogram jako rozkład temperatury wody w funkcji czasu i przestrzeni zawierający superpozycje oddziaływania różnych mechanizmów wieloskalowych. Sekwencyjny rytm zmienności charakterystyk termogramu opisywał reżim termiczny oraz pozwolił na identyfikację mechanizmów, które go kształtują. Pierwszym mechanizmem jest **mieszanie wiatrowe** (stirring) gdy prędkość tarciowa osiąga głębokość termokliny w czasie krótszym niż czwarta część okresu sejszy we-

wewnętrznej. Burzenie stratyfikacji nad stabilizacją występuje w warunkach gdy prędkość tarcia osiąga dno w czasie krótszym niż czwarta część okresu sejszy wewnętrznej, wtedy jest to **tarcie warstwowe** (shearing). Efektywnym mechanizmem przenoszenia ciepła jest **cyrkulacja Langmuira**, będąca efektem połączenia nieliniowych efektów falowania wiatrowego i prądów dryfowych. W wyniku bilansu energetycznego na powierzchni jeziora/morza powstające dodatnie strumienie (skierowane z atmosfery do powierzchni jeziora/morza) lub ujemne (skierowane z jeziora/morza do atmosfery) inicjują **konwekcję** odpowiednio **swobodną** lub **penetrującą**. Konwekcje istotnie oddziałują na kształtowanie pionowych rozkładów temperatur. Pionowy rozkład zaburzany jest przez adwekcję horyzontalną rzek, bądź lateralnych dopływów przez cieśniny i generalnie granice otwarte. Następnym mechanizmem kształtującym tzw. subtelne struktury termiczne i zasoleniowe, to dyfuzja różnicowa w odniesieniu do ciepła oraz dyfuzja soli (słone palce). Pierwsza występuje w termoklinie jezior, a obie w piknoklinie permanentnej w morzu.

Podstawowym uwarunkowaniem w formowaniu struktur termicznych jest klimatyczny dopływ ciepła i pędu przez powierzchnie swobodną jeziora/morza. W klimacie o dodatnim bilansie energetycznym dominują jeziora i morza stratyfikowane. Bilans deficytowy determinuje struktury jednorodne lub okresowo uwarstwione. Silne niedobory ciepła warunkują złodzenie i stratyfikację odwróconą. Drugi rodzaj uwarunkowań, to hydrologiczny dopływ lateralny - wlew oceaniczny lub morski do estuarium, bądź rzeczny i infiltracja z poziomów wodonośnych do jeziora. Ich rola wynika ze stosunku wielkości strumieni ciepła zarówno na granicach bocznych, jak i na powierzchni swobodnej. Trzecim hierarchicznym uwarunkowaniem jest geometria akwenów, która decyduje o percepcji w dostępie energii zewnętrznej generującej burzliwe przenoszenie ciepła w toni wodnej jeziora/morza. Topografia otoczenia jezior wprowadza ograniczenia wskutek redukującej roli przeston w dopływie promieniowania krótkofalowego oraz zmniejszenia pola wymiany pędu z atmosferą. Opracowałem metodę wyznaczania pola oświetlenia („linijkę słońca”) i pola wiatrów ograniczonego przystonami orograficznymi. Uwarunkowania geometryczne (morfometryczne) wyznaczają, a nawet selekcionują rodzaje mechanizmów bezpośrednio odpowiedzialnych za formowanie rozkładów temperatur w jeziorze. Wymiary horyzontalne determinują wystąpienie efektów rotacyjnych np. inercyjnych prądów i ruchu falowego. Jeziora o wielkościach uniemożliwiających ich występowanie są zdominowane przez wahania własne, a stosunek długości do głębokości wyznacza szybkość ewolucji struktur, poprzez mechanizmy mieszania wiatrowego lub tarcia wewnętrznego.

