

**Badania warunków
hydrologicznych
i hydrochemicznych
na obszarze
morskiej farmy wiatrowej
„Bałtyk Środkowy III”**

Raport końcowy z wynikami badań

Wykonawca:
Instytut Morski w Gdańsku

Zamawiający:
Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o.

Warszawa,
luty 2014 r.

Informacje o dokumencie

Dokument:	Badania warunków hydrologicznych i hydrochemicznych na obszarze MFW Bałtyk Środkowy III Raport końcowy z wynikami badań
Wersja:	nr 2 (12.03.2014)
Autorzy:	Izabela Chałacińska Maciej Kałas Jarosław Kapiński Agnieszka Zasońska Grażyna Dembska Grażyna Sapota Katarzyna Galer-Tatarowicz Małgorzata Littwin Łukasz Zegarowski Barbara Aftanas
Wykonawcy badań:	Małgorzata Littwin Łukasz Zegarowski Elżbieta Podwojewska Jerzy Perszewski Jadwiga Kozakiewicz Katarzyna Stasiak Grażyna Dembska Katarzyna Galer-Tatarowicz
Zamawiający:	Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o. ul. Krucza 24/26 00-526 Warszawa
Wykonawca:	Instytut Morski w Gdańsku ul. Długi Targ 41/42 80-830 Gdańsk
Data umowy:	14.08.2012

Spis treści

Informacje o dokumencie	2
Spis treści	3
Skróty	6
1. Streszczenie niespecjalistyczne	7
2. Wprowadzenie	9
3. Obszar badań	9
4. Metodyka	11
4.1 Jakość wody	11
4.2 Parametry dynamiczne i hydrofizyczne wody	23
4.3 Prądy morskie i falowanie	31
4.4 Temperatura wody	32
4.5 Warunki lodowe	33
4.6 Warunki meteorologiczne	33
4.7 Metodyka opracowywania danych	34
4.7.1 Jakość wody.....	34
4.7.1.1. Warunki hydrochemiczne	34
4.7.1.1.1. Zasadowość	38
4.7.1.1.2. Odczyn (pH).....	38
4.7.1.1.3. Tlen rozpuszczony	39
4.7.1.1.4. Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT ₅).....	39
4.7.1.1.5. Ogólny węgiel organiczny (OWO)	39
4.7.1.1.6. Zawiesina	39
4.7.1.1.7. Azotyny	40
4.7.1.1.8. Azotany	40
4.7.1.1.9. Amoniak	41
4.7.1.1.10. Azot całkowity	42
4.7.1.1.11. Fosforany	43
4.7.1.1.12. Fosfor całkowity	44
4.7.1.1.13. Fenole.....	44
4.7.1.1.14. Cyjanki.....	45
4.7.1.1.15. Metale	45
4.7.1.1.16. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i polichlorowane bifenyle (PCB)	46

4.7.1.17. Indeks oleju mineralnego.....	47
4.7.1.18. Radionuklidy (¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr).....	48
4.7.2 Prądy morskie.....	49
4.7.3 Falowanie	49
4.7.4 Temperatura wody.....	50
4.7.5 Warunki lodowe	54
4.7.6 Warunki meteorologiczne	54
5. Wyniki.....	55
5.1 Jakość wody	55
5.1.1 Warunki hydrochemiczne	55
5.1.1.1. Zasadowość i odczyn (pH).....	55
5.1.2 Zawartość tlenu rozpuszczonego i biologicznego zapotrzebowania tlenu (BZT ₅).....	62
5.1.3 Zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO)	83
5.1.4 Zawiesina.....	94
5.1.5 Substancje biogeniczne	99
5.1.6 Zawartość substancji szczególnie szkodliwych.....	166
5.2 Prądy morskie	187
5.3 Falowanie.....	191
5.4 Temperatura wody.....	197
5.4.1 Temperatura wody przy dnie	197
4.1.3. Temperatura w toni	198
4.1.4. Rozkłady temperatury w całym obszarze pola	199
5.5 Warunki lodowe.....	218
5.6 Zmętnienie i przewodność elektryczna wody nad dnem.....	218
5.7 Warunki meteorologiczne	219
5.7.1 Temperatura powietrza	220
5.7.2 Warunki wietrzne	220
6. Ekstremalne warunki hydrodynamiczne dla potrzeb wyznaczenia parametrów konstrukcyjnych.....	222
7. Podsumowanie wyników	223
7.1 Jakość wody	223
7.2 Prądy morskie	224
7.3 Falowanie.....	225
7.4 Temperatura wody.....	225
7.5 Zmętnienie i przewodność elektryczna wody nad dnem.....	225

7.6	Warunki lodowe	225
7.7	Warunki meteorologiczne	226
7.7.1	Wiatr.....	226
7.7.2	Temperatura powietrza	226
8.	Niedostatki techniki i luki we współczesnej wiedzy	226
9.	Bibliografia	228
10.	Strony internetowe	234
11.	Spis tabel	235
12.	Spis rysunków	236
13.	Spis fotografii.....	246
14.	Spis załączników.....	247

Skróty

DGPS	Różnicowy System Globalnego Pozycjonowania (Differential Global Positioning System)
DTM	Cyfrowy model dna (Digital Terrain Model)
IMO	Międzynarodowa Organizacja Morska (International Maritime Organization)
MBES	Echosonda wielowiązkowa (Multi-Beam Echo-Sounder)
MFW BŚ III	Morska Farma Wiatrowa Bałtyk Środkowy III
MMSI	Morski Sygnał Wywoławczy (Maritime Mobile Service Identity)
PUWG 1992	Państwowy Układ Współrzędnych Geodezyjnych 1992
QA	Ocena jakościowa (Quality Analysis)
QC	Kontrola jakości (Quality Control)
RTK	Kinematyczny Tryb Czasu Rzeczywistego (Real Time Kinematic) dla DGPS
SBP	Profilomierz osadów (Sub-Bottom Profiler)
SSS	Sonar boczny (Side Scan Sonar)
USBL	System pozycjonowania podwodnego (Ultra Short Base Line)
WGS 84	Globalny System Geodezyjny 1984 (World Geodetic System 1984)
IMGW PIB	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy
SMHI	Szwedzki Instytut Meteorologii i Hydrologii (Swedish Meteorological and Hydrological Intitute)

1. Streszczenie niespecjalistyczne

Celem niniejszego Raportu jest prezentacja wyników badań środowiska morskiego akwenów morza obejmujących obszar projektowanej farmy wiatrowej _MFW BŚIII oraz przylegających do niej jednomilowych obszarów buforowych w zakresie oceny warunków meteorologicznych atmosfery nad powierzchnią morza, warunków hydrologicznych w toni, od powierzchni do dna, oraz szerokiego zakresu wskaźników i parametrów hydrochemicznych wody morskiej. Pomiary te prowadzone były w okresie od października 2012 do końca listopada 2013..

Parametry pogodowe charakterystyczne dla wybranego obszaru morza mają istotny wpływ na warunki eksploatacyjne i ekonomiczne planowanej inwestycji energetyki wiatrowej oraz bezpośrednio oddziałują na przebieg procesów dynamicznych i termicznych w całym przekroju toni wodnej. Dlatego w zakresie zmierzonych wskaźników meteorologicznych ocenie poddano: prędkość i kierunek wiatru oraz temperaturę powietrza i ciśnienie atmosferyczne. Z kolei biorąc pod uwagę procesy hydrodynamiczne analizowano wielkości związane z: falowaniem wiatrowym na powierzchni morza (wysokości fali, okresy oraz kierunki propagacji), jak i z przepływami wody na całej głębokości toni (kierunki i prędkości przepływu) w warstwach wody od powierzchni do dna. Dla uzyskania informacji dotyczących parametrów hydrofizycznych wody badanego obszaru morza wykonano pomiary i analizy zmian wielkości: zmętnienia, zasolenia i temperatury wody przy dnie morza oraz zasolenia i temperatury wody w toni na głębokościach odpowiednio 4, 8, 16 m od powierzchni. Dla uzyskania całościowej charakterystyki parametrów hydrochemicznych wody morskiej wykonano pomiary i analizy wielkości takich jak: warunki tlenowe (tlen rozpuszczony, pięciodobowe zapotrzebowanie tlenu (BZT5), ogólny węgiel organiczny (OWO), zakwaszenie (pH) i zasadowość, substancje biogeniczne (azot amonowy, azot azotanowy, azot ogólny, azot mineralny, fosforany, fosfor ogólny), zawiesina. Wykonano również analizy na zawartość substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska, takich jak: rtęć, nikiel, ołów, kadm, arsen, chrom ogólny, chrom (VI), fenole, cyjanki, oleje mineralne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyle (PCB), jak też wykonano pomiary aktywności promieniotwórczych izotopów cezu (¹³⁷Cs) i strontu (⁹⁰Sr).

