

Załącznik 2  
do wniosku  
o przeprowadzenie  
postępowania  
habilitacyjnego  
z dnia 05.10.2017

**AUTOREFERAT**  
Informacje o dorobku i osiągnięciach naukowych

**Osady denne jako archiwum zanieczyszczenia  
środowiska morskiego metalami ciężkimi i radionuklidami**

dr Agata Zaborska  
Instytut Oceanologii  
Polskiej Akademii Nauk  
Powstańców Warszawy 55  
81-712 Sopot

Sopot, 2017

## 1. Dane osobowe:

Imię i nazwisko Agata Zaborska

Data i miejsce urodzenia

Adres zamieszkania

Miejsce pracy

Instytut Oceanologii  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. Powstańców Warszawy 55  
81-712 Sopot  
tel. (+48) 58 7311736  
e-mail: [agata@iopan.pl](mailto:agata@iopan.pl)  
[http://www.iopan.gda.pl/BGeotoxy/index\\_pl.html](http://www.iopan.gda.pl/BGeotoxy/index_pl.html)

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

- magister, oceanografia, ze specjalizacją geologia morza, Uniwersytet Gdański, 13.06.2001
- doktor nauk o Ziemi, oceanologia, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie, 13.06.2007  
Tytuł rozprawy doktorskiej: *Benthic sedimentary processes and organic matter burial in the northwestern Barents Sea*

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

- 01.2006 – 06.2007 - asystent, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie
- 07.2007 – 05.2017 - adiunkt, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie
- 06.2017 – obecnie - specjalista chemik, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie
- 02.2008-12.2009: Post doc - 50 % researcher w Norwegian Radiation Protection Authority
- 02.2008-12.2009: Post doc - 50 % research chemist w UNILAB, Tromsø, Norway

## 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/artystycznego

***Osady denne jako archiwum zanieczyszczenia środowiska morskiego metalami ciężkimi i radionuklidami***

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

**O1. Zaborska A.,** Mietelski J.W., Carroll J., Papucci C., Pempkowiak J., 2010. Sources and distributions of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  in the Barents Sea. *Journal of Environmental Radioactivity* 101 (4), 323-331.

IF (2010)=1.33, IF (5letni)=2.350, pkt MNiSW – 30, liczba cytowań wg WoS: 15

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu koncepcji badań oraz zapewnieniu funduszy na badania (kierownik projektu), pobraniu próbek, wykonaniu wszystkich oznaczeń (datowanie osadów dennych, oznaczenie stężenia aktywności  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  i  $^{239,240}\text{Pu}$ ), przeprowadzeniu analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rysunków oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy to 70 %.*

**O2. Zaborska A.,** Winogradow A., Pempkowiak J., 2014. Caesium-137 distribution, inventories and accumulation history in the Baltic Sea sediments. *Journal of Environmental Radioactivity* 127, 11–25.

IF (2014)= 2.483, IF (5letni)=2.350, pkt MNiSW – 30, liczba cytowań wg WoS: 10

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu koncepcji badań, wykonaniu oznaczeń (pomiar stężenia aktywności  $^{137}\text{Cs}$ , obliczenia tempa akumulacji), przeprowadzeniu analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rysunków oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy to 70 %.*

**O3. Zaborska A.,** 2014. Anthropogenic lead concentrations and sources in Baltic Sea sediments based on lead isotopic composition. *Marine Pollution Bulletin* 85 (1), 99-113.

IF (2014)=2.991, IF (5letni)=3.780, pkt MNiSW – 40, liczba cytowań wg WoS: 5

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i zorganizowaniu badań (kierownik rejsu), pobraniu próbek, wykonaniu większości oznaczeń (datowanie osadów dennych oraz częściowo udział w oznaczeniu stężenia metali śladowych), przeprowadzeniu analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rysunków oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy to 100 %.*

**O4. Zaborska A.,** Kosakowska A., Bełdowski J., Bełdowska M., Szubska M., Walkusz-Miotk J., Żak A., Ciechanowicz A., Wdowiak M., 2016. The distribution of heavy metals and

<sup>137</sup>Cs in the central part of the Polish maritime zone (Baltic Sea) – the area selected for wind farm acquisition. Estuarine, Coastal and Shelf Science, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2016.12.007>.

IF (2016)=2.176, IF (5letni)=2.541, pkt MNiSW – 35, liczba cytowań wg WoS: 0

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w pobieraniu próbek, wykonaniu części oznaczeń (datowanie osadów dennych oraz oznaczenie stężenia aktywności <sup>137</sup>Cs), przeprowadzeniu analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem części rysunków oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy to 55 %.*

**O5. Zaborska A.,** Beszczyńska-Möller A., Włodarska-Kowalczyk M., 2017, History of heavy metal accumulation in the Svalbard area: distribution, origin and transport pathways. Environmental Pollution 231 (1), 437-450.

IF (2017)=5.099, IF (5letni)= 5.552, pkt MNiSW – 40, liczba cytowań wg WoS: 0

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu koncepcji badań oraz zapewnieniu funduszy na badania (kierownik grantu), zaplanowaniu i zorganizowaniu badań, pobieraniu próbek, wykonaniu większości oznaczeń (datowanie osadów dennych oraz udział w oznaczeniu stężenia metali śladowych), przeprowadzeniu części analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rysunków oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy to 85 %.*

**O6. Zaborska A.,** 2017. Sources of <sup>137</sup>Cs to an Arctic fjord (Hornsund, Svalbard). Journal of Environmental Radioactivity 180, 19-26.

IF (2016)=2.310, IF (5letni)= 2.633, pkt MNiSW – 30, liczba cytowań wg WoS: 0

*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu koncepcji badań oraz zapewnieniu funduszy na badania (kierownik grantu), zaplanowaniu i zorganizowaniu badań, wykonaniu wszystkich oznaczeń (datowanie osadów dennych oraz oznaczenie stężenia aktywności <sup>137</sup>Cs), przeprowadzeniu analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rysunków oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy to 100 %.*

**Tabela 1.** Współczynniki wpływu i liczba cytowań publikacji stanowiących osiągnięcie habilitacyjne

Numer pracy	Tytuł czasopisma	Rok publikacji	IF w roku publikacji	IF 5letni*	Liczba cytowań
1	Journal of Environmental Radioactivity	2010	1.330	2.350	15
2	Journal of Environmental Radioactivity	2014	2.483	2.350	10
3	Marine Pollution Bulletin	2014	2.991	3.780	5
4	Estuarine, Coastal and Shelf Science	2016	2.176	2.541	0
5	Environmental Pollution	2017	5.099	5.552	0
6	Journal of Environmental Radioactivity	2017	2.310	2.633	0

Sumaryczny Impact Factor wymienionych powyżej publikacji wynosi: **17.88/18.79\***

na podstawie dostępnych IF z roku publikacji oraz

\* na podstawie dostępnych IF za okresy 5letnie obejmujące rok wydania publikacji

Sumaryczna liczba punktów MNiSW (wg listy dla 2013-2016) wymienionych publikacji wynosi:

**205**

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

## **Wprowadzenie**

Środowisko morskie jest odbiorcą znacznych ładunków substancji pochodzących z działalności człowieka. Do zanieczyszczeń środowiska morskiego zalicza się między innymi metale ciężkie np. kadm (Cd), ołów (Pb), cynk (Zn), miedź (Cu), arsen (As) oraz radionuklidy antropogeniczne  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  i  $^{137}\text{Cs}$ . Metale ciężkie pochodzą ze źródeł naturalnych (wietrzenie skał, wybuchy wulkanów), a także antropogenicznych (przemysł energetyczny, metalurgiczny, transport, spalanie odpadów). Radionuklidy antropogeniczne syntetyzowane są przy produkcji broni jądrowej, paliwa do elektrowni jądrowych oraz do celów medycznych, naukowych i technicznych. Dostają się do środowiska podczas prób broni jądrowej (najwięcej prób jądrowych odbyło się w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku), kontrolowanych dostaw z elektrowni jądrowej i zakładów przeróbki paliwa jądrowego (np.

Sellafield), a także w wyniku wypadków jądrowych (największe to katastrofy w Czarnobylu i w Fukushima).

Moje badania skoncentrowane były na wyjaśnieniu pochodzenia i losu zanieczyszczeń w morskich osadach dennych zdeponowanych w dwóch kontrastujących środowiskach. Problem zanieczyszczenia środowiska morskiego dotyczy zarówno licznie zamieszkałych i uprzemysłowionych rejonów Ziemi (Morze Bałtyckie), jak i najbardziej dziewiczych regionów świata (Arktyka). Zanieczyszczenie Morza Bałtyckiego ma swoje bezpośrednie i pośrednie źródła. Do bezpośrednich należą: emisja do atmosfery (transport, przemysł) i odprowadzanie ścieków przemysłowych (kolektory ścieków), a do pośrednich należy transport rzekami czy atmosferą. Zanieczyszczenia obecne w Arktyce pochodzą głównie ze źródeł pośrednich, a mianowicie: z transportu globalnego poprzez cyrkulację atmosferyczną, prądy morskie, transport lodu morskiego i poprzez spływ rzeczny (Macdonald i in., 2005).

Jako, że większość zanieczyszczeń w morzach ulega sedymentacji w kolumnie wody i trafia do osadów dennych, osady mogą być nazwane „magazynem” substancji antropogenicznych. Z uwagi na swoje właściwości (przede wszystkim trwałość) zdeponowane w osadach dennych zanieczyszczenia nieorganiczne stanowią swoiste archiwum działalności antropogenicznej w ostatnim stuleciu. Metale ciężkie i radionuklidy uznaje się za niemobilne w osadach dennych. Zakumulowane substancje antropogeniczne mogą być na trwałe odłożone w osadach dennych i wyłączone z obiegu w środowisku. Jednak intensyfikacja działalności człowieka w rejonie dna morskiego (trałowanie dna, budowa platform wiertniczych, farm wiatrowych, wydobywanie kruszców) sprawia, że zanieczyszczenia mogą być również wprowadzane z powrotem do kolumny wody i być dostępne dla organizmów morskich. Zarówno metale ciężkie, jak i radionuklidy wykazują dużą toksyczność. Mogą być akumulowane w organizmach morskich, a niektóre z nich, także podlegać biomagnifikacji wzdłuż łańcucha troficznego powodując zmiany na poziomie organizmów, a nawet całych populacji (Grey, 2002).

Z powodu istnienia wielu źródeł substancji antropogenicznych i wpływu wielu procesów mających wpływ na rozmieszczenie zanieczyszczeń w środowisku morskim trudno jest oszacować, które źródła zanieczyszczeń są najistotniejsze. Niewiele wiadomo na temat procesów, które mają wpływ na los zanieczyszczeń w środowisku morskim, szczególnie w mniej zbadanych, arktycznych rejonach morskich. Obecne szacowania sugerują, że w Arktyce, w rejonie archipelagu Svalbard, metale ciężkie pochodzą głównie z transportu atmosferycznego (40 %) i z transportu wraz z wodami oceanicznymi (30 %) (AMAP, 2002). Istnieją jednak bardziej dokładne, a rzadko stosowane metody, które mogą pomóc

w identyfikacji źródeł radionuklidów czy metali ciężkich. Jako, że dane źródła zanieczyszczeń charakteryzują się swoistym składem izotopowym, do określenia źródeł zanieczyszczenia można zastosować techniki pomiaru stosunków izotopów. Zastosowanie pomiaru stosunków izotopowych w przypadku radionuklidów  $^{239}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$  lub  $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$  pozwala na określenie źródła zanieczyszczeń radioaktywnych. W przypadku metali ciężkich coraz powszechniejsze jest obecnie używanie stosunków poszczególnych izotopów Pb ( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  i  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ). Stosunki stabilnych izotopów ołowiu mogą służyć do śledzenia pochodzenia ołowiu, gdyż charakteryzują precyzyjnie jego źródła i nie ulegają zmianom w czasie. Niestety, z uwagi na kosztowną analizę, niewielu badaczy wykorzystuje je do badań pochodzenia ołowiu w środowisku morskim, a prowadzone badania dotyczą jedynie wybranych mórz europejskich (Komárek i in., 2008).

Zastosowanie pomiarów stężeń zanieczyszczeń w osadach dennych wraz z datowaniem próbek osadów pobranych za pomocą sond rdzeniowych pozwala na odtworzenie historii zanieczyszczenia zbiornika wodnego przez substancje antropogeniczne. Wykonanie datowania poszczególnych warstw osadów jest bardzo istotnie, gdyż pozwala na porównanie stężeń zanieczyszczeń zdeponowanych dokładnie w tym samym czasie między różnymi rejonami badań. Wykonywane najczęściej badanie jedynie powierzchniowych warstw osadów nie pozwoli na takie porównanie, gdyż nie ma kontroli czasu, w którym osady denne zostały zdeponowane.

Z uwagi na fakt, że najsilniejszy wzrost emisji zanieczyszczeń miał miejsce po rewolucji przemysłowej czyli na przełomie XIX i XX wieku, badanie osadów dennych zdeponowanych w ciągu ostatnich 150 lat pozwala uzyskać pełną informację na temat ładunku współczesnych zanieczyszczeń. Najlepszą metodą do datowania osadów zdeponowanych w tym okresie czasu jest metoda pomiaru stężenia aktywności  $^{210}\text{Pb}$ , szczególnie w połączeniu z pomiarem stężenia aktywności  $^{137}\text{Cs}$  służącym do walidowania przeprowadzonego datowania.  $^{210}\text{Pb}$  to naturalny radionuklid z szeregu uranowo-radowego, który może służyć do datowania osadów jeziornych i morskich, a nawet rdzeni lodu. Mierzony jest dwoma metodami: poprzez pomiar bezpośredni w spektrometrze gamma oraz poprzez pomiar produktu jego rozpadu -  $^{210}\text{Po}$  w spektrometrze alfa (Zaborska i in., 2007).

Obecnie zachodzące zmiany środowiskowe wpływają na procesy globalne, takie jak cyrkulacja atmosferyczna i oceaniczna; można się zatem spodziewać zmian w dostawie i przepływie zanieczyszczeń, szczególnie do rejonów arktycznych. Dodatkowym źródłem zanieczyszczeń jest topnienie wiecznej zmarzliny i lodowców, uwalniające zanieczyszczenia zdeponowane tam w ciągu ostatniego stulecia.