Wprowadzenie skal charakterystycznych jeziora/estuarium/morza do równania turbulენტnej dyfuzji ciepła pozwoliło na wyznaczenie wagi i sposobu przenoszenia ciepła. Skalowanie wskazało jak uwarunkowanie selekcionuje mechanizmy kształtujące struktury termiczne. Weryfikacją podejścia były symulacje modelowe struktur termicznych w wybranych jeziorach Pojezierza Kaszubskiego, Zalewu Wiślanego i Zatoki Gdańskiej. Najważniejszym mechanizmem w głębokim jeziorze i Zatoce Gdańskiej okazała się pionowa dyfuzja turbulენტna w skali sezonu dla jeziora i skali

roku w Zatoce Gdańskiej. Dla płytkiego rozległego Zalewu Wiślanego ten sam mechanizm kształtował strukturę homogeniczną w ciągu dwu dni. Symulacje struktur termicznych w górnej warstwie Zatoki Gdańskiej wykazały podobieństwo do jeziornych i przebiegały jak w wodzie niezasolonej. Zasolenie stabilizuje rozkład gęstościowy w warstwach głębokich. Podobieństwo uwarstwionych struktur termicznych w estuariach głębokich i głębokich jeziorach oraz w płytkich estuariach i płytkich jeziorach potwierdza istnienie wspólnych przyczyn ich powstania oraz możliwość zastosowania tych samych metod badania. W jeziorach przebieg procesów jest jednak mniej skomplikowany, łatwiejszy do weryfikacji badaniami in situ, zatem uważam, że jeziora powinny stać się poligonami czy „laboratoriami” w badaniach morza.

Cytowane pozycje literatury:

Cieślakiewicz W., Paplińska-Swempel B., Soares C.G., 2004, Multi - decadal wind wave modeling over the Baltic Sea, Proceedings of the 29th international conference on coastal engineering, Lisbon, Portugal, 10-24 Sept. 2004 (ICCE 2004), World Scientific Publishing, 778-790.

Jankowski A., Kowalewski M., Gajewski J., **Jędrasik J.**, 2008, Upgrade of existing model M3D_UG, implementation of data assimilation in the coastal model M3D, Report European COastal-shelf sea OPerational observing and forecasting system Integrated Project, Project EU No 036355, S5.2.3.5, 1-12.

Jędrasik J., Lange W., 1972, Przebieg wybranych procesów termicznych w Jeziorach Chmielęńskich w okresie stratyfikacji letniej, Zesz. Nauk. Wydz. BiNoZ U.G., Geografia, 2, 125-140.

Jędrasik J., 1973, Anomalie termiczne pod lodem w Jez. Raduńskim Górnym, Zesz. Nauk. Wydz. BiNoZ U.G., Geografia 3, 193-200.

Jędrasik J., Kowalik Z., 1973, Sejsze Jez. Raduńskiego Górnego, Przegl. Geofiz., 18, 3-4, 243-258,

Jędrasik J., Kowalik Z., 1976, Thermal oscillations in the Upper Radunia Lake, Acta Geophysica Polonica, 24, 1, 69-80.

Jędrasik J., 1976, Falowanie wewnętrzne w Jeziorach Raduńskich, Zesz. Nauk. Wydz. BiNoZ U.G., Geografia 6, 29-56.

Jędrasik J., Simons T.J., 1983, Comparison of different procedures for the simulation of temperature oscillations in Radunia Lake, Poland, Limnology & Oceanography, 28, 5, 1014-1020.

Jędrasik J., 1995, Uwarunkowania w kształtowaniu struktur termicznych w jeziorach i morzu zamkniętym, Wyd. UG, 1-217.

Jędrasik J., Renk H., Kowalewski M., Cyberski J., Krężel A., Matciak M., Bradtke K., Ołdakowski B., Nowacki J., Latała A., Szymelfenig M., Królska M., Michalska M., Sobol Z., 1997a, Model wymiany materii i przepływu energii w ekosystemie Zatoki Gdańskiej, Grant KBN 6 PO4E 03609, 1995-1997, Raport projektu, 1-48.

Jędrasik J., 1997b, A model of matter exchange and flow of energy in the Gulf of Gdańsk ecosystem - overview, Oc. Stud., 26 (4), 3-20.

Jędrasik J., Swempel B., Cieślakiewicz W., Kowalewski M., Bradtke K., Jankowski A., 2004, 40 Years Hindcast of the Circulation in the Baltic Sea 40 Years wave Hindcast in the Baltic Sea, Final Report of the EU Project: HIPOCAS (EVK2-CT-1999-00038), 1 - 72.