Do pomiarów środowiska naturalnego wykorzystano oceanograficzne i meteorologiczne przyrządy pomiarowe (sondy oceanograficzne, prądomierze akustyczne, automatyczną stację meteo) wykorzystujące najnowocześniejsze technologie badawcze i oprogramowanie komputerowe, oraz specjalistyczne laboratorium pływające IMOR. Analizy wielkości hydrochemicznych wykonywane były w Laboratorium Zakładu Ochrony Środowiska wyposażonym w nowoczesny sprzęt analityczny (chromatografy, spektrometry i analizatory).

Wysokokwalifikowana kadra badawcza oraz personel laboratoryjny gwarantują odpowiednią jakość i prawidłowość przeprowadzonych badań oraz interpretację uzyskanych wyników pomiarowych.

Wyniki

Jakość wody

Parametry fizyko-chemiczne wody w rejonie MFW BŚ III generalnie nie odbiegały zasadniczo od typowych zawartości dla wód południowego Bałtyku.

Wody te charakteryzowały się zasadowym odczynem (pH od 7,0 do 8,8), zasadowością ok. 1,75 oraz stosunkowo dobrym natlenieniem, ze zmiennością sezonową charakterystyczną dla wód południowego Bałtyku. Ocena jakości wody w obszarze MFW BŚ III, w oparciu o zawartość tlenu w warstwie przydennej w okresie letnim (VII, IX) wskazuje na dobry stan (brak deficytu tlenowego).

Porównując otrzymane wyniki badań wód z wartościami granicznymi określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545), można badany obszar MFW BŚ III zaliczyć do I klasy jakości wód (stan bardzo dobry) ze względu na zawartość tlenu rozpuszczonego przy dnie, BZT₅, nieorganicznych związków azotu (w okresie zimowym), fosforu ogólnego i OWO (w okresie letnim), cyjanków wolnych i związanych, indeksu oleju mineralnego, fenoli oraz metali (As, Cr (VI), Cu).

W wodach badanego obszaru nie stwierdzono również przekroczenia wartości granicznych wskaźników jakości wód dla WWA (naftalenu, fluorantenu benzo(a)pirenu, sumy benzo(b)fluorantenu i benzo(k)fluorantenu oraz sumy benzo(g,h,i)perylenu i indeno(1,2,3,c,g)pirenu) jak również kadmu, ołowiu, rtęci i niklu.

Jednakże ze względu na nieznaczne podwyższenie średniorocznego odczynu badanych wód oraz stężenia azotu ogólnego w miesiącach letnich i fosforanów w okresie zimowym, wody z rejonu MFW BŚ III zostały zaliczone do II klasy jakości wód to znaczy wód o dobrym stanie (w oparciu o wyniki badań fizykochemicznych).

Prądy morskie

Widoczne jest sezonowe zróżnicowanie wartości prędkości prądów. Największą zmienność odnotowano w warstwie na głębokości 0-4 m p.p.m., gdzie na początku lutego w okresie jesiennym maksymalne prędkości przepływu wody dochodziły do 102 cm/s w punkcie pomiarowym BS III 002. Takie wartości przepływu wody zanotowano w czasie silnego sztormu na Bałtyku w dniach 31.01 – 02.02.2013 r., przy czym dla tego okresu nie udało się wykonać podobnych rejestracji w punkcie pomiarowym BS III 001.

Falowanie

Najintensywniejsze falowanie miało miejsce w okresie jesienno-zimowym, najspokojniej zaś było wiosną i latem. Najwyższa zarejestrowana fala miała 6,14 m wysokości a najwyższa fala znaczna - 3,89 m. Średnia wysokość fal (liczona jako średnia ze wszystkich zarejestrowanych fal średnich) dla punktu 001 wyniosła 0,57 m a dla punktu 002 - 0,54 m. Ruch falowy odbywał się głównie z kierunku zachodniego (W) i północno-wschodniego (NE).

Temperatura wody

Wartości temperatur nie odbiegają od standardowych wartości dla całego okresu pomiarowego. Nie wystąpiły zjawiska ekstremalne, odbiegające od standardowych wartości dla obszaru Bałtyku Południowego (The Climate of Baltic Sea Basin, 1998). Zaobserwowano wzrost średniej temperatury Bałtyku (od 6,3 °C do 7,8 °C).

Warunki meteorologiczne – Wiatr

W badanym okresie czasu zmierzone prędkości wiatru zawierały się w zakresie od 0 – 5 stopni w skali Beauforta. Większe prędkości notowano jedynie w czasie silnych sztormów na morzu, które miały

miejsce w dniach 31.01 – 02.02.2013 oraz 8 – 10.12.2013. Wtedy zmierzona prędkość wiatru przekroczyła 20 – 23 m/s. Okresem, w którym wieją wiatry o większej sile jest okres jesienno – zimowy. Na obszarze pola MFW BŚ III dominują wiatry z sektora zachodnio – południowego, a także wschodnio – północnego.

Temperatura powietrza

Temperatura powietrza miała roczny przebieg zgodny ze średnim przebiegiem temperatury na obszarze Bałtyku (Climate of Baltic Sea Basin, 1998). Wartość minimalna nie przekroczyła -10°C . Temperatura maksymalna była mniejsza niż 25°C . Obszar otwartego morza powoduje zatarcie wpływu kontynentu na warunki termiczne. Zimy są łagodniejsze i lata są chłodniejsze.

Wykonane pomiary warunków meteorologicznych atmosfery nad powierzchnią morza, warunków hydrologicznych w toni, od powierzchni do dna, oraz szeroki zakresu wskaźników i parametrów hydrochemicznych wody morskiej były wystarczające do uzyskania wiarygodnych i reprezentatywnych wyników z obszaru MFW BŚIII.

2. Wprowadzenie

Raport stanowi podsumowanie wyników badań warunków hydrologicznych i hydrochemicznych na obszarze Morskiej Farmy Wiatrowej Bałtyk Środkowy III, które zostały wykonane na zlecenie Bałtyk Środkowy III Sp. z o.o. z siedzibą w Warszawie, ul. Krucza 24/26, 00-526 Warszawa.

Wykonane badania warunków hydrologicznych i hydrochemicznych były częścią kompleksowego przed inwestycyjnego programu badań środowiska morskiego przeprowadzonego na potrzeby oceny oddziaływania Morskiej Farmy Wiatrowej Bałtyk Środkowy III na środowisko morskie, obejmujące prace badawcze, analityczne, opracowania oraz usługi doradcze.

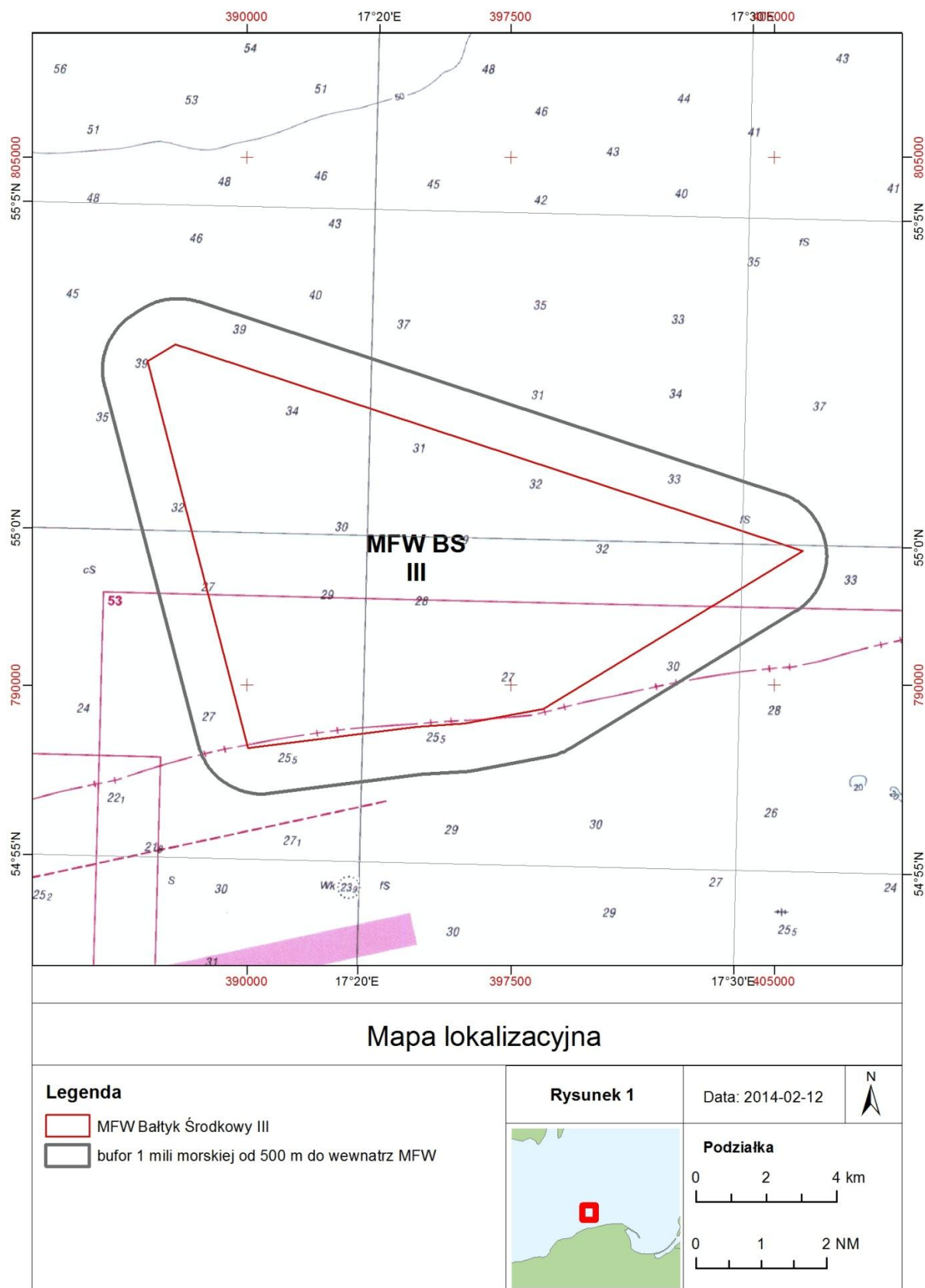
Niniejsze opracowanie stanowi raport końcowy z wynikami przeprowadzonych badań w zakresie warunków hydrologicznych i hydrochemicznych za okres od 30.10.2012 do 19.02.2014. Wyniki badań zostaną wykorzystane do oceny oddziaływania Morskiej Farmy Wiatrowej Bałtyk Środkowy III na środowisko morskie i uwzględnione w raporcie OOS (oceny oddziaływania na środowisko).