Bardzo ciekawym aspektem moich badań było również oszacowanie wpływu działalności ludzkiej (np. farm wiatrowych) na środowisko morskie. Podczas budowy kilkumetrowe warstwy osadów zostają zaburzone i wyłączone już z obiegu zanieczyszczenia, zostają z powrotem wprowadzone do kolumny wody. Innym zagadnieniem, które starałam się zgłębić, było określenie rozmieszczenia radionuklidów w bałtyckich osadach dennych przed planowaną budową pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce.

Problem zanieczyszczeń antropogenicznych w rejonie Morza Bałtyckiego i Spitsbergenu był już niejednokrotnie opisywany. Niestety, większość badań prowadzonych jest na pojedynczych punktach badawczych i zwykle badania dotyczą jedynie osadów powierzchniowych. Szczególnie w Arktyce, z uwagi na trudności logistyczne, bardzo rzadko prowadzi się dokładną analizę rdzeni osadów dennych. Badanie jedynie osadów powierzchniowych (np. Grotti i in., 2013; Lu i in., 2013) nie pozwala na kontrolę skali czasowej reprezentowanej przez próbki osadów, szczególnie w rejonach znacznie różniących się tempem akumulacji osadów dennych. Nie śledzi się też zmian stężeń zanieczyszczeń w skali wieloletniej, a także zależności zmian natężenia zanieczyszczenia od zmian potencjalnych źródeł ich transportu. Nie wykazuje się zależności między stężeniami zanieczyszczeń a warunkami środowiskowymi, np. napływem wód atlantyckich do fiordów.

### **Cele naukowe cyklu publikacji**

Podstawowym celem moich badań było odtworzenie historii zanieczyszczenia morskich osadów dennych metalami ciężkimi i radionuklidami antropogenicznymi w uprzemysłowionych i dziewiczych rejonach Ziemi. Ważnym aspektem moich badań było rozpoznanie źródeł i dróg transportu zanieczyszczeń do zbiorników morskich, a także określenie wpływu zmieniających się czynników środowiskowych na rozmieszczenie zanieczyszczeń w osadach dennych.

### **Znaczenie naukowe cyklu publikacji**

Przedstawione wyniki badań wnoszą nowe informacje dotyczące stężeń i ładunków zanieczyszczeń, oraz pozwalają na ocenę źródeł poszczególnych zanieczyszczeń. Badania pokazują, że osady denne mogą być wykorzystane do odtworzenia historii zanieczyszczenia środowiska morskiego. Historyczne zmiany ładunków zanieczyszczeń interpretowane są względem procesów mających na nie wpływ. Prace pozwoliły ocenić wpływ poszczególnych dróg transportu zanieczyszczeń na ich rozmieszczenie w rejonach polarnych i Morzu Bałtyckim. Są to istotne wyniki, które pomogą zrozumieć los zanieczyszczeń w środowisku



morskich i pozwolą ocenić wpływ zmian warunków środowiskowych i wpływ działalności człowieka na środowisko morskie.

Poniżej przedstawiono w zarysie najważniejsze wyniki badań udokumentowanych w przedłożonym cyklu pub

**Publikacja O1** (*Sources and distributions of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  in the Barents Sea*) powstała dzięki udziałowi w projekcie CABANERA. Celem pracy było określenie stężeń aktywności, całkowitej zawartości i źródeł  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  oraz  $^{239,240}\text{Pu}$  w datowanych osadach dennych Morza Barentsa. Próbkę pobrano na 11 stacjach badawczych. Stężenia aktywności  $^{137}\text{Cs}$  wahały się od  $<0.1 \text{ Bqkg}^{-1}$  do  $10.5 \text{ Bqkg}^{-1}$  a  $^{239,240}\text{Pu}$  od  $<0.01 \text{ Bqkg}^{-1}$  do  $2.74 \text{ Bqkg}^{-1}$ . Całkowita zawartość  $^{137}\text{Cs}$  wynosiła od  $29.5 \pm 1.5 \text{ Bqm}^{-2}$  do  $152.7 \pm 5.6 \text{ Bqm}^{-2}$  a plutonu  $9.5 \pm 0.3 \text{ Bqm}^{-2}$  do  $29.7 \pm 0.4 \text{ Bqm}^{-2}$ . Zmierzone stężenia radionuklidów były bardzo niskie w porównaniu ze stężeniami tych radionuklidów (a szczególnie  $^{137}\text{Cs}$ ) notowanymi dla Morza Bałtyckiego (Skwarzec, 1995; O2). Podwyższone stężenia i zawartość cezu zanotowano na stacjach położonych w północnym rejonie Morza Barentsa. Jest to obszar strefy frontalnej wieloletniej pokrywy lodowej, w którym stwierdzono intensywne topnienie lodu morskiego. Badania wskazują, że lód morski występujący na Morzu Barentsa powstaje u wybrzeży Syberii (Pavlov i in., 2004). Podczas jego powstawania w lód wtapiająca jest zawiesina pochodząca z rzek Ob i Jenisej, a także z erozji brzegów morskich. Tak zwany „brudny lód” jest następnie transportowany do północnych rejonów Morza Barentsa i do Cieśniny Fram, gdzie ulega częściowemu stopieniu w ciągu sezonu letniego. W opisywanej pracy stwierdzono, że transport  $^{137}\text{Cs}$  wraz z lodem morskim jest bardzo istotnym wtórnym źródłem tego radionuklidu dla rejonu badań. W przeciwieństwie do  $^{137}\text{Cs}$ , najwyższe stężenia i zawartości plutonu zmierzono w południowej części morza Barentsa, w obszarze których jest pod silnym wpływem wód pochodzenia atlantyckiego napływających wraz z Prądem Północnoatlantyckim. Może to sugerować, że prąd ten jest istotnym środkiem transportu dla izotopów plutonu. Analiza końcowych składowych bazująca na stosunkach  $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$  wykazała, że zakłady przerobu paliwa jądowego w Sellafield są znaczącym źródłem plutonu dla badanej części Morza Barentsa. Określono, że od 19 % do 66 % plutonu zdeponowanego w warstwach osadów pochodzi właśnie z tego źródła, a nie z globalnej depozycji atmosferycznej. Analiza profili historycznych stężeń radionuklidów pozwoliła stwierdzić, że istniało \_\_\_\_\_  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239,240}\text{Pu}$ , a ich znaczenie zmienia się w czasie. Generalnie jednak zmiany stężeń cezu w datowanych rdzeniach dobrze odzwierciedlały historię dostawy tego radionuklidu do środowiska, zaś zmiany stężeń plutonu nie w pełni jej odpowiadały. Może być to spowodowane złożonością procesów po-depozycyjnych wpływających na pluton,

takich jak mieszanie, remobilizacja czy redepozycja. Większość wcześniej wykonywanych prac dotyczących pomiarów radionuklidów w Morzu Barentsa powierzchniowych (Nies i in., 1999; Heldal i in., 2002), pomiary próbek z rdzeni osadów dennych wykonano jedynie w okolicy Nowej Ziemi (Smith i in., 1995). Z powodu różnego tempa akumulacji osadów dennych w różnych rejonach morza niemożliwe by było porównanie stężeń radionuklidów w osadach zdeponowanych w tym samym okresie. W omawianej pracy podkreślono wartość przeprowadzenia datowania osadów do analizy historycznych zmian stężeń radionuklidów.

**Publikacja O2** (*Caesium-137 distribution, inventories and accumulation history in the Baltic Sea sediments*) była kontynuacją mojego zainteresowania radionuklidami i powstała w ramach działalności statutowej Instytutu Oceanologii PAN. Coraz częściej pojawiające się informacje na temat możliwej budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej skłoniły mnie do wykonania inwentaryzacji  $^{137}\text{Cs}$  w bałtyckich osadach dennych. Elektrownie jądrowe są źródłem małych autoryzowanych ładunków radionuklidów do środowiska, dlatego warto było dokładnie określić jaka jest zawartość  $^{137}\text{Cs}$ . Próbkę pobrano na 21 stacjach badawczych zlokalizowanych w głębszych rejonach Morza Bałtyckiego, gdzie zachodzi najintensywniejsza akumulacja drobnoziarnistego materiału osadowego. Wykonano datowanie warstw osadów metodą  $^{210}\text{Pb}$ . Najniższe stężenia aktywności  $^{137}\text{Cs}$  zmierzono w Głębi Bornholmskiej, gdzie osiągały  $80 \text{ Bqkg}^{-1}$ . W Zatoce Gdańskiej stężenia  $^{137}\text{Cs}$  sięgały do  $163 \text{ Bqkg}^{-1}$ , wyższe stężenia osiągały  $405 \text{ Bqkg}^{-1}$ . W rejonie Zatoki Botnickiej  $^{137}\text{Cs}$  osiągnął stężenia aktywności aż  $931 \text{ Bqkg}^{-1}$ , co świadczy o silnym zanieczyszczeniu tego rejonu Morza Bałtyckiego cezem. Warto wspomnieć, że granica między silnie zanieczyszczonym a średnio zanieczyszczonym  $^{137}\text{Cs}$  osadem wynosi  $1000 \text{ Bqkg}^{-1}$  (Dz. Ust. 2002 r. 55, 498). Tak duże zanieczyszczenie tego rejonu cezem wynika z faktu, że w Zatoce Botnickiej wystąpiła najwyższa depozycja cezumu z atmosfery po katastrofie jądrowej w Czarnobylu. Zawartości całkowite  $^{137}\text{Cs}$  mieściły się w zakresie od  $750$  do  $2675 \text{ Bqm}^{-2}$  we wszystkich rejonach Morza Bałtyckiego, oprócz Zatoki Botnickiej, gdzie osiągnęły nawet  $95191 \text{ Bqm}^{-2}$ . Współczesny roczny ładunek  $^{137}\text{Cs}$  określono na  $38 \pm 22 \text{ Bqm}^{-2}$ . Jest to  $^{137}\text{Cs}$  pochodzący ze źródeł wtórnych, takich jak transport rzekami, erozja brzegów morskich czy re-mobilizacja z innych obszarów Morza Bałtyckiego. Nie wszystkie profile głębokościowe stężenia aktywności  $^{137}\text{Cs}$  odpowiadały historii emisji tego radionuklidu. Dla przykładu, na części stacji badawczych nie obserwowano wyraźnego piku związanego z katastrofą w Czarnobylu. Jest to związane właśnie z ładunkiem  $^{137}\text{Cs}$  do osadów dennych ze źródeł wtórnych. Głębsza niż wynikająca z datowania osadów dennych

penetracja  $^{137}\text{Cs}$  w głąb osadów dennych sugeruje wpływ procesu mieszania osadów na rozmieszczenie  $^{137}\text{Cs}$  w warstwach osadów. Podsumowując, horyzontalne rozmieszczenie  $^{137}\text{Cs}$  jest odpowiedzią na zróżnicowanie ładunków ładunku Czarnobylskiego  $^{137}\text{Cs}$  do różnych rejonów Morza Bałtyckiego, jednak pewien wpływ mają też lokalne warunki środowiskowe i właściwości osadów dennych. Należy zwrócić uwagę na to, że każde naruszenie, (związane np. z aktywnością ludzką) głębokich osadów dennych zawierających wysokie stężenia aktywności  $^{137}\text{Cs}$  może spowodować ponownie zanieczyszczenie wód Morza Bałtyckiego tym radionuklidem.

**Publikacja O3** (*Anthropogenic lead concentrations and sources in Baltic Sea sediments based on lead isotopic composition*), to efekt mojego zainteresowania wykorzystaniem stosunków Pb do oznaczania źródeł ołowiu w środowisku i powstała w ramach działalności statutowej Instytutu Oceanologii PAN. Głównym celem pracy było określenie historycznych ładunków ołowiu i innych metali oraz określenie udziału różnych źródeł ołowiu w osadach Zatoki Gdańskiej. Do badań wykorzystano próbki warstw osadów z sześciu 50-centymetrowych rdzeni. Do zbadania źródeł ołowiu wykorzystano stosunki jego izotopów ( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  i  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) zmierzone techniką ICP-MS, która jest bardzo nowoczesną metodą pomiarową pozwalającą na bardzo dokładne oznaczenie nawet niskich stężeń metali ciężkich. Przed powstaniem tej pracy istniała jedynie jedna publikacja dotycząca pomiaru tych stosunków w osadach bałtyckich w okolicy Sztokholmu (Bindler i in., 2009). W publikacji wchodzącej w skład osiągnięcia habilitacyjnego wykazano, że stężenia Pb przez Rewolucję Przemysłową (~1860) wynosiły  $19 \text{ mgkg}^{-1}$ , a stężenia współczesne osiągały nawet  $147 \text{ mgkg}^{-1}$ . Wiek osadów zawierających najwyższe stężenia ołowiu i innych metali oznaczono na lata 70.-80. ubiegłego wieku. Określono również średni roczny ładunek Pb dla Zatoki Gdańskiej przed najintensywniejszym rozwojem przemysłu ( $7 \text{ mg Pb m}^{-2}$ ) oraz po II Wojnie Światowej ( $199 \text{ mg Pb m}^{-2}$ ). W prezentowanej pracy przedstawiono roczne ładunki Pb docierające do Zatoki Gdańskiej wraz z wodami Wisły oraz ładunki Pb deponowane z atmosfery obliczone na podstawie archiwalnych danych z raportów GUS (odpowiednio od 1984 i od 1955). Porównano roczne ładunki docierające do wód Morza Bałtyckiego z rocznymi ładunkami zakumulowanymi w osadach dennych zatoki. Okazuje się, że ładunki docierające do osadów były/są dużo wyższe niż wynikało by to z pomiarów. Wskazuje to, że nie tylko atmosfera i Wisła były/są ważnymi źródłami Pb dla Zatoki Gdańskiej, ale duże znaczenie mogły mieć też inne źródła, na przykład transport materiału z innych rejonów Bałtyku (poprzez prąd przybrzeżny), transport Pb z resuspensji z innych rejonów morza oraz transport zanieczyszczeń z portów, stoczni czy kolektorów ścieków.