Jędrasik J., Kowalewski M., Ołdakowski B., Nowacki J., Kot-Wąsik A., Namieśnik J., 2004a, The impact of the Vistula river on the coastal waters of the Gulf of Gdansk, Scenarios analyses by ecohydro-

dynamic model-(EUROCAT-PL), Proceedings of the EurOCEAN 2004 European Conference on Marine Science and Ocean Technology, 10 – 13 May 2004, Galway, Ireland.

Jędrasik, J., 2005, Validation of the hydrodynamic part of the ecohydrodynamic model for the southern Baltic, *Oceanologia*, 47 (4), 1–25.

Jędrasik J., Szymelfenig M., 2005, Ecohydrodynamic model of the Baltic Sea. Part 2. Validation of the model, *Oceanologia*, 47(4), 543-566.

Jędrasik, J., Cieślíkiewicz W., Kowalewski M., Bradtke K., Jankowski A., 2008, 44 years hindcast of the sea level and circulation in the Baltic Sea, *Coastal Engineering*, 55, 849–860.

Jędrasik J., Szymelfenig M., Kowalewski M., 2009, Quantify potential effects related to the management scenario and natural variability in shelf seas-coastal ecosystems, Report ECOOP, S10.1.4, 1-33.

Kowalewski M., Jankowski A., Gajewski J., Piotrowski M., **Jędrasik J.**, Kowalewska M., Ślimak A., 2009a, Upgrade of existing model M3D_UG, implementation of data assimilation routines in the coastal model M3D, Report European COastal-shelf sea OPerational observing and forecasting system Integrated Project, Project EU No 036355, S5.2.3.6, 1-52.

Kowalewski M., Szymelfenig M., **Jędrasik J.**, 2009b, Quantification of monthly to decadal variability of climate effects on lower trophic levels in shelf seas – coastal ecosystems, Report of ECOOP WP 10, S10.1.1.2., 1-30.

Lehmann A., 1995, A three-dimensional baroclinic eddy-resolving model of the Baltic Sea, *Tellus*, 47A, 1013–1031.

Lehmann A., Hindrichsen H.H., 2000a, On the thermohaline variability of the Baltic Sea, *J. Mar. Sys.*, 25, 333–357.

Lehmann A., Hindrichsen H.H., 2000b, On the wind driven and thermohaline circulation of the Baltic Sea, *Phys. Chem. Earth (B)*, 25, 2, 183–189.

Leth O. K., Dick S., Funkquist L., **Jędrasik J.**, Stipa T., 2009, Integration of modeling and forecasting systems (baseline system), Description of BOOS system, Report of WP-5 ECOOP, 1-21.

Meier H.E.M., 1999, First results of multi-year simulations using a 3D Baltic Sea model, SMHI, Reports Oceanographical., 27, 1–48 str.

Meier H.E.M., Kauker F., 2003, Modeling decadal variability of the Baltic Sea: 2. Role of freshwater inflow and large-scale atmospheric circulation for salinity, *J. Geophys. Res.*, 108 (C11), 3368-3384.

Ołdakowski B., Kowalewski M., Jędrasik J., Szymelfenig M., 2005, Ecohydrodynamic model of the Baltic Sea. Part 1. Description of the ProDeMo model, *Oceanologia No. 47 (4)*, 477-516.

Piotrowski M., 2008, FTPBox User's Guide, Upgrade of existing model, implementation of data assimilation routines in the coastal model M3D, Project EU No 036355, S5.2.3.6, 1-12 str.

Rotnicki, K., Borówka, R., Devine, N., 1995, Accelerated sea level rise as a threat to the Polish coastal zone-quantification of risk, W: K. Rotnicki (Ed.), *Polish Coast – Past, Present and Future*, Journal of Coastal Research, Special Issue 22, 111-135.

Sepp M., 2009, Changes in frequency of Baltic Sea cyclones and their relationship with NAO and climate in Estonia, *Boreal Environmental Research*, 14, 143-151.

Zdroik J., 2009, Implement data interfaces with EuroMISS, Report of ECOOP WP 2, S2.2.5, 1-3.

Zdroik J., **Jędrasik J.**, 2009, Validation on-line and estimation of Target Operational Project Experiment, Report of ECOOP, WP5 S5.2.3.1, 1-6.