3. Obszar badań

Prace badawcze dotyczyły akwenu przeznaczanego pod realizację projektu polegającego na budowie Morskiej Farmy Wiatrowej Bałtyk Środkowy III (MFW BŚ III). Lokalizację obszaru badań względem linii brzegowej przedstawiono na rysunku (Rysunek 1), a współrzędne punktów wyznaczających granice obszaru MFW BŚ III zawiera Tabela 1. MFW BŚ III znajduje się w odległości około 23 km na północ od Łeby.

Z obszaru MFW BŚ III o powierzchni około 117 km^2 na podstawie zapisów w pozwoleniu na wznoszenie i wykorzystywanie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń w polskich obszarach morskich (PSZW) z dnia 30.03.2012 roku dla powierzchni Morska Farma Wiatrowa Bałtyk Środkowy III do celów zabudowy wyłączony został pas o szerokości 500 m od jego granic do wnętrza obszaru. Wyznaczona w ten sposób linia zabudowy jest granicą, od której odmierzano jest na zewnątrz obszar

potencjalnego oddziaływania w postaci buforu o szerokości 1 mili morskiej. Powstały obszar na którym wykonywano badania i pomiary ma całkowitą powierzchnię około 185 km².



Rysunek 1. Mapa obszaru badań dla MFW BS III

Tabela 1. Współrzędne geograficzne proponowanej lokalizacji obszaru przeznaczonego na przygotowanie, realizację i eksploatację MFW BŚ III

Punkt	1992		BL		WGS 84 DD°MM'SS.sss''	
	x	y	x	y	Długość geograficzna	Szerokość geograficzna
A	390030,39	788206,19	17,282619	54,945118	17° 16' 57,430"	54° 56' 42,424"
B	387162,20	799202,58	17,233515	55,043278	17° 14' 00,653"	55° 02' 35,801"
C	387962,15	799687,11	17,245841	55,047813	17° 14' 45,028"	55° 02' 52,125"
D	405814,69	793807,72	17,527181	54,998686	17° 31' 37,853"	54° 59' 55,268"
E	398422,10	789313,15	17,413221	54,956845	17° 24' 47,597"	54° 57' 24,641"
F	396189,68	788894,51	17,378515	54,952623	17° 22' 42,654"	54° 57' 09,443"
G	394816,95	788805,16	17,357116	54,951532	17° 21' 25,617"	54° 57' 05,517"

4. Metodyka

Niniejsze opracowanie stanowi raport dotyczący badania warunków hydrologicznych i hydrochemicznych w okresie od 30 listopada 2013 do 19 lutego 2014 roku w rejonie obszaru MFW BŚ III. Metodyka badań

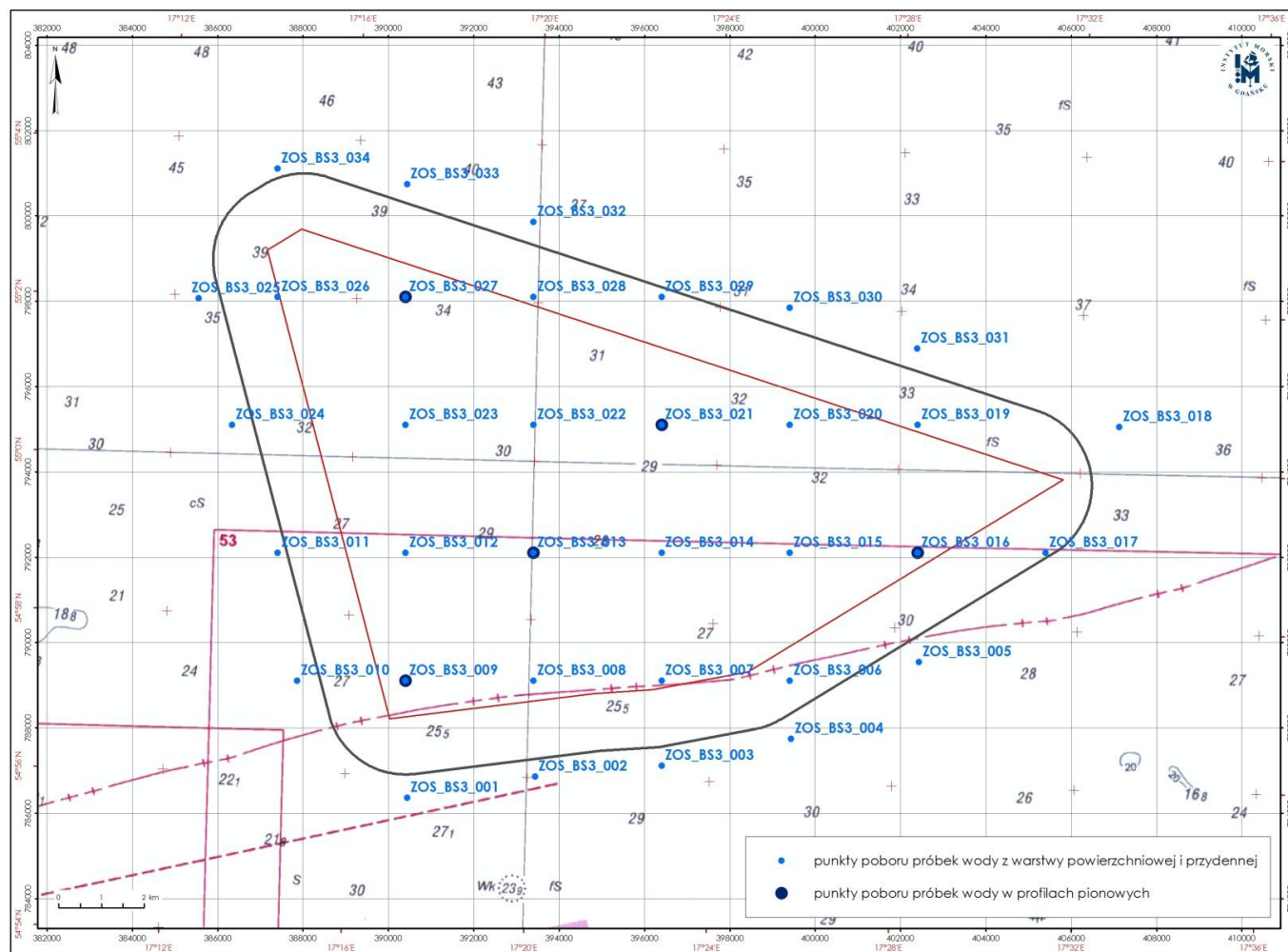
4.1 Jakość wody

Zespół planowania składa się w przypadku poboru i analizy prób wody z Kierownika Projektu Lucjana Gajewskiego, wydelegowanej z Zakładu Ochrony Środowiska Instytutu Morskiego w Gdańsku Grażyny Dembskiej oraz osoby odpowiedzialnej za organizację pracy jednostek pływających – Jacka Koszałki. W zespole planowania podejmowane były decyzje dotyczące wyboru miejsc poboru prób wody, ich zagęszczenie, rodzaje stosowanych metod poboru, stosowane siły i środki (w tym jednostki pływające) oraz terminy wykonywania prac (ze szczególnym uwzględnieniem zapewnienia bezpieczeństwa pracy).