W pracy obliczono, że zawartość Pb ze źródeł antropogenicznych wynosi od 0.5 do 11.1 gm<sup>-2</sup> w zależności od rejonu badań. Źródła Pb określono dzięki określeniu stosunków izotopowych Pb. W położonych najgłębiej warstwach rdzeni <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb osiągały wartość charakterystyczną dla skał naturalnych (> 1.22), a w warstwach zawierających najwyższe stężenia ołowiu osiągały 1,165, co świadczy o dużym udziale antropogenicznego Pb. Używając metody końcowych składowych stwierdzono, że do 93 % ołowiu pochodziło z działalności antropogenicznej, a głównym źródłem dla tego rejonu Bałtyku było spalanie węgla. Do tej pory uważano, że najważniejszym źródłem Pb w Europie w latach siedemdziesiątych było spalanie benzyny ołowiowej. Możliwe, że dotyczy to jedynie Europy Zachodniej, a ze względu na opóźnienie w rozwoju motoryzacji w stosunku do Europy Zachodniej, w Polsce główna emisja Pb pochodziła ze spalania węgla.

**Publikacja O4** (*The distribution of heavy metals and <sup>137</sup>Cs in the central part of the Polish maritime zone (Baltic Sea) – the area selected for wind farm acquisition*) powstała w ramach projektu Aquillo finansowanego przez NCBiR. Projekt dotyczył określenia rozmieszczenia zanieczyszczeń (m.in metali ciężkich i <sup>137</sup>Cs) w rejonie Głębi Bornholmskiej, Ławicy Słupskiej i Rynny Słupskiej. W tych rejonach planowane jest w przyszłości postawienie farm wiatrakowych, co z pewnością spowoduje naruszenie zdeponowanych już w osadach podpowierzchniowych zanieczyszczeń. Do badań pobrano 20 centymetrowych rdzeni osadów dennych z 46 stacji badawczych (analizy wykonano w warstwach o miąższości 5 cm) i sześć 40 cm rdzeni (analizy wykonano w warstwach o miąższości 1 cm). Rejon badań podzielono na płytkie obszary przybrzeżne z osadami dennymi charakteryzującymi się dużą zawartością piasku i obszary głębsze (> 40 m) z osadami dennymi charakteryzującymi się dużą zawartością mułu i iłu. Największe stężenie metali ciężkich zmierzono w rejonie Rynny Słupskiej i Głębi Bornholmskiej (Pb = 86,1 mgkg<sup>-1</sup>, As= 22,7 mgkg<sup>-1</sup>, Cd=1,32 mgkg<sup>-1</sup>, Hg=0,02 mgkg<sup>-1</sup>), a najmniejsze w płytszych obszarach (Pb=7-11 mgkg<sup>-1</sup>, As=0,3-8 mgkg<sup>-1</sup>, Hg<0,01 mgkg<sup>-1</sup>, Cd~0,01 mgkg<sup>-1</sup>). Stwierdzono statystycznie istotną korelację dla zawartości metali i zawartości materii organicznej oraz frakcji drobnoziarnistej (< 0,63 μm). Wywnioskowano, że rozmieszczenie metali ciężkich w osadach zdeponowanych w tym rejonie Morza Bałtyckiego związane jest z właściwościami osadów czyli uziarnieniem i zawartością materii organicznej. Stężenie aktywności <sup>137</sup>Cs wahało się w zależności od stacji od 0.1 Bqkg<sup>-1</sup> do 256.9 Bqkg<sup>-1</sup>. Nie znaleziono zależności stężenia aktywności radionuklidu z zawartością materii organicznej i uziarnieniem osadów, co pozwoliło stwierdzić, że rozmieszczenie <sup>137</sup>Cs w rejonie badań nie zależy od właściwości osadów dennych. Najwyższe stężenie radionuklidu stwierdzono w warstwach osadów, które

zostały zdeponowane w latach 80. ubiegłego wieku, na skutek katastrofy w Czarnobylu. Przy tak dużym i krótkotrwałym ładunku  $^{137}\text{Cs}$  właściwości osadu miały zapewne drugorzędny wpływ na rozmieszczenie radionuklidu w badanym rejonie Morza Bałtyckiego. Ustalono, że w południowo-zachodniej części Bałtyku właściwości osadu są głównym czynnikiem determinującym rozmieszczenie metali ciężkich, natomiast nie mają dużego znaczenia w rozmieszczeniu  $^{137}\text{Cs}$ . W warstwach podpowierzchniowych osadów stężenia metali ciężkich przekraczały wartości charakterystyczne dla górnej warstwy skorupy ziemskiej (Rudnick and Gao, 2011) i dla regionalnego tła geochemicznego (Uścińowicz i in., 2011), lecz nie przekraczały normy dla osadów bardzo zanieczyszczonych (Dz. Ust. 2002 r. 55, 498). W konkluzji stwierdzono, że obszary płytsze ( $\leq 40$  m) południowo-zachodniej części Morza Bałtyckiego mogą być uznane za niezanieczyszczone (duży udział osadów gruboziarnistych), podczas gdy obszary głębsze są średnio zanieczyszczone.

**Publikacja O5** (*History of heavy metal accumulation in the Svalbard area: distribution, origin and transport pathways*) powstała w ramach projektu NCN, którego jestem kierownikiem. Głównym celem pracy było określenie historycznych ładunków metali ciężkich w różnych rejonach Svalbardu: siedmiu fiordach oraz części otwartej Morza Barentsa. Obszary badań różniły się od siebie pod względem właściwości środowiska (wpływ różnych mas wody, wpływ wód roztopowych z lodowca, zlodzenie, budowa geologiczna). Do badań pobrano 19 rdzeni osadów dennych. W 207 próbkach zanalizowano stężenie Pb, Cd, Cu i Zn, a także stosunki izotopów Pb ( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  i  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ). Wykonano także datowanie metodą  $^{210}\text{Pb}$ . Analizując głębsze warstwy rdzeni, zdeponowane przez 1900 r., zmierzono stężenia metali ciężkich charakterystyczne dla skał naturalnych w danym obszarze badawczym. Wartości te zmieniały się w zależności od badanego obszaru, np. naturalne stężenie Pb wahało się od  $11 \text{ mgkg}^{-1}$  (Hornsund) do  $24 \text{ mgkg}^{-1}$  (Magdalenefjorden). Określenie dokładnych wartości tłowych stężenia metali ciężkich pozwoliło na dokładniejsze niż do tej pory (stosowano zwykle wartość charakterystyczna dla globalnej górnej warstwy skorupy ziemskiej; Rudnick and Gao, 2011) określenie ładunku antropogenicznego metali ciężkich do osadów dennych w badanych rejonach. W publikacji określono również współczynniki wzbogacenia osadów metalami (np. dla Cd=0.5-7.7). W wyniku pomiarów  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  i  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , przy zastosowaniu metody końcowych składowych obliczono udział frakcji antropogenicznej ołowiu, która wahała się od 3 % (Rijpfjorden) do 85 % (Hornsund). W efekcie badań stwierdzono, że metale ciężkie pochodziły głównie ze źródeł globalnych, pewien wpływ lokalnej działalności antropogenicznej stwierdzono jedynie w przypadku kadmu w Adventfjordzie. Stwierdzono również, że bardzo duży wpływ na rozmieszczenie

metali ciężkich w fiordach ma napływ wód atlantyckich, a w przypadku Hornsundu wód wytopiskowych z lodowców. Lodowce, które przez ostatnie stulecia akumulowały zanieczyszczenia są obecnie w trakcie intensywnego topnienia i dostarczają metale ciężkie do wód fiordów. Europa i Azja są najważniejszymi źródłami metali transportowanych poprzez atmosferę, ale roczne ładunki metali zakumulowane w osadach znacznie przekraczały szacowane i zmierzone ładunki atmosferyczne (raporty MOSJ). Analizy czynnikowe wykazały, że znaczenie różnych dróg transportu zmienia się w zależności od fiordu a nawet części fiordu (na skutek wpływu wód wytopiskowych). Obliczając  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  i  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  dla nadmiaru ołowiu w osadach dennych ustalono, że fiordy północnego Svalbardu (Magdalenefjorden, Rijpfjorden) mogą być narażone na zanieczyszczenie ołowiem pochodzącym nie tylko z Eurazji, jak sądzono do tej pory, ale również z Ameryki Północnej. Było to ostatnio sugerowane w wyniku badań pochodzenia metali ciężkich w aerozoluach w Kongsfjorden (Zhan i in., 2014). Największa emisja metali ciężkich do atmosfery miała miejsce w latach 70. i 80. ubiegłego wieku, potem stopniowo malała w wyniku stosowania lepszych metod oczyszczania w przemyśle, a także zakazu używania benzyny ołowiowej. Historia emisji zanieczyszczeń globalnych jest dobrze zachowana w osadach dennych na części stacji badawczych, gdzie największe stężenia metali mierzono w warstwach zdeponowanych 30. W przypadku większości stacji depozycja metali ciężkich w osadach determinowana była przez czynniki lokalne a nie globalne. Uznano, że duży wpływ na rozmieszczenie zanieczyszczeń w rejonie Svalbardu ma intensywność napływu wód atlantyckich do fiordu, ilość lokalnych opadów i obecność topniejących lodowców.

**Publikacja O6** (*Sources of  $^{137}\text{Cs}$  to an Arctic fjord (Hornsund, Svalbard)*) powstała w ramach projektu NCN, którego jestem kierownikiem. Ostatnie doniesienia naukowe stwierdzały że kriokonity, czyli nagromadzenia materiału w przestrzeniach na powierzchni lodowca, mają dużą rolę w akumulacji radionuklidów i metali ciężkich (Łokas i in., 2014; 2016). Odkryto, że czasie topnienia lodowców górskich radionuklidy i metale ciężkie dostają się do gleb w strefie proglacialnej silnie je zanieczyszczając. Celem pracy składającej się na osiągnięcie habilitacyjne było sprawdzenie czy osady denne zdeponowane przed czołami lodowców (około 1 km od lodowca) są silniej zanieczyszczone  $^{137}\text{Cs}$  niż osady położone w centralnej części fiordu. Napływ dużych ładunków radionuklidu mogłyby być niebezpieczny dla lokalnego ekosystemu. Do badań wybrano fiord Hornsund; pobrano dwa rdzenie osadów dennych w pobliżu lodowców Hansbreen i Hornbreen oraz 5 rdzeni w osi fiordu. Rdzenie były datowane metodą  $^{210}\text{Pb}$ . Stężenie aktywności  $^{137}\text{Cs}$  wahało się od  $< 0,1$  do  $7,7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Całkowite zawartości  $^{137}\text{Cs}$  w osadach (od momentu wprowadzenia  $^{137}\text{Cs}$  do

środowiska do chwili obecnej) obliczone dla stacji położonych w centralnej części fiordu wynosiły od 322 do 908 Bq·m<sup>-2</sup>. To wielokrotnie więcej niż w otwartym rejonie Morza Barentsa (O1). Z uwagi na duże tempo akumulacji osadów dennych (nawet 3.7 cmrok<sup>-1</sup>) w stacjach położonych kilometr od lodowców obliczono zawartość <sup>137</sup>Cs jedynie dla okresu ostatniego 10-lecia. W pobliżu lodowców w Brepollen, wynosiło ono do 444 Bq·m<sup>-2</sup>, a dla porównania w osi fiordu wynosiło od 29 do 34 Bq·m<sup>-2</sup>. Średnie roczne ładunki <sup>137</sup>Cs w ciągu ostatnich 10 lat wahały się od 2,7 to 44,1 Bq·m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>. Ładunki <sup>137</sup>Cs zmierzone wewnątrz fiordu, w Brepollen, w pobliżu czoła lodowca Hornbreen były dziesięciokrotnie wyższe niż na innych stacjach. Pionowe profile <sup>137</sup>Cs bardzo dobrze odzwierciedlały historię emisji radionuklidu (największa 1962-1964). Pomimo, że pod lodowcem zmierzono duże ładunki radionuklidu, jest on rozcieńczany w dużej ilości sedymentującego materiału mineralnego pochodzącego z wód wytopiskowych z lodowca. Większy wpływ na zanieczyszczenie fiordowych osadów dennych mają rzeki. Na podstawie danych Zajączkowskiego i in. (2004) obliczono, że ładunek roczny <sup>137</sup>Cs wnoszony przez rzekę Adventelva (w Adventfjorden) wynosi od 71,4 Bq·m<sup>-2</sup> do 104,0 Bq·m<sup>-2</sup>. Podsumowując, topniejące lodowce nie powodują podwyższenia stężenia <sup>137</sup>Cs w osadach dennych zdeponowanych w fiordzie, więc nie stwarzają zagrożenia dla ekosystemu fiordu.

### **Podsumowanie**

Połączenie pomiarów stężeń metali ciężkich i radionuklidów z datowaniem kolejnych warstw osadów dennych pozwala odtworzyć historię zanieczyszczenia rejonów uprzemysłowionych (Morze Bałtyckie) i rejonów dziewiczych (Arktyka Europejska). W wyniku przeprowadzonych badań potwierdzono, że osady denne stanowią archiwum zanieczyszczenia środowiska morskiego metalami ciężkimi i radionuklidami. Dzięki wyznaczeniu tempa akumulacji osadów dennych można obliczyć ładunki zanieczyszczeń do osadów dennych i przeanalizować ich zmiany czasowe. Zastosowanie stosunków izotopów stabilnych ołowiu i stosunków izotopów radioaktywnych pozwala odnaleźć źródło zanieczyszczenia, a także ocenić wpływ różnych dróg transportu na badany rejon. Połączenie tych wszystkich badań pozwala na rozpoznanie wpływu warunków środowiskowych globalnych (transport globalny) i lokalnych (właściwości osadu) na rozmieszczenie zanieczyszczeń nieorganicznych w morskich osadach dennych. Poznanie współczesnego stopnia zanieczyszczenia osadów może pomóc w przyszłości ocenić wpływ intensyfikacji działań człowieka (np. nowe elektrownie jądrowe, farmy wiatrowe) na los zanieczyszczeń wyłączonych obecnie z obiegu. Uzyskane wyniki sugerują potrzebę ustanowienia (w przypadku Arktyki) lub udoskonalenia (w przypadku Morza Bałtyckiego) metodyki

regularnych badań monitoringowych stężeń zanieczyszczeń. Dotyczy to zwłaszcza obserwacji ładunków ze źródeł wtórnych, takich jak wody wytopiskowe z topniejących lodowców czy spływ powierzchniowy. Mimo, że stężenia zanieczyszczeń w Arktyce są niskie, zmiany globalnych i lokalnych warunków środowiskowych wpływają na los zanieczyszczeń w środowisku morskim.