W oparciu o wieloletnie doświadczenie pracowników Instytutu Morskiego w Gdańsku oraz zgodnie z zaleceniami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 15 listopada 2011 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz. U. Nr 258, poz. 1550), zaplanowano pobranie próbek wody morskiej do określenia jej własności fizyczno-chemicznych z reprezentatywnej liczby punktów, z warstwy przypowierzchniowej i przydennej 6-krotnie w ciągu roku. Na polu badawczym oraz w 1-milowej strefie buforowej mierzonej od zewnętrznych granic powierzchni instalacji MFW, zaplanowano pobór prób wody w siatce o gęstości 1 próba powierzchniowa i 1 próba przydenna na 5 km² (Rysunek 2). Wytypowana równomierna siatka poboru prób wody w regularnych odstępach co około 3 km gwarantuje otrzymanie reprezentatywnych wyników dla badanego obszaru. Dodatkowo w pięciu punktach pomiarowych (stacjach badawczych) pobrano próbki wód w standardowych profilach pionowych z głębokości: warstwa powierzchniowa, 2,5 m, 5 m, 10 m, 15 m, a następnie co 10 m, pobrano również próbkę przydenną na głębokości 2 m nad dnem. Takie profile pomiarowe są zgodne z wytycznymi programu HELCOM COMBINE powszechnie stosowanymi podczas monitoringu wód

morskich (Zalewska i in., 2012, Miętus 2011, Kruk-Dowgiałło i in., 2010). Monitoring zaplanowano w postaci następującej procedury:

- 1) Pobór próbek wód zgodnie z wytypowaną siatką poboru próbek wód dla każdej z zaproponowanych lokalizacji (6 razy w ciągu roku, z warstwy przypowierzchniowej i przydennej oraz w wytypowanych profilach pionowych), współrzędne stacji poboru (Tabela 2).
- 2) Utrwalenie próbek oraz przewiezienie do laboratorium w stanie uniemożliwiającym zmianę zawartości analitów – chłodzenie, zamrażanie.
- 3) Wykonanie analiz badanych wskaźników w dostarczonym materiale, zgodnie z metodami referencyjnymi określonymi w załączniku nr 5 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 15 listopada 2011r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz. U. Nr 258, poz. 1550), w zakresie:
 - warunki tlenowe (tlen rozpuszczony, pięciodobowe zapotrzebowanie tlenu (BZT5), ogólny węgiel organiczny (OWO),
 - zakwaszenie (pH) i zasadowość,
 - substancje biogeniczne (azot amonowy, azot azotanowy, azot ogólny, azot mineralny, fosforany, fosfor ogólny),
 - zawiesina.
- 4) Jednorazowe zbadanie na wszystkich stacjach pomiarowych zawartości substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska, takich jak:
 - rtęć, nikiel, ołów, kadm, arsen, chrom ogólny,
 - chrom (VI),
 - fenole,
 - cyjanki,
 - oleje mineralne,
 - wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA),
 - polichlorowane bifenylole (PCB),
 - oraz wykonanie pomiarów:
 - aktywności promieniotwórczych izotopów cezu (^{137}Cs) – metodą spektrometrii gamma lub radiochemiczną,
 - aktywności promieniotwórczych izotopów strontu (^{90}Sr) – metodą radiochemiczną.



Rysunek 2. Mapa z oznaczonymi miejscami poboru próbek wody na obszarze MFW BŚ III. W Tabeli 2 przedstawiono współrzędne punktów poboru próbek wody do analiz fizyko-chemicznych

Tabela 2. Współrzędne geograficzne miejsc poboru próbek wody na obszarze MFW BŚ III

Punkty poboru wody	Głębokość poboru prób	PUW „1992”		WGS 84 DD°MM'SS.ss”	
		x [m]	y [m]	Długość geograficzna	Szerokość geograficzna
ZOS_BS3_001	Powierzchnia i dno	390438,48	786365,98	17°17'22.88"	54°55'43.22"
ZOS_BS3_002	Powierzchnia i dno	393438,48	786856,58	17°20'10.74"	54°56'01.43"
ZOS_BS3_003	Powierzchnia i dno	396405,77	787118,23	17°22'57.10"	54°56'12.14"
ZOS_BS3_004	Powierzchnia i dno	399438,48	787739,66	17°25'46.71"	54°56'34.48"
ZOS_BS3_005	Powierzchnia i dno	402438,48	789538,53	17°28'33.09"	54°57'34.82"
ZOS_BS3_006	Powierzchnia i dno	399405,77	789104,32	17°25'43.15"	54°57'18.60"
ZOS_BS3_007	Powierzchnia i dno	396405,77	789104,32	17°22'54.52"	54°57'16.39"
ZOS_BS3_008	Powierzchnia i dno	393405,77	789104,32	17°20'05.90"	54°57'14.11"
ZOS_BS3_009- profil_pionowy	Powierzchnia, 2,5 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, dno	390405,77	789104,32	17°17'17.28"	54°57'11.77"
ZOS_BS3_010	Powierzchnia i dno	387863,67	789104,32	17°14'54.41"	54°57'09.73"
ZOS_BS3_011	Powierzchnia i dno	387405,77	792104,32	17°14'24.43"	54°58'46.40"
ZOS_BS3_012	Powierzchnia i dno	390405,77	792104,32	17°17'13.15"	54°58'48.81"
ZOS_BS3_013- profil_pionowy	Powierzchnia, 2,5 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, dno	393405,77	792104,32	17°20'01.88"	54°58'51.15"
ZOS_BS3_014	Powierzchnia i dno	396405,77	792104,32	17°22'50.62"	54°58'53.43"
ZOS_BS3_015	Powierzchnia i dno	399405,77	792104,32	17°25'39.36"	54°58'55.65"
ZOS_BS3_016- profil_pionowy	Powierzchnia, 2,5 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, dno	402405,77	792104,32	17°28'28.11"	54°58'57.79"
ZOS_BS3_017	Powierzchnia i dno	405405,77	792104,32	17°31'16.86"	54°58'59.88"
ZOS_BS3_018	Powierzchnia i dno	407136,98	795047,93	17°32'50.81"	55°00'36.28"
ZOS_BS3_019	Powierzchnia i dno	402405,77	795104,32	17°28'24.42"	55°00'34.84"
ZOS_BS3_020	Powierzchnia i dno	399405,77	795104,32	17°25'35.56"	55°00'32.69"
ZOS_BS3_021- profil_pionowy	Powierzchnia, 2,5 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, dno	396405,77	795104,32	17°22'46.71"	55°00'30.47"
ZOS_BS3_022	Powierzchnia i dno	393405,77	795104,32	17°19'57.86"	55°00'28.19"
ZOS_BS3_023	Powierzchnia i dno	390405,77	795104,32	17°17'09.02"	55°00'25.85"
ZOS_BS3_024	Powierzchnia i dno	386335,47	795104,32	17°13'19.95"	55°00'22.56"
ZOS_BS3_025	Powierzchnia i dno	385550,51	798071,61	17°12'31.50"	55°01'57.89"
ZOS_BS3_026	Powierzchnia i dno	387405,77	798104,32	17°14'15.93"	55°02'00.47"
ZOS_BS3_027- profil_pionowy	Powierzchnia, 2,5 m, 5 m, 10 m,	390405,77	798104,32	17°17'04.88"	55°02'02.89"

Punkty poboru wody	Głębokość poboru prób	PUW „1992”		WGS 84 DD°MM'SS.ss”	
		x [m]	y [m]	Długość geograficzna	Szerokość geograficzna
	15 m, 20 m, dno				
ZOS_BS3_028	Powierzchnia i dno	393405,77	798104,32	17°19'53.83"	55°02'05.23"
ZOS_BS3_029	Powierzchnia i dno	396405,77	798104,32	17°22'42.79"	55°02'07.52"
ZOS_BS3_030	Powierzchnia i dno	399405,77	797842,67	17°25'32.09"	55°02'01.27"
ZOS_BS3_031	Powierzchnia i dno	402396,75	796894,17	17°28'21.72"	55°01'32.74"
ZOS_BS3_032	Powierzchnia i dno	393405,77	799861,46	17°19'51.47"	55°03'02.07"
ZOS_BS3_033	Powierzchnia i dno	390438,48	800744,55	17°17'03.07"	55°03'28.31"
ZOS_BS3_034	Powierzchnia i dno	387405,77	801104,32	17°14'11.66"	55°03'37.51"

Zestawienie metod i parametrów badań wykonywanych w laboratorium ZOŚ jest przedstawione w poniższej tabeli (Tabela 3). Metodyka badań fizyczno-chemicznych wód jest zgodna z załącznikiem nr 5 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 15 listopada 2011r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz. U. Nr 258, poz. 1550).