Rezultaty badań prowadzonych przeze mnie sugerują, że w rejonach arktycznych:

- bardzo duży wpływ na rozmieszczenie metali ciężkich w fiordach ma napływ wód atlantyckich, oraz w niektórych fiordach, wód wytopiskowych z lodowców
- w rejonie otwartej części Morza Barentsa transport wraz z lodem morskim jest bardzo istotnym wtórnym źródłem  $^{137}\text{Cs}$ , zaś prądy oceaniczne (transport z Sellafield) są istotnym źródłem  $^{239,240}\text{Pu}$
- wewnątrz fiordów Svalbardu duży ładunek  $^{137}\text{Cs}$  pochodzi z wód wytopiskowych z topniejących lodowców oraz z transportu rzeczno-łódzkiego, jednak jest on rozcieńczany w dużej ilości sedymentującej zawiesiny.

W osadach bałtyckich zanieczyszczenie jest dużo wyższe. W czasie badań stwierdzono, że dużą wagę dla rozmieszczenia zanieczyszczeń mają lokalne warunki środowiskowe i procesy podepozycyjne. Stwierdzono, że:

- nie tylko transport atmosferyczny i rzeczny są istotnymi źródłami metali ciężkich, dla osadów zdeponowanych w głębszych rejonach Morza Bałtyckiego, ale duże znaczenie mogły mieć też inne źródła (wtórne) np. remobilizacja metali z innych rejonów Bałtyku
- w płytszym położonym w południowo-zachodniej rejonie Bałtyku właściwości osadu są głównym czynnikiem determinującym rozmieszczenie metali ciężkich, natomiast nie mają dużego znaczenia w rozmieszczeniu  $^{137}\text{Cs}$
- horyzontalne rozmieszczenie  $^{137}\text{Cs}$  jest odpowiedzią na zróżnicowanie ładunków ładunku Czarnobylskiego  $^{137}\text{Cs}$  do różnych rejonów Morza Bałtyckiego, jednak pewien wpływ mają też lokalne warunki środowiskowe i właściwości osadów dennych.

## Literatura

- AMAP, 2002. AMAP Assessment Report: Heavy Metals in the Arctic. Oslo, Norway. 265 pp.
- Bindler R., Renberg I., Rydberg J., Andren T., 2009. Widespread waterborne pollution in central Swedish lakes and the Baltic Sea from pre-industrial mining and metallurgy. *Environ. Pollut.* 157 (7), 2132–2141.
- Dz. Ust. 2002 r. nr 55, poz. 498, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony.
- Grey J.S., 2002. Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine Pollution Bulletin* 45, 46–52.
- Grotti M., Soggia F., Ianni C., Udisti R., 2013. Bioavailability of trace elements in surface sediments from Kongsfjorden, Svalbard. *Marine Pollution Bulletin* 77(1-2), 367-374.



- Heldal H.E., Varskog P., Føyn L., 2002. Distribution of selected anthropogenic radionuclides ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  and  $^{241}\text{Am}$ ) in marine sediments with emphasis on the Spitsbergen–Bear Island area. *The Science of the Total Environment* 293 (1–3), 233–245.
- Komarek M., Ettler V., Chrastný V., Mihaljevič M., 2008. Lead isotopes in environmental sciences: a review. *Environ. Int.* 34, 562–577.
- LuZ., Minghong, C., Wang J., Yin Z., Yang H., 2013. Levels and distribution of trace metals in surface sediments from Kongsfjorden, Svalbard, Norwegian Arctic. *Environ. Geochem. Health* 35, 257–269.
- Łokas E., Bartmiński P., Wachniew P., Mietelski J.W., Kawiak T., Środoń J., 2014. Sources and pathways of artificial radionuclides to soils at a High Arctic site. *Environ. Sci. Poll. Res.* 21, 12479–12493.
- Łokas E., Zaborska A., Kolicka M., Różycki M., Zawierucha K., 2016. Accumulation of atmospheric radionuclides and heavy metals in cryoconite holes on an Arctic glacier *Chemosphere* 160, 162–172.
- Macdonald R.W., Harner T.T., Fyfe J., 2005. Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminants pathway and interpretation on temporal trend data. *Science of the Total Environment* 342, 5–86.
- MOSJ Environmental monitoring of Svalbard and Jan Mayen Norsk <http://www.mosj.no>.
- Nies H., Harms I.H., Karcher M.J., Dethleff D., Bahe C., 1999. Anthropogenic radioactivity in the Arctic Ocean - review of the results from the joint German project. *The Science of the Total Environment* 237–238 (1), 181–191.
- Pavlov A.K., Tverberg V., Ivanov V., Nilsen F., Falk-Petersen S., Granskog M.A., 2013. Warming of Atlantic Water in two west Spitsbergen fjords over the last century (1912–2009). *Polar Research* 32, 11206, <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v32i0.11206>.
- Rudnicki R.L., Gao S., 2003. The composition of the continental crust, pp. 1–64. In: Rudnick, R.L., (Ed.), *Treatise on Geochemistry*. vol. 3. In: Holland, H.D., Turekian K.K. (Eds.), *The Crust*. Elsevier-Pergamon, Oxford, 683p. Smith i in., 1995
- Skwarzec B., 1995. Polon, uran i pluton w ekosystemie południowego Bałtyku, *Rozpr. Monogr.* 6, Inst. Oceanol. PAN, Sopot, 184 pp.
- Uściniowicz S., Szefer P., Sokołowski K., 2011. Trace metals in the Baltic Sea sediments. In: Uściniowicz, S., Warsaw, (Eds.), *Geochemistry of the Baltic Sea surface sediments*, 356 pages.
- Zaborska A., Carroll J., Papucci C., Pempkowiak J., 2007. Intercomparison of alpha and gamma spectrometry techniques used in  $^{210}\text{Pb}$  geochronology. *J. Environ. Radioact.* 93 (1), 38–50.
- Zajączkowski M., Szczuciński W., Bojanowski R., (2004). Recent changes in sediment accumulation rates in Adventfjorden, Svalbard. *Oceanologia* 46 (2), 217–231.
- Zhan J., Gao Y., Li W., Li H., 2014. Effects of Ship Emissions on Summertime Aerosols at Ny-Ålesund in the Arctic. *Atmospheric Pollution Research* 5(3), 500–510.

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

### *Osiągnięcia naukowe - przed uzyskaniem stopnia doktora*

W latach 1996–2001 byłam studentką magisterskich studiów dziennych na kierunku oceanografia, prowadzonych na Wydziale Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego. Po II roku studiów wybrałam specjalność: oceanografia geologiczna. W roku 1999, jako studentka, rozpoczęłam współpracę z naukowcami z Zakładu Ekologii Morza Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk i pod opieką prof. IO PAN, dr hab. Marka Zajączkowskiego brałam udział w analizach osadów dennych pobranych w rejonach arktycznych. W czerwcu 2000 roku wypłynęłam na 2,5-miesięczny rejs badawczy na r/v *Oceania*, podczas którego miałam okazję samodzielnie zebrać materiał badawczy, który był wykorzystany w mojej pracy magisterskiej. Pracę magisterską zatytułowaną *"Litologia osadów dennych Kongsfjorden (Svalbard)"* obroniłam 13 czerwca 2001 roku. Po obronie wypłynęłam w kolejny rejs na statku *Professor Molchanov*, gdzie brałam udział w projekcie liczenia ptaków na Morzu Grenlandzkim. Następnie uczestniczyłam w tygodniowym kursie na

Uniwersytecie Svalbardzkim (UNIS) zatytułowanym „*Arctic Late Quaternary Glacial and Marine Environmental History*” prowadzonym przez prof. Ólafura Ingólfssona. Udział w tym kursie pozwolił mi zapoznać się z geologią czwartorzędu na Svalbardzie. Po kursie brałam udział w części fiordowej rejsu AREX na pokładzie r/v *Oceania*, pobierając rdzenie osadów dennych z fiordu Kongsfjorden. Po powrocie przez kilka miesięcy wykonywałam analizy osadów (granulometria, stężenie materii organicznej) w ramach współpracy z pracownikami Zakładu Ekologii Morza IO PAN (umowy cywilno-prawne). W tym czasie zainteresowałam się wykorzystaniem izotopów promieniotwórczych do badań środowiska morskiego i wysłałam aplikację o stypendium naukowe do Marine Environment Research Centre ENEA-CNR, instytutu naukowego w La Spezia we Włoszech, gdzie wykonywane są takie analizy. W styczniu 2002 roku udałam się tam na 6-miesięczne stypendium dotyczące „*Radiometric techniques for dating sediments*”. Pod opieką prof. Carlo Papucci uczyłam się analizy radionuklidów ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) metodą spektrometrii gamma w próbkach osadów dennych oraz obliczania tempa akumulacji osadów dennych. Analizom poddałam próbki pobrane na Spitsbergenie w 2000 i 2001 roku. W kwietniu 2002 roku miałam możliwość odbycia 3-tygodniowego rejsu na r/v „*Urania*” po Morzu Śródziemnym. W czasie rejsu nauczyłam się technik pobierania próbek wody morskiej na analizy radionuklidów ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ). Zebrane podczas stypendium wyniki zostały wraz z wynikami otrzymanymi w pracy magisterskiej zaprezentowane w dwóch publikacjach naukowych (A1, A3) roku oraz zaprezentowane na sześciu konferencjach w formie referatów i posterów (R1, R2, P1, P2, P4, P5). Po zakończeniu stypendium w lipcu 2002 roku pojechałam do Longyearbyen (Svalbard) na 5-tygodniowy kurs „*Radioactivity in an Arctic environment*”, który odbywał się na Uniwersytecie UNIS. Kurs był prowadzony przez prof. Ellisa Holma i dr Pera Roosa, znanych specjalistów od badań radiochemicznych rejonów arktycznych. Podczas kursu, oprócz zajęć teoretycznych, miałam możliwość uczestniczyć w pracach terenowych i pobierać próbki środowiskowe z tundry, gleby, lodowców i osadów jeziornych. Wykonywaliśmy również prace laboratoryjne związane z separacją  $^{210}\text{Po}$  (przygotowanie do pomiaru za pomocą spektrometrii alfa). Po powrocie do Polski, w październiku 2002 roku rozpoczęłam studia doktoranckie w Zakładzie Chemii i Biochemii Morza w Instytucie Oceanologii PAN pod opieką prof. dr hab. inż. Janusza Pempkowiaka. Z racji mojego zainteresowania badaniami rejonów polarnych w grudniu 2002 roku nawiązałam współpracę z naukowcami z Akvaplan-niva w Tromsø w Norwegii. Początkowo zostałam włączona jako dodatkowy wykonawca do projektu „*On Thin Ice? - Climatic Influence on Energy Flow and Trophic Structure in Arctic Marine Ecosystems*” fundowanego przez Norwegian Research Council (kierownik: dr Michael Carroll) (G1).

W ramach projektu odbyłam rejs na r/v *Jan Mayen*, z pokładu którego pobierałam rdzenie osadów dennych w fiordach północnego Spitsbergenu. Następnie w laboratorium Zakładu Chemii i Biochemii Morza IO PAN wykonałam datowania tych rdzeni metodą  $^{210}\text{Pb}$ . Później włączyłam się, jako doktorantka, w grant „CABANERA - *Carbon flux and ecosystem feed back in the northern Barents Sea in an era of climate change*” (G2), który był kierowany przez prof. Paula Wassmanna z Uniwersytetu w Tromsø. Moim zadaniem było określić tempo akumulacji osadów dennych na 17 stacjach badawczych metodą  $^{210}\text{Pb}$ , określić tempo bioturbacji osadów dennych metodą  $^{234}\text{Th}$ , a także określić tempo akumulacji i ”grzebania” węgla organicznego. W lipcu 2003 roku brałam udział w pierwszym rejsie projektu CABANERA na Morze Barentsa. Do współpracy w ramach projektu CABANERA zaprosiłam prof. Carlo Papucci z ENEA-CNR i po rejsie przez 2 miesiące przebywałam w Instytucie ENEA-CNR i wykonywałam pomiary stężenia aktywności  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  i  $^{137}\text{Cs}$ , z próbek zebranych do mojej rozprawy doktorskiej. Jesienią 2003 roku wyjechałam na miesiąc do Akvaplan-Niva w Tromsø, aby skonsultować wyniki moich badań z prof. JoLynn Carroll (późniejszym drugim promotorem mojej rozprawy doktorskiej). W październiku 2003 roku uczestniczyłam w kursie: „*Calanus, Carbon flux and Climate*”, organizowanym przez *Nordic Arctic Research Programme (NARP)*, który odbył się w Svolvær na Lofotach. Podczas workshopu poszerzyłam swoją wiedzę na temat losu węgla organicznego w ekosystemach polarnych oraz wpływu zmian klimatycznych na obieg węgla. Pod koniec października otrzymałam finansowanie od Komitetu Badań Naukowych w ramach grantu własnego zatytułowanego „*Adaptacja metody  $^{210}\text{Pb}$  do datowania osadów arktycznych (Kongsfjorden i Morze Barentsa)*”, 2003-2004 (G3). Dzięki temu finansowaniu mogłam wykonać analizy  $^{210}\text{Pb}$  (a właściwie  $^{210}\text{Po}$ , metodą spektrometrii alfa) w Zakładzie Chemii i Biochemii Morza IO PAN. Wyniki otrzymane w czasie projektu posłużyły do napisania publikacji (A4). W sierpniu 2004 roku uczestniczyłam w rejsie na r/v *Jan Mayen* związanym z projektem CABANERA. Bezpośrednio po rejsie przebywałam 2 miesiące w laboratorium ENEA-CNR we Włoszech, gdzie analizowałam kolejną partię próbek osadów dennych pobranych z Morza Barentsa. We wrześniu złożyłam wniosek o otwarcie przewodu doktorskiego w IO PAN. Promotorem pracy zatytułowanej „*Benthic sedimentary processes and organic matter burial in the northwestern Barents Sea*” został prof. dr hab. inż. Janusz Pempkowiak, a nieformalnym promotorem pomocniczym prof. JoLynn Carroll z Akvaplan-niva w Tromsø. W czasie przygotowywania rozprawy doktorskiej, poszerzyłam swoje zainteresowania o temat zanieczyszczenia arktycznych osadów dennych substancjami antropogenicznymi. Po otwarciu przewodu doktorskiego napisałam grant promotorski do Komitetu Badań Naukowych