Tabela 3. Zestawienie metod wykonywania analiz laboratoryjnych wraz z ich parametrami

Lp.	Rodzaj badania	Metoda badań
1.	Odczyn (pH)	Metoda potencjometryczna wg procedury badawczej PB-24 wydanie 1 z dnia 25.03.2011 r. oraz normy PN-EN ISO 10523:2012. Dolna granica oznaczalności: 2,00 jedn. pH Aparatura – pehametr przenośny CP-401, rozdzielczość 0,001 jedn. pH
2.	Zasadowość	Metoda miareczkowa, wg normy PN-EN ISO 9963-1:2001+Ap1:2004Z Dolna gr. Oznaczalności: 0,4 mval-dm ⁻³ Aparatura: zestaw do analizy miareczkowej
3.	Zawiesina	Metoda wagowa wg normy PN-EN 872:2007+Ap1:2007, Dolna granica oznaczalności: 0,5 mg dm ⁻³ Aparatura: waga analityczna XA60/220 firmy RADWAG – rozdzielczość 0,00001 g
Substancje biogeniczne		
1.	Azot amonowy (N-NH ₄)	Metoda spektrofotometryczna, procedura badawcza w oparciu o normę PN ISO 7150-1Dolna granica oznaczalności 0,2 μmol·dm ⁻³ (0,0028mg·dm ⁻³) Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
2.	Azot azotynowy (N-NO ₂)	Metoda spektrofotometryczna, procedura badawcza PB-05 wydanie 2 z dnia 10.05.07 r. oraz PB-29 Dolna granica oznaczalności: 0,2 μmol·dm ⁻³ (0,0028mg·dm ⁻³) Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK

Lp.	Rodzaj badania	Metoda badań
3.	Azot azotanowy (N-NO ₃)	Metoda spektrofotometryczna, procedura badawcza PB-04 wydanie 2 z dnia 10.05.07 r. oraz PB-28 Dolna granica oznaczalności: 0,2 μmol·dm ⁻³ (0,0028mg·dm ⁻³) Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
4.	Azot ogólny (N-og)	Metoda spektrofotometryczna po utlenianiu organicznych zw. azotu za pomocą nadsiarczanu potasu w środowisku alkalicznym (Grasshoff i in., 1983). Procedura badawcza PB-27. Dolna granica oznaczalności: 5,0 μmol·dm ⁻³ (0,070mg·dm ⁻³) Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
5.	N mineralny (N-NH ₄ ⁺ + N-NO ₂ ⁺ + N-NO ₃)	Metoda obliczeniowa Dolna granica oznaczalności: 0,2 μmol·dm ⁻³ (0,0028mg·dm ⁻³) Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
6.	Fosforany (P-PO ₄ ⁻³)	Metoda spektrofotometryczna, procedura badawcza w oparciu o normę PN-EN ISO 6878 Dolna granica oznaczalności: 0,132 μmol·dm ⁻³ (0,004mg·dm ⁻³) Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
7.	Fosfor ogólny (P-og)	Metoda spektrofotometryczna po utlenianiu organicznych zw. fosforu za pomocą nadsiarczanu potasu w środowisku kwaśnym (Falkowska i in., 1999): Dolna granica oznaczalności: 0,01 mg·dm ⁻³ 0,3 μmol·dm ⁻³ . Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
Warunki tlenowe		
1.	Tlen rozpuszczony	Metoda miareczkowa, wg normy PN-EN 25813, Dolna granica oznaczalności: 0,5 mg·dm ⁻³ Aparatura: zestaw do analizy miareczkowej
2.	Pięciodobowe zapotrzebowanie tlenu (BZT5)	Metoda miareczkowa, wg normy PN-EN 1899, Dolna granica oznaczalności: 0,5 mg·dm ⁻³ Aparatura: zestaw do analizy miareczkowej
3.	Ogólny węgiel organiczny (OWO)	Metoda spektrometrii w podczerwieni wg normy PN-EN 1484 Dolna granica oznaczalności: 2,0 mg·dm ⁻³ Aparatura: Analizator TNM-1 firmy Shimadzu
Metale		
1.	Nikiel (Ni), ołów (Pb), Kadm (Cd), Chrom (Cr-og)	Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES)- wg. normy PN-EN ISO 11885:2009 Dolna granica oznaczalności: Ni: 0,005mg·dm ⁻³ Pb: 0,005mg·dm ⁻³ Cd: 0,0001mg·dm ⁻³ Cr: 0,005mg·dm ⁻³ Aparatura – Spektrometr OPTIMA 2000DV firmy PERKIN-ELMER

Lp.	Rodzaj badania	Metoda badań
2.	Chrom (VI)	Metoda spektrofotometryczna wg. normy PN-EN ISO 18412:2007 Dolna granica oznaczalności: 0,005mg·dm ⁻³ Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
3.	Arsen (As)	Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej z generacją wodorków (HG AAS) wg normy PN-EN ISO 11969 Dolna granica oznaczalności: 0,0005 mg·dm ⁻³ Aparatura: Spektrometr SpektrAA 250PLUS firmy VARIAN
4.	Rtęć (Hg)	Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej z amalgamacją par rtęci wg procedury PB-21 wydanie 2 z dnia 14.06.2010 r. Dolna granica oznaczalności: 0,02 µg·dm ⁻³ Aparatura: Analizator rtęci MA-2 firmy Nipon Instruments Corporation (NIC)
Substancje szczególnie szkodliwe		
1.	Fenole	Metoda spektrofotometryczna, procedura badawcza w oparciu o normę PN ISO 6439 Dolna granica oznaczalności: 0,002mg·dm ⁻³ Aparatura – Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
2.	Cyjanki wolne i związane	Metoda spektrofotometryczna, procedura badawcza w oparciu o normę PN-80 C-04603.01 Dolna granica oznaczalności: 0,005 mg·dm ⁻³ Aparatura: Spektrofotometr NOVA 60 firmy MERCK
3.	Cez 137 (137 Cs)	Metoda spektrometrii gamma. W skład zestawu pomiarowego wchodzi detektor półprzewodnikowy HPGe o wydajności 18% i zdolności rozdzielczej 1.9 keV przy energii 1332 keV wraz z analizatorem Dolna granica oznaczalności: 2,3 Bq m ⁻³
4.	Stront 90 (90 Sr)	Metoda radiochemiczna polegającą na uzyskaniu czystego radiochemicznie preparatu 90Y, którego stężenie jest równe stężeniu 90Sr po ustaleniu równowagi promieniotwórczej. Pomiar aktywności 90Y wykonywany jest przy użyciu niskotłowego licznika przepływowego FHT 770T (ESM Eberline). Do standaryzacji pomiaru wykorzystany został roztwór wzorcowy 90Sr – BW/Z-63/22/11 – POLATOM o aktywności 90Sr 0,60 ± 0,01Bq/g, na dzień: 01.06.2011. Dolna granica oznaczalności: 7 mBq m ⁻³
5.	Indeks oleju mineralnego	Metoda chromatografii gazowej (GC-FID) wg Normy PN-EN ISO 9377-2 Dolna granica oznaczalności 0,01mg·dm ⁻³ Aparatura: Chromatograf gazowy 6890N firmy Agilent Technologies
6.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)	Metoda chromatografii gazowej (GC-MS) wg procedury badawczej PB-02 wydanie 2 z dnia 10.05.2007 r. Dolna granica oznaczalności dla poszczególnych analitów: 0,001µg·dm ⁻³

Lp.	Rodzaj badania	Metoda badań
		Aparatura: Chromatograf gazowy HP 6890 z detektorem masowym MS 5973 firmy Hewlett Packard
7.	Polichlorowane bifenyle (PCB)	Metoda chromatografii gazowej (GC-MS) wg procedury badawczej PB-02 wydanie 2 z dnia 10.05.2007 r. Dolna granica oznaczalności: 0,001 µg·dm ⁻³ Aparat: Chromatograf gazowy HP 6890 z detektorem masowym MS 5973 firmy Hewlett Packard

Dla wykonania zaplanowanych pomiarów na morzu wykorzystano dwa statki pomiarowe: IMOR (Fotografia 1) oraz Safira (Fotografia 2).