zatytułowany „*Charakterystyka reżimu sedymentacyjnego i stężenia zanieczyszczeń w osadach dennych Morza Barentsa*” (G4). W ramach współpracy w Zakładzie Chemii i Biochemii Morza brałam udział w analizach bałtyckich osadów dennych, co zaowocowało wspólną publikacją (A2). W styczniu 2005 roku otrzymaliśmy środki finansowe na realizację projektu promotorskiego. W tym samym roku nawiązałam kontakt z prof. dr hab. Jerzym Wojciechem Mietelskim z Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie i udałam się na miesięczną wizytę naukową „*Techniki pomiaru plutonu w osadach dennych*” do IFJ PAN, podczas której nauczyłam się technik separacji i analizy  $^{238}\text{Pu}$  i  $^{239,240}\text{Pu}$  w próbkach osadów dennych. Współpraca z prof. Mietelskim kilka lat później zaowocowała wspólną publikacją (osiągnięcie: O1). W maju uczestniczyłam w trzecim i ostatnim rejsie na r/v *Jan Mayen* związanym z projektem *CABANERA*. Bezpośrednio po nim przebywałam 2 miesiące w laboratorium ENEA-CNR we Włoszech, gdzie zakończyłam pomiary  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  i  $^{137}\text{Cs}$  niezbędne do realizacji mojej rozprawy doktorskiej. Jesienią 2005 roku zaczęłam zajmować się analizą zanieczyszczeń organicznych w próbkach osadów dennych z Morza Barentsa. Przy wsparciu merytorycznym dr hab. Kseni Pazdro, prof. nadzw. IO PAN wykonywałam analizy WWA, PCB i HCB przy użyciu kapilarnej chromatografii gazowej (detektory: FID i ECD). Wyniki badań nie były ujęte w rozprawie doktorskiej, ale posłużyły do przygotowania publikacji (A10). W grudniu 2005 roku wyjechałam do Tromsø na tygodniowy kurs dla doktorantów „*Climate and changing pathways of marine arctic pollution*“, organizowany przez Tromsø University. Udział w tym kursie pozwolił mi na poszerzenie wiedzy z zakresu zanieczyszczenia Arktyki oraz wpływu zmian klimatycznych na los zanieczyszczeń w Arktyce. Następnie brałam udział w drugim tygodniowym kursie dla doktorantów „*Writing science*”. Podczas kursu uczuliśmy się przygotowywania publikacji naukowych i pisanie projektów naukowych. Na początku 2006 roku wyjechałam na 3 tygodnie do Tromsø na wymianę osobową w ramach porozumień PAN. Podczas wyjazdu omawiałam wyniki prac badawczych uzyskanych w ramach projektu *CABANERA*. W czasie pobytu podjęłam współpracę z dr Anitą Evenset z Akvaplan-niva. W ramach współpracy wykonałam datowania osadów dennych pobranych z jeziora położonego na Wyspie Niedźwiedziej metodą  $^{210}\text{Pb}$ . Współpraca zaowocowała wspólną publikacją naukową (A5). W 2006 roku otrzymaliśmy grant specjalny w związku z International Polar Year (2007): *Alokacja zanieczyszczeń antropogenicznych przez ptaki morskie* (prof. Janusz Pempkowiak – kierownik, mgr Agata Zaborska – główny wykonawca) (G5). Latem 2006 roku uczestniczyłam w 6-tygodniowym rejsie na r/v *Oceania* na Spitsbergen. Podczas rejsu i dwutygodniowego pobytu na Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie pobierałam próbki morskich osadów dennych, próbki wody

i osadów dennych z jeziorzek oraz próbki gleby z rejonu północnego Hornsundu w pobliżu kolonii ptasiej i w rejonach oddalonych od kolonii. W pobranych próbkach zmierzono stężenie zanieczyszczeń antropogenicznych, tj. zanieczyszczeń organicznych (WWA, PCB, HCB) oraz metali ciężkich. Podczas rejsu pobierałam również próbki zawiesiny i próbki wody na analizy stężenia POC i DOC w Morzu Grenlandzkim. Próbki te pobrano, aby rozpocząć prowadzone w latach 2006-2010 studia stężenia węgla organicznego i substancji biogenicznych w strefie frontalnej Morza Grenlandzkiego (R11, P6). Wiosną 2007 roku złożyłam moją rozprawę doktorską i 13 czerwca 2007 roku odbyła się jej publiczna obrona. Moja rozprawa doktorska otrzymała wyróżnienie nadane przez Radę Naukową IO PAN. W wyniku projektu CABANERA powstały dwie publikacje naukowe (A6, A7) i wiele wystąpień na spotkaniach roboczych i konferencjach (R3, R4, R5, R6, R7, R8, R10, R12, R13, P3). Efektem grantu promotorskiego, oprócz rozprawy doktorskiej, były 3 publikacje (A10, A17 i O1) oraz dwie prezentacje konferencyjne (R9, R16).

#### **Artykuły naukowe opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora**

- A1. Aliani S., Bartholini G., Degl'innocenti F., Delfanti R., Galli C., Lazzoni E., Lorenzelli R., Malaguti A., Meloni R., Papucci C., Salvi S., **Zaborska A.**, 2004. *Multidisciplinary investigations in the marine environment of the inner Kongsfjord, Svalbard islands (September 2000 and 2001)*. Chemistry and Ecology 29, 19–28.
- A2. Pempkowiak J., Beldowski J., Pazdro K., Staniszewski A., **Zaborska A.**, Leipe T., Emeis K., 2005. Factors influencing fluffy layer suspended matter (FLSM) properties in the Odra River – Pomeranian Bay – Arkona Deep System (Baltic Sea) as derived by principal components analysis (PCA), and cluster analysis (CA)” Hydrology and Earth System Sciences, 9, 1–14.
- A3. **Zaborska A.**, Pempkowiak J., Papucci C., 2006. *Some Sediment Characteristics and Sedimentation Rates in an Arctic Fjord (Kongsfjorden, Svalbard)*. Annual Environmental Protection 8, 79-96.
- A4. **Zaborska A.**, Carroll J., Papucci C., Pempkowiak J., 2007. Intercomparison of alpha and gamma spectrometry techniques used in <sup>210</sup>Pb geochronology. Journal of Environmental Radioactivity 93 (1), 38-50.
- A5. Evenset A., Christensen G.N., Carroll J., **Zaborska A.**, Berger U., Herzke D., Gregor D., 2007. Historical trends in persistent organic pollutants and metals recorded in sediment from Lake Ellasjøen, Bjørnøya, Norwegian Arctic. Environmental Pollution 146 (1), 196-205.

#### **Granty naukowe realizowane przed uzyskaniem stopnia doktora**

- G1. Wykonawca: „On Thin Ice? - Climatic Influence on Energy Flow and Trophic Structure in Arctic Marine Ecosystems”, 2002-2005, fundowany przez Norwegian Research Council, kierownik: dr Michael Carroll.
- G2. Doktorant: „CABANERA” - Carbon flux and ecosystem feedback in the northern Barents Sea in an era of climate change”, 2003-2007, fundowany przez Norwegian Research Council, kierownik: dr Paul Wassmann.
- G3. Kierownik: “Application of Pb-210 dating method to the Arctic sediments (Kongsfjorden, Barents Sea)”, 2003-2004, fundowany przez Komitet Badań Naukowych, kierownik: mgr Agata Zaborska.
- G4. Główny wykonawca: „Charakterystyka reżimu sedymentacyjnego i stężenia zanieczyszczeń w osadach dennych Morza Barentsa”, 2005-2007, grant promotorski fundowany przez Komitet Badań Naukowych, kierownik: prof. Janusz Pempkowiak
- G5. Główny wykonawca: “Allocation of contaminants by birds in Hornsund, Svalbard”, 2006-2008, fundowany przez Komitet Badań Naukowych, kierownik: prof. Janusz Pempkowiak

### **Referaty naukowe wygłoszone przed uzyskaniem stopnia doktora**

- R1. Zaborska A.,** Zajączkowski M., Jankowska H., Pempkowiak J., 2002. *Litologia powierzchniowych osadów dennych Kongsfjorden (Svalbard)*. I Sympozjum Młodych Oceanografów, UG, Gdynia, Polska.
- R2. Zajączkowski M., Zaborska A.,** Papucci C., 2002, *Sedimentation rates and sediment accumulation rates in Kongsfjorden*, Workshop "2<sup>nd</sup> Kongsfjorden Workshop", Sopot, Polska.
- R3. Zaborska A.,** Carroll J., Pempkowiak J., 2003. *The outline of PhD thesis on sedimentary process*, CABANERA kick-off meeting, 06.2003, Tromsø, Norwegia.
- R4. Zaborska A.,** Carroll J., Pempkowiak J., 2004. *Sedimentary processes in the northern Barents Sea*, CABANERA I annual meeting, Tromsø, Norwegia.
- R5. Zaborska A.,** Carroll J., Papucci C., Pempkowiak J., 2005. *Accumulation and mixing rates of sediments of the northern Barents Sea*, CABANERA II annual meeting, 2005, Tromsø, Norwegia.
- R6. Carroll J and Zaborska A.,** 2005. *Sediment burial processes in an Arctic marginal Sea*. ASLO Conference (American Society of Limnology and Oceanography) w Santiago de Compostela (Hiszpania).
- R7. Zaborska A.,** Carroll J., Pempkowiak J., *Organic carbon accumulation rates and burial*, CABANERA final meeting, 2006, Tromsø, Norwegia.
- R8. Zaborska A.,** Carroll J., Papucci C., Pempkowiak J., 2005. *Sedimentary processes in the northern Barents Sea*. International workshop on land-ocean interactions in the Russian Arctic. Moskwa, 15-18.11.2005.
- R9. Zaborska A.,** Carroll J., Pempkowiak J., 2006. *Rekonstrukcja zmian w stężeniu zanieczyszczeń w osadach Morza Barentsa w ciągu ostatnich 150 lat*. Konferencja: Chemia, geochemia i ochrona środowiska morskiego, 7.06.2006, Sopot, Polska.
- R10. Staniszewski A. i Zaborska A.,** 2006. *Zastosowanie datowania osadów morskich do scharakteryzowania zmian pochodzenia materii organicznej*, 7.06.2006, Sopot, Polska.
- R11. Beldowski J.,** Pempkowiak J., **Zaborska A.,** Kuliński K., 2007, *Biogeochemical Fluxes in the Arctic Front Zone*, EUR-OCEANS annual meeting, 25-26.04.2007, Ateny, Grecja

### **Postery naukowe przedstawione przed uzyskaniem stopnia doktora**

- P1. Zaborska A.,** Papucci C., Pempkowiak J., 2003. *Sediment characteristics and sedimentation rates in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard)*, Konferencja "Arctic-Alpine Ecosystems and People in a Changing Environment", w Polar Environmental Centre w Tromsø, Norwegia.
- P2. Zaborska A.,** Papucci C., Pempkowiak J., 2003. *Sediment characteristics and sedimentation rates in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard)*, Konferencja "ELOISE – Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone", Gdańsk, Polska.
- P3. Zaborska A.,** Carroll J., Pazdro K., Walkusz-Miotk J., Pempkowiak J., 2005. *Reconstructing temporal changes in sediment contaminant concentrations in the northern Barents Sea*. ASLO Conference (American Society of Limnology and Oceanography) w Santiago de Compostela, Hiszpania.
- P4. Zaborska A.,** Papucci C., Pempkowiak J., 2006. *Sediment characteristics and sediment biota interactions in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard)*. European Geosciences Union Conference, Wiedeń, Austria.
- P5. Zaborska A.,** Papucci C., Beldowski J., Pempkowiak J., 2006. *Sediment characteristics and sedimentation rates in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard)*, 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, 7-11.05.2006, Warnemuende, Niemcy.
- P6. Pempkowiak J.,** Kuliński P., **Zaborska A.,** Lewandowska J., Łotocka M., Hapter R., Wieczorek P., Walczowski W., *Biogeochemical fluxes in the arctic frontal zone*, konferencja 4th SBI Pan-Arctic meeting shelf - basin exchange at the margins of the arctic, IPY and beyond. 26-29 2006, Sopot, Polska.

### **Osiągnięcia naukowe – po otrzymaniu stopnia doktora**

Po obronie rozprawy doktorskiej wy płynęłam w kolejny rejs na r/v *Oceania* i pobierałam próbki wody i osadów dennych z jeziorzek oraz próbki gleby z kolonii ptasiej w Hornsundzie w ramach realizacji projektu badawczego (G5). Podczas rejsu pobierałam również próbki zawiesiny i próbki wody na analizy stężenia POC i DOC w Morzu Grenlandzkim. Otrzymane wyniki dotyczące stężeń węgla organicznego w wodach o różnym pochodzeniu wskazywały na występowanie między letniej zmienności w stężeniach

substancji organicznych w strefie frontalnej Morza Grenlandzkiego. W 2008 roku przygotowałam grant własny: *Określenie abiotycznych i biotycznych uwarunkowań oraz wielkości strumieni węgla w rejonie Frontu Polarnego (Morze Grenlandzkie i Północny Atlantyk)* (G6), który został zakwalifikowany do finansowania przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W ramach tego grantu zespół Zakładu Chemii i Biochemii Morza kontynuował badania monitoringowe stężenia węgla organicznego i substancji biogenicznych w strefie frontalnej Morza Grenlandzkiego. Po kilku latach badań stwierdzono, że poziome i pionowe rozkłady substancji biogenicznych (w kolumnie wody) nie zależą jednak od pochodzenia wód. Po projekcie powstał obszerny raport z wynikami monitoringu, a także 2 publikacje (A16 i publikacja będąca obecnie w recenzji w „Oceanologii”). W tym samym roku w ramach współpracy w Zakładzie Chemii i Biochemii Morza pomagałam nowej doktorantce wykonać analizy tempa akumulacji osadów dennych w Morzu Bałtyckim (A8, P9). Od 1 marca 2008 roku rozpoczęłam stypendium naukowe (post-doc) w UNILAB oraz Norwegian Radiation Protection Authority (NRPA) w Polar Environmental Center w Tromsø. W ramach pracy w UNILAB zapoznawałam się z technikami pomiarów substancji organicznych w środowisku morskim. Głównie zajmowałam się analizami kwasów tłuszczowych, które jak dowiedziono, mogą być wykorzystywane do badania zależności w sieciach troficznych organizmów morskich. W NRPA mierzyłam  $^{99}\text{Tc}$  w próbkach wody morskiej i glonów morskich, te pomiary były częścią comiesięcznego monitoringu zanieczyszczenia wód norweskich wykonywanego przez NRPA.  $^{99}\text{Tc}$  pochodzący z zakładów przeróbki paliwa jądrowego z Sellafield dostaje się do wód Morza Północnego i Grenlandzkiego wraz z wodami Prądu Atlantyckiego. Podczas swojej pracy w NRPA mierzyłam również  $^{210}\text{Po}$  oraz  $^{210}\text{Pb}$  w próbkach biotycznych, np. ptaków morskich. W wyniku współpracy z pracownikami NRPA powstała publikacja naukowa (A12), a także prezentacje konferencyjne (R14, P7, P8). W 2009 roku zostałam zaproszona przez prof. Atwooda do udziału w pisaniu książki „*Radionuclides in the Environment*”. Wspólnie z prof. Carroll zostałam autorkami rozdziału „*Arctic Ocean*” (A9). W grudniu 2009 roku wróciłam do Polski i wznowiłam pracę w Instytucie Oceanologii PAN. W maju 2010 roku otrzymałam stypendium dla młodych naukowców na uczestnictwo w konferencji w Oslo, podczas której zaprezentowałam poster (P11) prezentujący wyniki uzyskane z projektu (G5). Pod koniec roku urodziłam dziecko i przez pół roku przebywałam na urlopie macierzyńskim. Po powrocie do pracy brałam udział w przygotowaniu kolejnej publikacji dotyczącej rozmieszczenia i pochodzenia węgla organicznego w osadach Morza Bałtyckiego (A11) i obiegu materii organicznej w Arktyce (A13). W 2011 roku wznowiłam współpracę z dr hab.

Markiem Zajączkowskim z Zakładu Ekologii IO PAN. Brałam udział w pracach dotyczących transportu i losu materiału dostarczanego do Zatoki Gdańskiej przez Wisłę. Miałam za zadanie określić tempo akumulacji osadów dennych. W wyniku wspólnych badań powstała publikacja (A14) i prezentacja konferencyjna (R17). Brałam również udział w projekcie WinAmp kierowanym przez dr hab. Monikę Kędrę, gdzie wykonywałam pomiary tempa akumulacji osadów dennych, a także określiłam tempo akumulacji i „grzebania” węgla organicznego. Efektem prac była wspólna publikacja (A16). W międzyczasie zostałam poproszona przez redaktorów pisma „Geologom” o przygotowanie recenzji książki *An introduction to chemistry of the sea* (A15). Coraz częstsze informacje o planach budowy pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce skłoniły mnie do przygotowania obszernej pracy, w której określono stężenia i całkowitą zawartość  $^{137}\text{Cs}$  w osadach bałtyckich (O2). W 2012 roku zainteresowałam się badaniami metali ciężkich, a szczególnie wykorzystaniem stosunków izotopowych do określenia źródeł zanieczyszczenia (R15). W ramach badań statutowych w Zakładzie Chemii i Biochemii Morza przeprowadzono pomiary stężeń metali ciężkich i izotopów ołowiu w próbkach rdzeni osadów dennych pobranych z Morza Bałtyckiego. Badania te pozwoliły na przygotowanie jednej z publikacji stanowiących osiągnięcie (O3). W tym samym roku brałam udział w przygotowywaniu projektu *GAME – Dojrzewanie morskiego ekosystemu Arktyki*, w ramach programu MAESTRO (G7). Projekt otrzymał finansowanie w 2013 roku, a ja zostałam kierownikiem zadania w ramach projektu. W 2013 roku otrzymaliśmy również finansowanie projektu *AQUILLO - Opracowanie metody doboru typu konstrukcji wsporczej morskiej turbiny wiatrowej w polskich obszarach morskich* (G8), w którym należało określić oddziaływanie konstrukcji wiatrakowych na obszar południowego Bałtyku. Kierownikiem projektu był dr inż. Sebastian Kowalczyk, a kierownikiem zadania realizowanego w IO PAN była prof. dr hab. Alicja Kosakowska. W maju brałam udział, jako kierownik, w rejsie na r/v *Oceania*, w czasie którego pobieraliśmy próbki osadów niezbędne do realizacji projektu. Następnie zajmowałam się analizami  $^{137}\text{Cs}$  w próbkach osadów dennych oraz wykonałam datowania 6 rdzeni osadów dennych. Brałam też udział w interpretacji wyników stężeń metali ciężkich. Wyniki projektu zostały opisane w publikacji naukowej (O4) i przedstawione podczas konferencji naukowej (R20). W lipcu 2013 roku pobierałam próbki osadów dennych z fiordów Svalbardu niezbędne do realizacji projektu GAME. W projekcie tym miałam określić tempo akumulacji i „zagrzebywania” węgla organicznego w osadach dwóch fiordów różniących się warunkami środowiskowymi. Przez następny rok zajmowałam się analizami próbek osadów, a następnie interpretacją uzyskanych wyników. Na zakończenie projektu przygotowałam publikację na



temat akumulacji i pochodzenia węgla organicznego w fiordzie Hornsund i Kongsfjorden (A23) oraz brałam udział w przygotowaniu publikacji o warunkach środowiskowych w fiordzie Hornsund (A19) i o dojrzewaniu Arktyki (A27). Wyniki projektu były również przedstawiane na konferencjach naukowych (R18, R19, P13, P16, P17, P19, P20, P23). W tym okresie brałam również udział w pracach zespołu dr hab. Marka Zajączkowskiego dotyczącego określenia oddziaływania siły Coriolisa na cyrkulację wód w fiordzie Hornsund. W ramach tej współpracy wykonałam datowanie rdzenia osadów dennych i mierzyłam stężenia aktywności  $^{137}\text{Cs}$ . Wyniki pracy opisano w artykule naukowym (A24) i przedstawiono w prezentacji konferencyjnej (P12). W 2014 r. zostałam zaproszona przez dr hab. Tymona Zielińskiego do napisania rozdziału na temat wpływu zmian klimatycznych na rozmieszczenie zanieczyszczeń w Arktyce. W tym samym roku została promotorem pomocniczym doktorantki Centrum Studiów Polarnych KNOW mgr Anny Pouch. Publikację na temat wpływu zmian klimatycznych na zanieczyszczenia napisałyśmy wspólnie (A18). W 2014 roku razem z promotorem głównym mgr Anną Pouch, dr hab. Ksenią Pazdro napisałyśmy publikację (A22) zawierającą część wyników projektu dotyczącego kolonii ptasich w Hornsundzie (G5). W wyniku naszej współpracy z mgr Anną Pouch były liczne prezentacje konferencyjne (R22, R23, R24, R25, R26, P14, P18). Część próbek uzyskanych w ramach tego projektu (G5) posłużyła również do napisania publikacji na temat transferu zanieczyszczeń organicznych w bałtyckim i arktycznym morskim łańcuchu troficznym (A26). Prace tą realizowano w międzydiscyplinarnym zespole naukowym łączącym specjalistów z kilku jednostek badawczych (Uniwersytet Gdański, Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Morski w Gdańsku, Instytut Oceanologii PAN). W 2014 i 2015 roku brałam udział w dwóch międzydiscyplinarnych projektach finansowanych przez Programy Polsko-Norweskie. Pierwszy projekt „*CLISED: Wpływ zmian klimatycznych na ekosystem – osady morskie jako wskaźniki*” (G11) był kierowany przez prof. dr hab. inż. Grażynę Kowalewską. W tym projekcie wykonałam datowania 12 rdzeni pobranych w Morzu Bałtyckim i fiordach południowej Norwegii. Brałam również udział w interpretacji wyników i przygotowywaniu publikacji naukowej (A25), a także wystąpien konferencyjnych (P15, P22). Drugi projekt „*DWARF: Redukcja rozmiaru – odpowiedź arktycznej fauny na ocieplenie klimatu*” (G12) kierowany był przez dr hab. Marię Włodarską-Kowalczyk. Moim zadaniem było wykonać datowania 20 rdzeni pobranych z 8 fiordów północnej Norwegii i Svalbardu, a także obliczyć tempo akumulacji i zagrzebywania węgla organicznego. Publikacja zawierająca główne wyniki tego projektu jest w przygotowaniu, a wyniki były prezentowane na dwóch konferencjach (P24, P25). W ramach wspomnianego projektu

otrzymałam unikatowe próbki z kilku różnych fiordów Svalbardu, w których w laboratorium Zakładu Chemii i Biochemii Morza zmierzono stężenie metali ciężkich. Uzyskane wyniki wraz z wynikami uzyskanymi w ramach kolejnego grantu posłużyły do powstania jednej z publikacji stanowiących osiągnięcie habilitacyjne (O5). W tym okresie brałam też udział w dwóch mniejszych projektach finansowanych przez NCN: „4AGE - *Zmienność przestrzenna bentosowych sieci troficznych - struktura i funkcjonowanie arktycznych zespołów o niskiej i wysokiej różnorodności*” (G9) i BIOSIZE - *Struktura wielkościowa biomasy i produkcja wtórna - odpowiedź bentosu na zmienność warunków środowiskowych w wodach przybrzeżnych, na szelfie i w głębokim oceanie w Arktyce* (G10). Projekty były realizowane w ramach mojej wieloletniej współpracy z pracownikami Zakładu Ekologii Morza IO PAN. W projekcie 4AGE (G9) wykorzystałam wiedzę zdobytą podczas stypendium podoktorskiego w Norwegii i zajmowałam się analizą kwasów tłuszczowych w próbkach organizmów morskich i osadów dennych zebranych z fiordów Svalbardu. Publikacja zawierająca wyniki projektu jest w przygotowaniu. W roku 2015 współpracowałam z dr hab. Marią Włodarską-Kowalczyk i dr Emilią Jankowską. Wspólnie badałyśmy hipotezę, że podwodne łąki traw są magazynem węgla organicznego (A21, R21, P21, P26). W roku 2015 zaczęłam również współpracę z dr Edytą Łokas z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN. Wspólnie zajmowałyśmy się badaniami zanieczyszczeń akumulowanych w kriokonitach, czyli nagromadzeniach pyłów na powierzchni lodowców. Pyły akumulowane są w lodzie w podłużnych strukturach o różnej długości. Nasze badania polegały na stwierdzeniu czy stężenia zanieczyszczeń: radionuklidów (dr Edyta Łokas) i metali ciężkich (dr Agata Zaborska) są podwyższone w kriokonitach w porównaniu do innych próbek środowiskowych z fiordu Hornsund. Dzięki tej współpracy napisałyśmy publikację naukową (A20), a następnie wniosek o grant (G14), w którym jestem głównym wykonawcą. W czerwcu 2015 roku wysłałam aplikację o finansowanie projektu własnego „*Wpływ Prądu Zachodniospitsbergeńskiego na rozmieszczenie metali ciężkich w dwóch fiordach Zachodniego Spitsbergenu*” (G13), Finansowanie na badania otrzymałam w styczniu 2016 roku. Realizowany do tej pory projekt jest podzielony na dwie części: badania historyczne zanieczyszczenia fiordów Svalbardu metalami ciężkimi obejmujące badania rdzeni osadów dennych oraz badania sezonowe stężenia metali ciężkich w wodach pochodzących z różnych źródeł (atlantycka, arktyczna, wytopiskowa), a także w lodzie morskim. W międzyczasie zostałam poproszona o udział w przygotowaniach Polskiego Svalbardzkiego Programu Śnieżnego, który ma za zadanie integrację polskiej aktywności i skoordynowania badań śnieżnych na Svalbardzie. W ramach Programu przygotowałam zadanie dotyczące określenia

stężeń, pochodzenia i losu zanieczyszczeń w śniegu i lodzie. Na początku 2016 roku IO PAN gościł dr Fabio Massi z IRIDRA we Florencji, który zajmuje się badaniami substancji organicznych w obszarach dziewiczych (Antarktyda) i obszarach narażonych na duży wpływ człowieka (miasta europejskie). Byłam opiekunem dr Massi i wspólnie przygotowaliśmy pracę, która jest obecnie w recenzji w „Oceanologii”. W kwietniu 2016 roku urodziłam drugie dziecko i przebywałam na półrocznym urlopie macierzyńskim. Po powrocie z urlopu organizowałam zbieranie próbek sezonowych (zadanie zakończone jesienią 2016 roku) niezbędne do realizacji grantu własnego (G13). W 2017 roku przygotowałam również publikację (O6) zawierającą wyniki badań uzyskanych w ramach projektu własnego (G13). W tym samym roku zostałam zaproszona do uczestnictwa w platformie transferu wiedzy „FindFish - Numeryczny System Prognozowania warunków środowiska morskiego Zatoki Gdańskiej dla Rybołówstwa” (G15) finansowanym przez Unię Europejską. Kierownikiem Projektu jest dr hab. Lidia Dzierzbicka-Głowacka, a moim zadaniem jest przygotować mapę rozmieszczenia metali ciężkich i radionuklidów w południowym Bałtyku na podstawie badań własnych i danych literaturowych. Od czerwca 2017 roku jestem członkiem zespołu przygotowującego ekspertyzę dotyczącą oddziaływania morskiej farmy wiatrowej FEW Baltic II (wraz z infrastrukturą towarzyszącą) na środowisko morskie. W ramach ekspertyzy uczestniczę w zadaniu dotyczącym określenia rozmieszczenia zanieczyszczeń w rejonie Ławicy Słupskiej. Jestem również zaangażowana w dwa projekty typu "seed money" w ramach INTERREG Baltic Sea Region (MicroWasteBaltic i CONTAR), w ramach których przygotowujemy wnioski o finansowanie (G16 i G17).