Fotografia 1. Statek badawczy Instytutu Morskiego w Gdańsku R/V „IMOR”

Specyfikacja techniczna statku IMOR:

Znaki rozpoznawcze:	Sygnal wywoławczy:	SNKB
	Radiowy sygnal rozpoznawczy:	MMSI – 2613 79 000
	Międzynarodowy numer IMO:	IMO 9212565
Parametry techniczne:	Długość:	32,50 m
	Szerokość:	10,50 m
	Zanurzenie:	2,41 m
	Wyporność:	327 t

Maksymalna prędkość statku: 9 węzłów.

Limity pogodowe i zasięgu pływalności określone przez klasę statku to: 200 MM od miejsca schronienia oraz obszar A1 + A2 GMDSS dla wiatru do 8^o B i stanu morza 5^o B.



Fotografia 2. Statek badawczy „Safira”

Specyfikacja techniczna statku Safira:

Znaki rozpoznawcze:	Sygnal wywoławczy:	SPRL
	Radiowy sygnał rozpoznawczy:	MMSI – 261001970
Parametry techniczne:	Długość:	32,57 m
	Szerokość:	6,74 m
	Zanurzenie:	2,86 m
	Wyporność:	165 t

Maksymalne warunki pogodowe umożliwiające pobory prób wody: wiatr 10 m/s, falowanie do 1 m.

Do pierwszego rejsu poborowego wykorzystano statek pomiarowy IMOR, gdyż ilość pobranych prób wody czterokrotnie przewyższała standardową ilość prób. Pobrane zostały wówczas na wszystkich stacjach próby wody do badania na zawartość metali ciężkich i substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska (badanie wykonywane raz w roku). Potrzebny był statek zapewniający odpowiednią przestrzeń do przetransportowania pobranych próbek w wymaganych warunkach. Do pozostałych rejsów wykorzystywano statek Safira, gdyż jest on wystarczający dla zapewnienia odpowiednich warunków transportu standardowej ilości pobranych prób.

System pomiaru przechyłów, kursu i przyspieszeń stosowany na statku IMOR

POS MV™ WaveMaster zapewnia wyznaczanie pozycji nawet w bardzo niesprzyjających warunkach pogodowych. Dzięki wysokiej częstotliwości pomiaru system pozwala na pełne określenie pozycji i orientacji jednostki pomiarowej w zakresie następujących parametrów:

- pozycja (długość i szerokość geograficzna oraz wysokość),
- prędkość (pozioma i pionowa),
- przechyły (wzdłużny i poprzeczny) oraz kurs rzeczywisty,

- unoszenie na fali,
- wektory przyspieszeń,
- wektory momentów obrotowych.

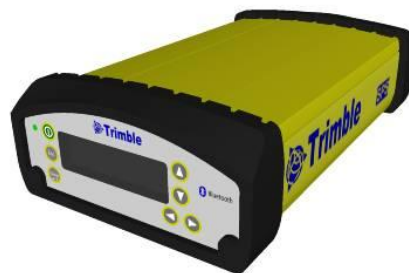
System POS MV™ WaveMaster dostarcza skonsolidowanego rozwiązania dla statków pomiarowych, szczególnie w miejscach, gdzie sygnał GPS jest słabej jakości. Sygnał GPS z jednego lub więcej odbiornika GPS jest wykorzystywany do obliczeń pozycji i ruchu jednostki pływającej (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**)



Fotografia 3. System pozycjonowania inercyjnego z czujnikiem ruchu statku Applanix POS-MV

System do ustalania położenia nad wodą stosowany na statku IMOR

Do pozycjonowania czujników pomiarowych w strefie dostępności poprawki RTCM RTK stosowano system pozycjonowania satelitarne RTK GPS – Trimble SPS 851 (Fotografia 4) korzystający z korekty pozycji przesyłanej z systemów EUPOS/SAPOS za pomocą połączenia internetowego. System pozycyjny był powiązany z czujnikami pomiarowymi poprzez oprogramowanie zintegrowanego systemu nawigacyjnego QINSy. System wykorzystywany był również w procesie kalibracji systemów pomiarowych (przede wszystkim kompasu).



Fotografia 4. Odbiornik i antena systemu satelitarnego Trimble SPS 851

System nawigacyjny na statku Safira

Na system nawigacyjny na statku Safira składało się oprogramowanie nawigacyjne QINSy 8.0., zbierające i gromadzące dane o pozycji, dane z czujników ruchu (DMS), kierunku (żyro) oraz dane z systemu pozycjonowania podwodnego USBL. Obliczone pozycje statku przekazywane były w czasie rzeczywistym na ekran sternika oraz do systemu pozycjonowania dynamicznego (DP) pozwalającego na utrzymanie pozycji statku na zadanym punkcie lub w ruchu wzdłuż profilu pomiarowego. Odbiornik DGPS CSI R110 pracował w trybie DGPS korzystając z poprawek WAAS dostarczonych przez satelitę (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**).



Fotografia 5. Odbiornik CSI Hemisphere R110 systemu pozycjonowania satelitarnego.

Oprogramowanie hydrograficzne QINSy 8.0

QINSy v 8.0 jest zintegrowanym systemem hydrograficznym gromadzącym i zapisującym dane z echosondy wielowiązkowej w czasie rzeczywistym. Oprócz danych o głębokości system QINSy 8.0 gromadzi informacje z systemu nawigacji inercyjnej, informacji o kierunku oraz pozycji z odbiorników nawigacji satelitarnej RTK DGPS. Wszystkie te informacje gromadzone w czasie rzeczywistym zapisywano w systemie na nośnikach pamięci masowej. System QINSy pozwala na cyfrowy pomiar i rejestrację wszystkich parametrów systemu, a także wizualizację pozycji umożliwiającą żeglugę po zadanym profilu pomiarowym. Dane o pomiarach rozkładu prędkości dźwięku w wodzie dla punktów ulokowanych w obrębie pola pomiarowego, a wykonanych z użyciem sondy SVP 15 wprowadzono do systemu QINSy w trakcie pomiarów, a także gromadzono dla potrzeb późniejszego przetwarzania.

Rozeta

Do poboru prób wody wykorzystano samo wyzwalającą się rozetę batometrów produkcji Falmouth Scientific Inc.(Fotografia 6). Rozeta wyposażona jest w 12 batometrów, po 5 litrów każdy. Podczas konieczności poboru prób wody o większej objętości niż 5 l wykonuje się pobory za pomocą wielu batometrów na jednym punkcie/poziomie.



Fotografia 6. Rozeta do poboru prób wody

Sonda oceanograficzna CTD

Sonda oceanograficzna Citadel CTD-NV (Fotografia 7) zapewnia naukowej dokładności pomiary przewodności, temperatury i głębokości w zunifikowanym pakiecie. System ten wykorzystuje opatentowany czujnik przewodności Non-eXternal Inductive Cell (NXIC) i reprezentuje nową generację niezwykle trwałych precyzyjnych instrumentów pomiarowych.

Specyfikacja techniczna:

Czujniki

Parametr	Przewodność	Temperatura	Ciśnienie
Czujnik	Komórka indukcyjna	Termistor	Membrana
Zakres	0-7.0 S/m (0-70 mS/cm)	-5 to 35°C	
Dokładność	± 0.0009 S/m (± 0.009 mS/cm)	$\pm 0.005^\circ\text{C}^*$	0.05% zakresu
Stabilność	± 0.01 mS/cm/miesiąc	0.0005° C/miesiąc	$\pm 0.004\%$
Rozkład	0.00001 S/m (0.0001 mS/cm)	0.001°C	0.001% zakresu

Instrument

Zasilanie:	od 8 do 35 VDC @ 40 mA
Fizyczne:	500m Delrin obudowa standardowa
Częstotliwość próbkowania:	programowalna od 1 do 15 Hz



Fotografia 7. Sonda oceanograficzna CTD

Sonda oceanograficzna CTD jest elementem dołączonym do rozety wykorzystywanej do poboru prób wody. Sonda aktywuje się na odpowiednio zadanych głębokościach w celu systematycznego wykonywania pomiarów.

System magazynowania próbek

Magazynowanie pobranych próbek wody odbywało się w kontenerach chłodniczych, utrzymujących stałą temperaturę próbek oraz w zamrażarkach do prób dla próbek wymagających przechowywania w temperaturach ujemnych.

4.2 Parametry dynamiczne i hydrofizyczne wody

W obszarze projektowanej farmy wiatrowej MFW BŚ III zainstalowano stacjonarne przyrządy pomiarowe, takie jak: prądomierze profilujące (profilomierze) wraz z czujnikami zmętnienia i przewodności elektrycznej wody, umieszczone na dnie, automatyczną stacją meteo, umieszczoną na zakotwiczonej pławie, z czujnikami rejestrującymi (z krokiem czasowym 15 minut) parametry atmosfery na wysokości około 5 m na powierzchnię morza, a także, girlandę czujników przewodności elektrycznej, temperatury i ciśnienia (CTD) zawieszonych w toni (na głębokościach 4, 8 i 16 m pod powierzchnią wody). Ponadto w sprzyjających warunkach pogodowych na morzu wykonywano dodatkowe pomiary kalibracyjne wybranych wielkości.