### **Artykuły naukowe opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora**

- A6. Zaborska A.,** Carroll J., Papucci C., Torricelli L., Carroll M.L., Walkusz-Miotk J., Pempkowiak J., 2008. Recent sediment accumulation rates for the Western margin of the Barents Sea. *Deep-Sea Research II* 55 (20-21), 2352-2360.
- A7. Carroll J., Zaborska A.,** Papucci C., Schirone A., Carroll M.L., Pempkowiak J., 2008. Accumulation of organic carbon in western Barents Sea sediments. *Deep-Sea Research II* 55 (20-21), 2361-2371.
- A8. Szczepańska A., Zaborska A.,** Pempkowiak J., 2009. Sediment accumulation rates in the Gotland Deep, Baltic Proper obtained by <sup>210</sup>Pb and <sup>137</sup>Cs Methods. *Archives of Environmental Protection* 11, 77-85.
- A9. Zaborska A.,** Carroll J., 2010. Arctic Ocean, EIC Book: Handbook of Radionuclides in the Environment. Ed. David Atwood. 560 pp.
- A10. Zaborska A.,** Carroll J., Pazdro K., Pempkowiak J. 2011. Spatio-temporal patterns of PAHs, PCBs and HCB in sediments of the western Barents Sea. *Oceanologia* 53(4), 1005-1026.
- A11. Szczepańska A., Zaborska A.,** Maciejewska A., Kuliński K., Pempkowiak J. 2012. Distribution and origin of organic matter in the Baltic sediment cores dated with <sup>210</sup>Pb and <sup>137</sup>Cs. *Geochronometria* 39 (1), 1-9.
- A12. Holm E., Gwynn J., Zaborska A.,** Gäfvert T., Roos P., Henricsson F. 2010. Hair and feathers as indicator of internal contamination of Po and Pb. *Nordic nuclear safety research* 217, 1-21.
- A13. Pempkowiak J., Zieliński T.,** Petelski T., Zaborska A., Beldowski J., 2011. Recent alterations of aerosol concentration, mercury distribution and organic matter cycling in the Arctic. *Papers on Global Change* 18, 23-33.

- A14.** Damrat M., **Zaborska A.**, Zajączkowski M., 2013. Sedimentation from suspension and sediment accumulation rate in the River Vistula prodelta, Gulf of Gdańsk (Baltic Sea). *Oceanologia* 2013, no. 55 (4), p. 937-950.
- A15.** **Zaborska A.**, 2013. An introduction to the chemistry of the sea - reviewed by Agata Zaborska. *Geologos: Book Review*, 55(4), 250-251.
- A16.** Kuliński K., Kędra M., Legeżyńska J., Gluchowska M., **Zaborska A.**, 2014. Particulate organic matter sinks and sources in high Arctic fjord. *Journal of Marine Systems* 139, 27-37.
- A17.** Beldowski J., Miotk M., **Zaborska A.**, Pempkowiak J., 2015. Distribution of sedimentary mercury off Svalbard, European Arctic. *Chemosphere* 122, 190-199.
- A18.** Pouch A., **Zaborska A.**, 2015. Climate Change Influence on Migration of Contaminants in the Arctic Marine Environment. *Geoplanet: Earth and Planetary Sciences* 22:75-90.
- A19.** Drewnik A., Węślawski J.M., Włodarska-Kowalczyk M., Łącka M., Promińska A., **Zaborska A.**, Gluchowska M., 2016. From the worm's point of view. I: Environmental settings of benthic ecosystems in Arctic fjord (Hornsund, Spitsbergen). *Polar Biology*, 139, 27-37.
- A20.** Łokas E., **Zaborska A.**, Koliczka M., Różycki M., Zawierucha K., 2016. Accumulation of atmospheric radionuclides and heavy metals in cryoconite holes on an Arctic glacier. *Chemosphere* 160, 162–1721867-9.
- A21.** Jankowska E, Michel L., **Zaborska A.**, Włodarska-Kowalczyk M., 2016. Sediment carbon sink in low density temperate eelgrass meadows (Baltic Sea). *Journal of Geophysical Research Biogeosciences* 121, 2918-2934.
- A22.** Pouch A., **Zaborska A.**, Pazdro K., Concentrations and origin of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in sediments of western Spitsbergen fjords (Kongsfjorden, Hornsund, and Adventfjorden). *Environmental Monitoring and Assessment* 189 (4):175.
- A23.** **Zaborska A.**, Włodarska-Kowalczyk M., Legeżyńska J., Jankowska E, Winogradow A., Deja K., Sedimentary organic matter sources, benthic consumption and burial in west Spitsbergen fjords – Signs of maturing of Arctic fjordic systems? *Journal of Marine Systems*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.11.005>
- A24.** Pawłowska J., Zajączkowski M., Szczuciński W., **Zaborska A.**, Kucharska M., Jernas P. Forwick M., 2017. The influence of Coriolis force driven water circulation on the paleoenvironment of Hornsund (S Spitsbergen) over the last century. *Boreas* 10.1111/bor.12249.
- A25.** Szymczak-Żyła M., Krajewska M., Winogradow A., **Zaborska A.**, Breedveld G.D., Kowalewska G., 2017. Tracking trends in eutrophication based on pigments in recent coastal sediments. *Oceanologia* 59(1), 1-17.
- A26.** Niemiryż E., Szlinder-Richert J., Roots O., Falkowska L., Pazdro K., **Zaborska A.**, Verta M., Sapota G., Witt M., Reindl A.R., Kobusińska M.E., Polychlorinated Dibenzo-P-Dioxins (PCDD), Polychlorinated Dibenzofurans (PCDF) and Dioxin-Like Polychlorinated Biphenyls (DL-PCB) in the Baltic and Arctic Fish and the Further Trophic Transfer of these Pollutants to Seabirds. *J Marine Sci Re* 7:1. DOI 10.4172/2155-9910.1000221
- A27.** Węślawski J.M., Urbański J., Gluchowska M., Grzelak K., Kotwicki L, Kwaśniewski S., Legeżyńska J., , Wiktor J., Włodarska- Kowalczyk M., **Zaborska A.**, Zajączkowski M., Stempniewicz L., 2017. Can seabirds modify carbon burial in fjords? *Oceanologia*, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.01.006>.

### **Granty naukowe realizowane po uzyskaniu stopnia doktora**

- G6.** Kierownik: “Określenie abiotycznych i biotycznych uwarunkowań oraz wielkości strumieni węgla w rejonie Frontu Polarnego (Morze Grenlandzkie i Północny Atlantyk)” 2008-2011, fundowany przez MNiSW.
- G7.** Wykonawca: „*GAME: Dojrzewanie Ekosystemu Morskiego Arktyki*”, Kierownik projektu: prof. Jan Marcin Węślawski. Okres realizacji: 2012-2015. Przyznane środki: 3 mln zł. Instytucja finansująca: NCN. Rodzaj projektu: Maestro
- G8.** Wykonawca: „*AQUILO - Opracowanie metody doboru konstrukcji wsporczej, morskiej turbiny wiatrowej w polskich obszarach morskich*”, 2012-2015 Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, kierownik projektu: dr Sebastian Kowalczyk.
- G9.** Wykonawca: Nr NCN 2012/05/B/NZ8/02652, “*Zmienność przestrzenna bentosowych sieci troficznych - struktura i funkcjonowanie arktycznych zespołów o niskiej i wysokiej różnorodności*”, Kierownik projektu: dr Joanna Legeżyńska. Okres realizacji: 2013-2015. Przyznane środki: 316 830 zł. Instytucja finansująca: NCN. Rodzaj projektu: Opus.
- G10.** Wykonawca: Numer NCN: 2012/05/B/NZ8/02654, „*Struktura wielkościowa biomasy i produkcja wtórna - odpowiedź bentosu na zmienność warunków środowiskowych w wodach przybrzeżnych, na szelfie i w głębokim oceanie w Arktyce (BioSize)*”, Kierownik projektu: dr hab. Maria Włodarska-Kowalczyk.

Okres realizacji: 2013-2015. Przyznane środki: 329 900 zł. Instytucja finansująca: NCN. Rodzaj projektu: Opus.

- G11.** Wykonawca: Granty polsko norweskie. „*Wpływ zmian klimatycznych na ekosystem – osady morskie jako wskaźniki – CLISED*”, 2013-2017, fundowany przez instrument finansowy Polish-Norway Grants, kierownik projektu: prof. Grażyna Kowalewska. Okres realizacji 2013-2016. Przyznane środki: 4 mln zł.
- G12.** Wykonawca: „*Redukcja rozmiaru – odpowiedź arktycznej fauny na ocieplenie klimatu - DWARF*”, fundowany przez instrument finansowy Polish-Norway Grants, 2013-2017, kierownik projektu: dr hab. Maria Włodarska-Kowalczyk –
- G13.** Kierownik: Nr projektu NCN 2015/17/B/ST10/03390 Tytuł: „*Wpływ Prądu Zachodniospitsbergeńskiego na rozmieszczenie metali ciężkich w dwóch fiordach Zachodniego Spitsbergenu*”, okres realizacji 2016-2018. Przyznane środki: 311 800 zł, Instytucja finansująca: NCN. Rodzaj projektu: Opus
- G14.** Główny wykonawca: NCN OPUS 10, „*Kriokonity w obszarach polarnych i ich rola w akumulacji zanieczyszczeń atmosferycznych*”, 2017-2020. Kierownik projektu: dr Ewa Łokas, IFJ PAN.
- G15.** Wykonawca: „*Platforma transferu wiedzy FindFISH - Numeryczny System Prognozowania warunków środowiska morskiego Zatoki Gdańskiej dla Rybołówstwa*”. Ekspansja przez innowacje, współfinansowane z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Przyznane środki: 5,37 ml zł.
- G16.** Wykonawca w projekcie typu "seed money" w ramach INTERREG Baltic Sea Region: *MicroWasteBaltic (Impact of micropollutants emitted from municipal wastewater treatment plants on Baltic Sea ecosystems and assessment of cost-benefit of advanced treatment technologies in a regional perspective)* (1.09.2017-31.08.2018) (koordynator: Emma Undemann, University of Stockholm, Szwecja; koordynator ze strony IO PAN: dr hab. Ksenia Pazdro).
- G17.** Wykonawca w projekcie typu "seed money" w ramach INTERREG Baltic Sea Region: *CONTAR Contaminated sediments in the Baltic Sea: assessment, remediation and management revisited* (1.09.2017-31.08.2018) (koordynator: Kari Lehtonen, Syke, Finlandia; koordynator ze strony IO PAN: dr hab. Ksenia Pazdro).

### **Referaty naukowe wygłoszone po uzyskaniu stopnia doktora**

- R12.** Zaborska A., Pempkowiak J., Carroll J., „*Bethic sedimentary processes and organic matter burial in northwestern Barents Sea*”, 1st international symposium on the interactions between sediments and water 17-22 02.2008 Esperance, Australia.
- R13.** Zaborska A., Carroll J., Papucci C., Pempkowiak J., „*Intercomparison of alpha and gamma spectrometry techniques used in <sup>210</sup>Pb geochronology*”, International Topical Conference on Po and radioactive Pb isotopes. 26-28.10.2009. Seville, Hiszpania.
- R14.** Zaborska A., Gwynn J., Brown J., „*Analiza stężenia technetu w Arktyce w ciągu ostatniego dziesięciolecia*”, IX Konferencja - Chemia, Geochemia i ochrona środowiska morskiego”, 15.04.2010. Sopot, Polska.
- R15.** Zaborska A., „*Stosunki izotopowe ołowiu jako wskaźnik zanieczyszczenia środowisk morskiego*”, Jubileuszowa X Konferencja - Chemia, Geochemia i ochrona środowiska morskiego. 18.10.2012, Sopot, Polska.
- R16.** Zaborska A., Pazdro K., Pempkowiak J., *Arktyczne osady denne jako „magazyn” zanieczyszczeń*, Konferencja: Geologia Morza – Teraźniejszość kluczem do przeszłości, przeszłość kluczem do przyszłości, Poznań, Polska.
- R17.** Damrat M., Zaborska A., Zajączkowski M., *Redepozycja osadów prodelty Wisły*. Konferencja: Geologia Morza – Teraźniejszość kluczem do przeszłości, przeszłość kluczem do przyszłości, Poznań, Polska.
- R18.** Zaborska A., Winogradow A., Legeżyńska J., *Stężenia i źródła węgla organicznego w zawieszynie i osadach dennych dwóch fiordów Svalbardu*, XI Konferencja “Chemia, Geochemia i Ochrona Środowiska
- R19.** Zaborska A., *Badania biogeochemiczne w Arktyce* Doroczna Konferencja Instytutu Oceanologii PAN, 30.03.2015, Sopot, Polska.
- R20.** Zaborska A., Beldowski J., Beldowska M., Walkusz-Miotk J., Żak A., Szubska M., Ciechanowicz A., Kosakowska A., *Concentrations of selected inorganic contaminants in sediments of the southern baltic sea - the planned location of the offshore wind farm*, 55th Conference of Estuarine Coastal Sciences Association, 06-09.09.2015, Londyn, Wielka Brytania.
- R21.** Jankowska E., Michel L.N., Zaborska A., Włodarska-Kowalczyk M., „*Carbon sequestration capacity of naturally reintroduced temperate eelgrass meadows*”, 35th International Geological Congress, 27th August-4th September 2016, Cape Town, RPA.
- R22.** Pouch A., Zaborska A., Pazdro K., „*Distribution of selected POPs in the Arctic fjords sediments*” Interdisciplinary Polar Studies in Svalbard, 20 – 22. 09. 2015, Longyerabyen, Svalbard.

- R23.** Pouch A., **Zaborska A.**, Pazdro K., Distribution and origin of selected POPs in the Arctic fjords sediments. Youmares 7, 11 – 13 IX 2016, Hamburg, Niemcy.
- R24.** Pouch A., **Zaborska A.**, Pazdro K., „*Wielopięścieniowe węglowodory aromatyczne w osadach fiordów zachodniego Spitsbergenu*”, XII Konferencja - Chemia, geochemia i ochrona środowiska morskiego, 21.10.2016.
- R25.** Pouch A., **Zaborska A.**, Pazdro K., „*Distribution and origin of selected PCBs and PAHs in the Arctic fjords sediments*”, The 9th GeoSymposium of Young Researchers “Silesia 2016” 31.08 – 02.09.2016, Kroczyce, Polska.