Celem wykonanych badań była analiza warunków hydrologicznych morza (prądów, falowania powierzchniowego, temperatury i zasolenia) jak i warunków meteorologicznych służących uzyskaniu informacji środowiskowych niezbędnych do wykonania raportu oddziaływania projektowanej farmy wiatrowej Bałtyk Środkowy III na otaczające obszary morza. Otrzymana z pomiarów charakterystyka warunków środowiskowych istniejących w badanym obszarze morza pozwala na dokonanie takiej oceny uwzględniającej zarówno standardowe jak i ekstremalne warunki na morzu. Powyższe badania wykonywano w okresie od października 2012 do połowy lutego 2014.

Za prowadzenie badań związanych z pomiarami prądów morskich, falowania powierzchniowego oraz parametrów pogodowych nad powierzchnią morza odpowiadał zespół planowania, składający się z następujących osób: Kierownika Projektu Lucjana Gajewskiego, wydelegowanego z Zakładu Oceanografii Operacyjnej Instytutu Morskiego w Gdańsku, dr Macieja Kałasa, Głównego Inżyniera Jarosława Nowaka oraz osoby odpowiedzialnej za organizację pracy jednostek pływających – Jacka Koszałki.

W zespole planowania podejmowano na bieżąco decyzje dotyczące wyboru miejsc ustawienia urządzeń pomiarowych, zastosowania odpowiednich sił i środków (w tym wyboru jednostki pływającej służącej do wystawienia na morzu zestawów pomiarowych, ich serwisowania oraz odczytu zarejestrowanych danych) oraz terminów wykonywania innych koniecznych prac (ze szczególnym uwzględnieniem aktualnych warunków pogodowych na morzu pozwalających na bezpieczne i efektywne wykonanie zaplanowanych czynności).

Zespół pomiarowy stanowiły każdorazowo:

- 1) załoga jednostki pływającej,
- 2) specjaliści Zakładu Oceanografii Operacyjnej – pomiarowcy, obsługujący systemy pozycjonowania oraz sondy parametrów oceanograficznych.

W ramach prac zespołu pomiarowego wykonane były następujące działania:

- 1) prace związane z dotarciem do miejsc ustawienia urządzeń pomiarowych i pozycjonowania jednostki w miejscu ustawienia,
- 2) prace związane z ustawieniem urządzeń pomiarowych,
- 3) okresowe serwisowanie, czyszczenie urządzeń,
- 4) odczyt wyników z urządzeń pomiarowych.

W skład zespołu kontroli jakości wchodził:

- 1) odpowiadający za kontrolę jakości w całym projekcie Juliusz Gajewski z ZOO,
- 2) Jacek Koszałka z Zakładu Oceanografii Operacyjnej.

Zadania dotyczące kontroli jakości zostały podzielone w ten sposób, że prace terenowe podlegały kontroli jakości zgodnie z dokumentem „Recommendations for in-situ data Real Time Quality Control” (EuroGOOS, 2012), który określa najnowsze rekomendacje dotyczące procedur kontroli jakości związane z badaniami morza w zakresie oceanografii operacyjnej, zaś pozostałe elementy prac podlegały rutynowej kontroli jakości.

Kontrola jakości obejmowała:

- 1) przeprowadzenie procedur kontroli jakości zgodnie z dokumentem „Recommendations for in-situ data Real Time Quality Control” (EuroGOOS, 2012),
- 2) sprawdzenie jakości analiz i opracowanie wynikających z nich wniosków.

W skład zespołu analizy i interpretacji wyników pomiarów i badań wchodził:

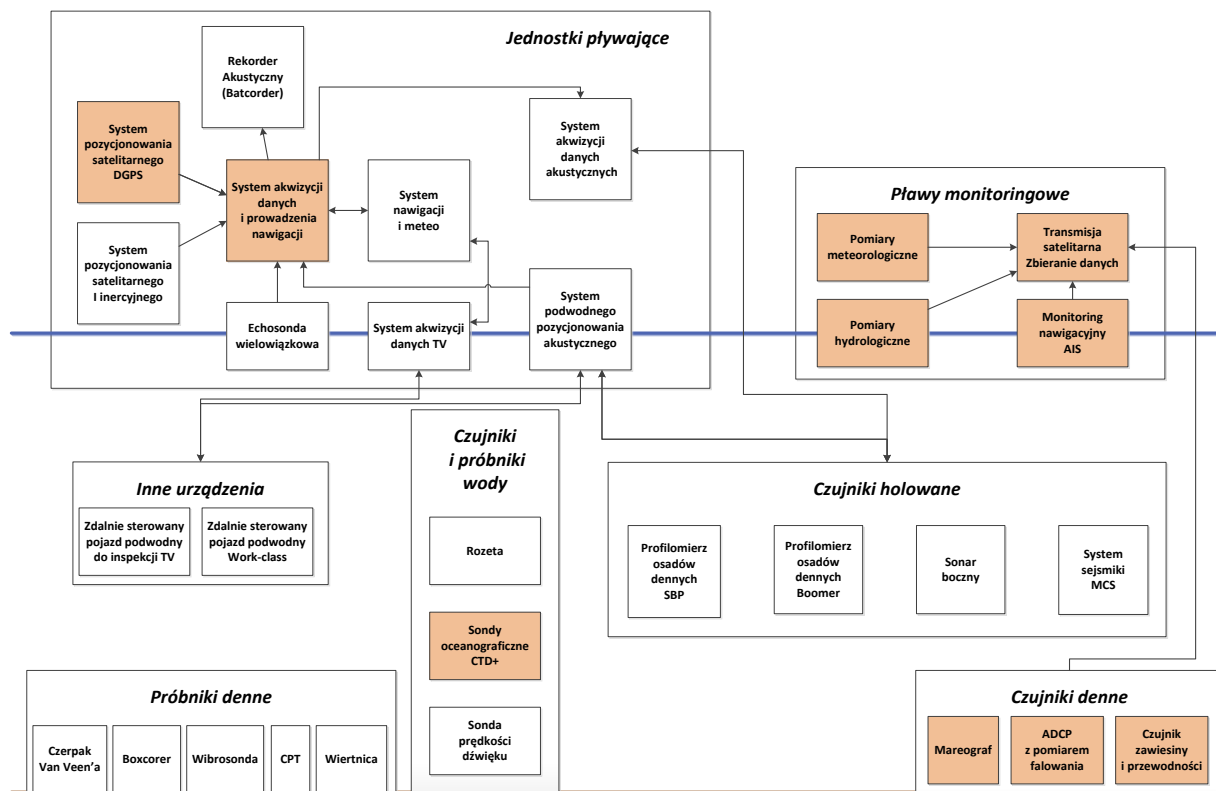
- 1) Maciej Kałas,
- 2) Jarosław Kapiński,

3) Izabela Chałacińska,

4) Agnieszka Zasońska.

Na tym etapie badań analizę i interpretację otrzymanych wyników pomiarowych ograniczono do sprawdzenia zgodności przebadanych parametrów z normami, oznaczenia wartości ekstremalnych oraz wynikających z tej interpretacji wniosków.

Poniższy rysunek (Rysunek 3) pokazuje zakres środków technicznych, które użyte zostały przez zespół pomiarowy.



Rysunek 3. Zakres środków technicznych używanych podczas realizacji tej części zadania (Kolorem wyróżniono użyte środki techniczne)

W ramach wykonywanych prac pomiarowych wykorzystywane były dwa statki pomiarowe: IMOR (Fotografia 1) i Kwazar (Fotografia 8).