### **Postery naukowe przedstawione po uzyskaniu stopnia doktora**

- P7.** **Zaborska A.**, Carroll J., Pempkowiak J., „*The  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$  disequilibrium in surface marine sediments as a possible tracer of medium term sediment mixing*”, International Topical Conference on Po and radioactive Pb isotopes. 26-28.10.2009, Sevilla, Hiszpania.
- P8.** Gwynn J.P., **Zaborska A.**, Gåfvert T, Christensen G, Gabrielsen G.W., Evenset A., Po-210 and Pb-210 in Arctic seabird species, International Topical Conference on Po and radioactive Pb isotopes. 26-28.10.2009, Sevilla, Hiszpania.
- P9.** Szczepańska A., **Zaborska A.**, Pempkowiak J., „*Tempo akumulacji osadów dennych w różnych rejonach Morza Bałtyckiego*”, IX Konferencja - Chemia, Geochemia i ochrona środowiska morskiego”, 15.04.2010, Sopot, Polska.
- P10.** **Zaborska A.**, Pazdro K., Walkusz-Miotk J., Pempkowiak J., „*Zanieczyszczenia organiczne i metale śladowe w pobliżu ptasiej kolonii w fiordzie Hornsund*”, Jubileuszowa X Konferencja „Chemia, Geochemia i ochrona środowiska mrskiego”, 18.10.2012, Sopot, Polska.
- P11.** **Zaborska A.**, Pazdro K., Walkusz-Miotk J., Pempkowiak J., „*Spatial and temporal trends in POPs and heavy metals contamination in Hornsund (Svalbard)*”, International Polar Year conference: Linkages between polar regions and global systems, 08-12.06.2010, Oslo, Norwegia.
- P12.** Pawłowska J, Zajączkowski M, **Zaborska A.**, Szczuciński W., „*In a changing climate: paleoceanographic record of environmental changes after the Little Ice Age in the Hornsund fjord*”. 35th Polar Symposium: Diversity and state of polar ecosystems, 5-7.06.2014, Wrocław, Polska.
- P13.** **Zaborska A.**, Legeżyńska J., Włodarska-Kowalczyk M., Pazdro K., „*Quantity and sources of food for benthic communities in the two contrasting Arctic fjords*” Nordic Environmental Chemistry Conference (NECC), 11-13.06.2014, Reykjavik, Islandia.
- P14.** Pouch A., **Zaborska A.**, Pazdro K., „*Los PCB w środowisku arktycznym*”, XI Konferencja “Chemia, Geochemia i Ochrona Środowiska Morskiego”, 24.10.2014, Sopot, Polska.
- P15.** Kowalewska G., Szymczak-Żyła M., Filipkowska A., Lubecki L., Zloch I., **Zaborska A.**, Winogradow A., Mazur-Marzec H., Toruńska-Sitarz A., Krakowiak A., Ciesielski T., Ardelan M., Breedveld M., Oen A., „*Wskaźniki stanu środowiska-współczesne osady z Zatoki Gdańskiej oraz z Oslofiordu*”, XI Konferencja “Chemia, Geochemia i Ochrona Środowiska Morskiego”, 24.10.2014, Sopot, Polska.
- P16.** **Zaborska A.**, Legeżyńska, J., Włodarska-Kowalczyk, M., „*The sources and quantities of organic carbon – a food for benthic communities in the two arctic fjords*”, ASLO Aquatic Sciences Meeting 22-27.02.2015, Grenada, Hiszpania.
- P17.** Legeżyńska J., **Zaborska A.**, Włodarska-Kowalczyk M., Pazdro K., Jankowska E., „*Small- and mesoscale variability of benthic food webs in Arctic*”, ASLO Aquatic Sciences Meeting 22-27.02.2015, Grenada, Hiszpania.
- P18.** Pouch A., **Zaborska A.**, Pazdro K., „*The fate of PCBs in the Arctic marine ecosystem*”, ASLO Aquatic Sciences Meeting 22-27.02.2015, Grenada, Hiszpania.
- P19.** **Zaborska A.**, Legeżyńska J., Włodarska-Kowalczyk M., „*The sources of food for benthic communities in the two arctic fjords characterised by different environmental conditions*”, Arctic Summit Science Week, 26-30.04. 2015, Toyama, Japonia.
- P20.** Legeżyńska J., **Zaborska A.**, Włodarska-Kowalczyk M., Pazdro K., Jankowska E., „*Small- and mesoscale variability of benthic food webs in Arctic*”, Arctic Summit Science Week, 26-30.04. 2015, Toyama, Japonia.
- P21.** Jankowska E., Włodarska-Kowalczyk M., Michel L., **Zaborska A.**, „*Baltic seagrass meadows as sediment carbon sink*” Baltic Sea Science Congress, 16-19.06.2015, Ryga, Łotwa.
- P22.** Szymczak-Żyła M., Kowalewska G., Filipkowska A, Lubecki L., Lawręć M., **Zaborska A.**, Winogradow A., „*Chloropigment proxies in recent sediments - comparison of the Gulf of Gdańsk (Poland) and Drammen/Oslofjord (Norway)*”, 55th Conference of Estuarine Coastal Sciences Association, 06-09.09. 2015, Londyn, Wielka Brytania.

- P23.** Pempkowiak J., Pazdro, K., Kuliński K., Winogradow A., **Zaborska A.**, Kozirowska K., Węslawski J.M., „*Sedimentary carbon burial- an overlooked service of the marine environment to the mankind*” Euromarine foresight Symposium – Future Coast Europe, 5-7.10.2015, Berlin, Niemcy.
- P24.** Włodarska-Kowalczyk M., **Zaborska A.**, Mazurkiewicz M., Jankowska E., „*Environmental drivers and benthic controls of organic carbon burial in northern fjords - a latitudinal (60-80 N) perspective*”, 35th International Geological Congress, 27.08-04.09.2016, Cape Town, RPA.
- P25.** Włodarska-Kowalczyk M., **Zaborska A.**, Mazurkiewicz M., Jankowska E., „*Organic carbon storage and benthic consumption in sediments of northern fjord (60-80'N)*”, European Geosciences Union General Assembly 2017, 08-13.04.2017, Vienna, Austria.
- P26.** Jankowska E., Michel L.N., **Zaborska A.**, Włodarska-Kowalczyk M., „*Baltyckie łąki trawy morskiej jako magazyny węgla u osadzie*”, XII Konferencja - Chemia, geochemia i ochrona środowiska morskiego, 21.10.2016, Sopot, Polska.
- P27.** Pouch A., **Zaborska A.**, Pazdro K., „*Distribution and origin of selected PCBs and PAHs in the Arctic fjords sediments*”, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 22–26.10.2016, Nantes, Francja.

### **Podsumowanie działalności naukowej**

Ogółem w skład mojego dorobku wchodzi **33 oryginalne prace** opublikowane w języku angielskim, w tym **27** czasopismach indeksowanych przez Filadelfijski Instytut Informacji Naukowej (ISI) (Załącznik 3: pkt. I podpkt. B oraz pkt. II, podpkt. A oraz D). **5** artykułów naukowych opublikowano przed uzyskaniem stopnia doktora a **28** artykułów naukowych opublikowano po uzyskaniu stopnia doktora. Osiągnięcie habilitacyjne stanowi **6** publikacji naukowych. Mój **indeks Hirsha** wynosi **9** według bazy Web of Science i Scopus, a moje prace były **cytowane 255** razy (**216** bez autocytowań) według bazy Web of Science oraz **298** razy (**251** bez autocytowań) według bazy Scopus. *Sumaryczny impact factor* moich publikacji, według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **57,202**, a 5 letnich okresów obejmujących rok wydania publikacji **65,995**. Sumaryczna liczba punktów MNiSW (wg listy z 2013-2016 r.) moich publikacji wynosi: **825**. Byłam bądź jestem kierownikiem **3 projektów naukowych**, głównym wykonawcą **3** projektów naukowych i wykonawcą **11** projektów naukowych (Załącznik 3: pkt. II, podpkt. I i pkt. III. podpkt. A). Wyniki badań prezentowałam na konferencjach i sympozjach, będąc autorem lub współautorem **25 referatów i 27 posterów**. (Załącznik 3: pkt. II, podpkt. K). Byłam wielokrotnie zapraszana do **recenzowania artykułów naukowych** w międzynarodowych czasopismach (15 recenzji) (Załącznik 3: pkt. III, podpkt. P). Moja praca naukowa została doceniona: otrzymałam **wyróżnienie** za rozprawę doktorską i zostałam **dwukrotnie wyróżniona** przez Dyrektora IO PAN za działalność publikacyjną (2014, 2016) (Załącznik 3, pkt. II, podpkt. J).

### ***Osiągnięcia dydaktyczne, popularyzatorskie i organizatorskie***

Od 2012 roku współprowadziłam zajęcia dla doktorantów IO PAN z przedmiotu „Chemia Morza”. Od roku szkolnego 2013/2014 prowadzę również wykłady dla studentów Oceanografii i Ochrony Środowiska na Wydziale Oceanografii i Geografii przedmiotu (autorski program) „*Radiochemia Morza*” (oceanografia, studia stacjonarne, II stopnia). W latach 2015-2017 roku współprowadziłam wykłady dla studentów KNOW w ramach przedmiotów: „*Badania geochemiczne w rejonie Arktyki – zanieczyszczenia*” oraz „*Nowoczesne metody stosowane w oceanografii*”. (Załącznik 3, pkt III, podpkt. I). Byłam nieformalnym promotorem pomocniczym pracy magisterskiej mgr Katarzyny Grzebińskiej na temat rozmieszczenia kwasów tłuszczowych w osadach dennych fiordów Svalbardu. Od 2014 roku jestem opiekunem (a od 06.2017 promotorem pomocniczym) mgr Anny Pouch realizującej rozprawę doktorską w ramach Centrum Studiów Polarnych KNOW. Od wielu lat opiekuję się praktykantami, stażystami i wolontariuszami podczas ich pracy z IO PAN (Załącznik 3, pkt III, podpkt. J i K). Od 2003 roku biorę udział w organizacji stoiska Zakładu Chemii i Biochemii Morza podczas Bałtyckiego Festiwalu Nauki i Sopotkiego Dnia Nauki. (Załącznik 3: pkt. III. podpkt. I). W latach 2011-2015 starałam się, ze skutkiem pozytywnym, o wsparcie finansowe dla stoiska z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku. W latach 2014-2017 prowadziłam zajęcia o tematyce oceanograficznej dla dzieci w przedszkolu, szkole i świetlicy opiekuńczo-wychowawczej. Byłam również współautorem książki popularnonaukowej „*Arktyka Europejska – morski przewodnik użytkownika*” w wersji polsko- i angielskojęzycznej. W 2013 r. wspólnie z dr Marią Łotocką napisałyśmy książkę dla dzieci pod tytułem „*Historia torebki w groszki*”, w której przedstawiony jest problem śmieci w środowisku morskim (Załącznik 3, pkt III, podpkt. I). Latem 2013 roku zostałam poproszona przez TVP o udzielenie wywiadu w sprawie wycieków radioaktywnego materiału z elektrowni jądrowej w Fukushima. Część wywiadu została wyemitowana w programie Wiadomości (20.08.2013) (Załącznik 3, pkt III, podpkt. I). W latach 2008-2016 byłam sekretarzem Sekcji Chemii Morza Komitetu Badań Morza PAN (Załącznik 3, pkt III, podpkt. H). Do moich zadań należała m.in. organizacja odbywającej się co 2 lata Konferencji „*Chemia, geochemia i ochrona środowiska morskiego*”, w tym starania o finansowanie z programu działalności upowszechniającej naukę (DUN) Polskiej Akademii Nauk. W latach 2012-2016 byłam członkiem grupy Polar Task Force przy Ministerstwie Spraw Zagranicznych, a także reprezentantem (jako ekspert) Polski (kraj-obszernik) w spotkaniach grupy Arctic Contaminants Action Plan należącej do *Rady Arktycznej (Arctic*



*Council*) (Załącznik 3, pkt III, podpkt. N). Miałam możliwość zorganizowania spotkania grupy Rady Arktycznej, które odbyło się, pierwszy raz w historii, w państwie nie należącym do Rady (spotkanie zorganizowano w IO PAN). W 2014 roku zostałam wybrana na reprezentanta adiunktów w Radzie Naukowej IO PAN i od tego czasu sprawuję też funkcję Sekretarza Rady Naukowej (Załącznik 3, pkt III, H). Byłam kierownikiem dwóch rejsów na r/v *Oceania* odbywających się na Morzu Bałtyckim (2013, 2017).

### ***Planowane przyszłe badania***

W przyszłości planuję zajmować się dokładniejszym oznaczeniem źródeł i ładunków zanieczyszczeń, szczególnie w Arktyce. Pragnę skupić się na mało poznanych wtórnych źródłach zanieczyszczeń, takich jak spływ powierzchniowy z topniejącej wiecznej zmarzliny czy wypływy wód wytopiskowych z lodowców. Mam również zamiar rozszerzyć swoje badania w rejonie Morza Bałtyckiego. Najbardziej interesują mnie procesy wpływające na rozmieszczenie zanieczyszczeń w osadach dennych. Chciałabym rozszerzyć moją współpracę międzynarodową i nawiązać kontakt z innymi pracownikami naukowymi zajmującymi się losem zanieczyszczeń w Morzu Bałtyckim. Planuję również wyjaśnić zagadnienia, które pojawiły się w czasie moich wcześniejszych badaniach. Nadal realizuję projekt badawczy finansowany przez NCN „*Wpływ Prądu Zachodniospitsbergeńskiego na rozmieszczenie metali ciężkich w dwóch fiordach Zachodniego Spitsbergenu* (NCN 2015/17/B/ST10/03390). W ramach projektu będę analizować wpływ metali ciężkich do fiordu Hornsund z różnych źródeł: atmosfery, wody wytopiskowe z lodowca, wody pochodzenia atlantyckiego, lód morski. Określenie ładunku metali z różnych źródeł byłoby bardzo ciekawe, gdyż do tej pory nie istnieją żadne dane na ten temat. Zadania dotyczące ładunków metali z różnych hydrograficznie wód będę realizować we współpracy z dr Mateuszem Moskalikiem z Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Ponadto będę nadal współpracować z dr Edytą Łokas z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie w ramach wspólnego projektu "*Kriokonity w obszarach polarnych i ich rola w akumulacji zanieczyszczeń atmosferycznych*". Zbadanie mechanizmów akumulacji zanieczyszczeń na powierzchni lodowców jest ogromnym wyzwaniem i bardzo pogłębiłoby wiedzę na temat losu zanieczyszczeń w środowisku (szczególnie arktycznym).

*Zatowska*