Fotografia 8. Statek badawczy „Kwazar”

Specyfikacja techniczna statku Kwazar:

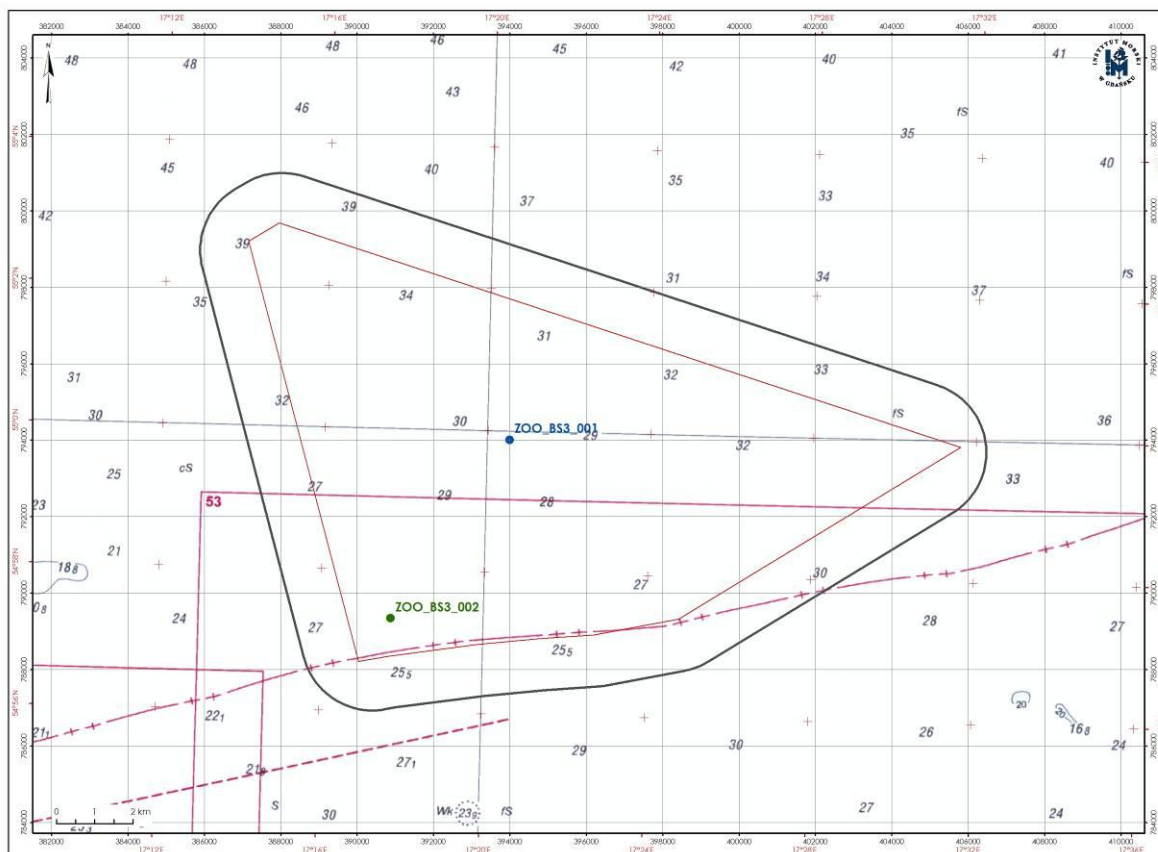
Znaki rozpoznawcze:	Sygnal wywoławczy:	SPG 2240
	Radiowy sygnał rozpoznawczy:	MMSI – 261002230
	Międzynarodowy numer IMO:	POL-3708
Parametry techniczne:	Długość:	20,86 m
	Szerokość:	5,70 m
	Zanurzenie:	2,0 m
	Wyporność:	65 t

Maksymalna prędkość statku: 11 węzłów.

Limity pogodowe i zasięgu pływalności określone przez klasę statku to 200 NM od miejsca schronienia oraz obszar A1 + A2 GMDSS dla wiatru do 10^o B i stanu morza 8^o B.

Statek badawczy „IMOR” był wykorzystany do zadań związanych z umieszczaniem prądomierzy na dnie morza. Statek „Kwazar” wykorzystano natomiast do odczytywania danych z urządzeń pomiarowych oraz do ich serwisowania.

Współrzędne wybranych punktów dla lokalizacji zestawów pomiarowych przedstawiono w tabeli (Tabela 4) oraz pokazano na rysunku poniżej (Rysunek 4).



Rysunek 4. Mapa z zaznaczonymi miejscami, gdzie znajdowały się zestawy pomiarowe na obszarze MFW BŚ III

Tabela 4. Współrzędne geograficzne miejsc, gdzie znajdowały się zestawy pomiarowe na obszarze MFW BŚ III

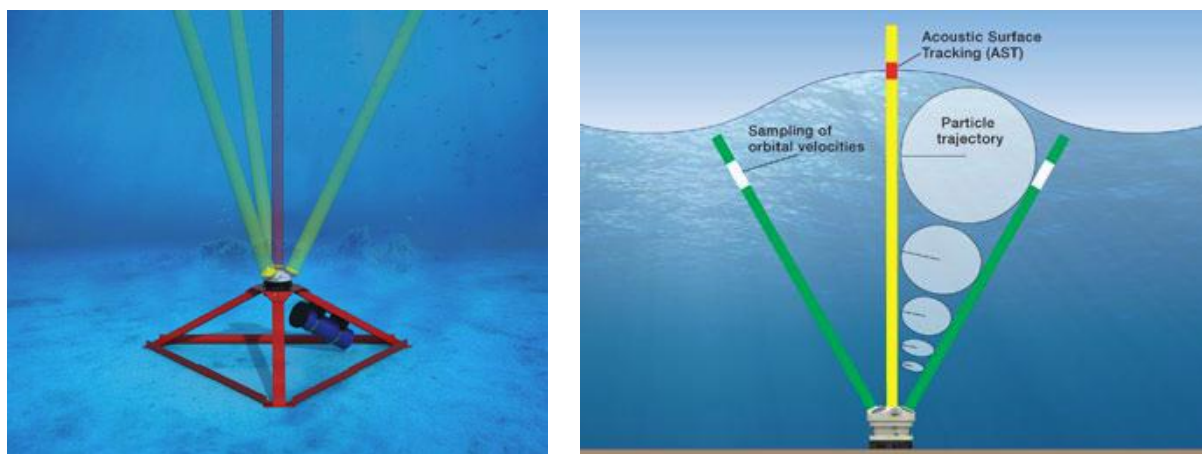
Zestaw pomiarowy	1992		WGS 84 DDoMM'SS.ss''	
	Długość geograficzna	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Szerokość geograficzna
ZOO_BS3_001	393998,57	794001,18	17°20'32.70"	54°59'52.97"
ZOO_BS3_002	390883,37	789331,81	17°17'43.82"	54°57'19.50"

Instrument pomiarowy AWAC firmy Nortek

Do pomiaru falowania powierzchniowego oraz warunków hydrodynamicznych panujących w toni wodnej wykorzystywany był instrument pomiarowy typu dopplerowskiego: AWAC norweskiej firmy Nortek (Fotografia 9, Rysunek 5).



Fotografia 9. Instrument pomiarowy AWAC



Rysunek 5. Schematyczne przedstawienie pracy instrumentów pomiarowych typu ADCP

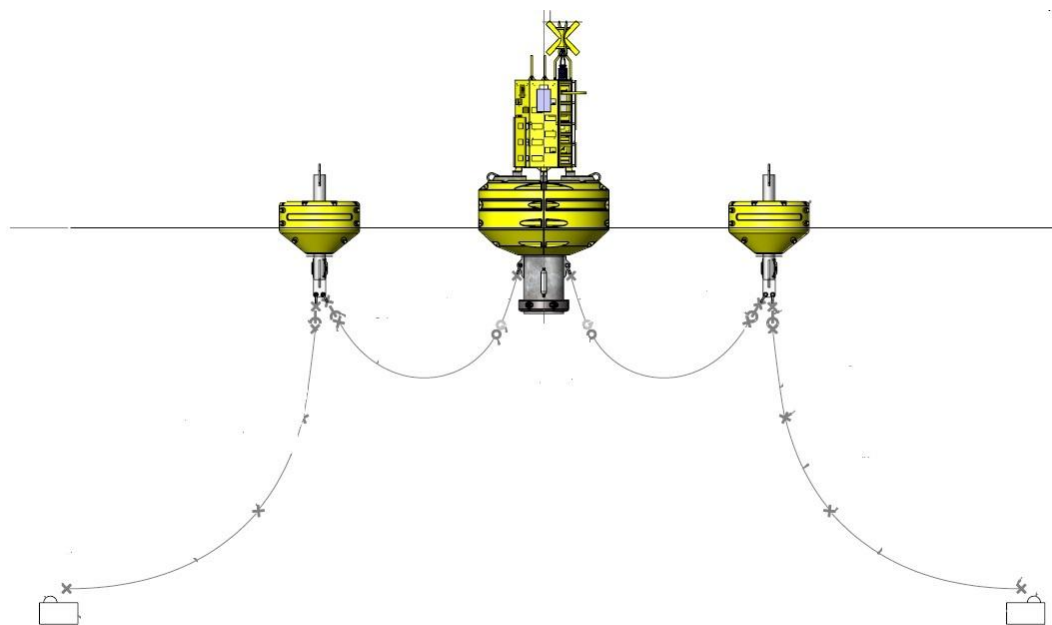
Przykładowe parametry konfiguracyjne profilomierza AWAC przedstawione są w poniższej tabeli (Tabela 5).

Tabela 5. Przykładowe parametry konfiguracyjne profilomierza AWAC

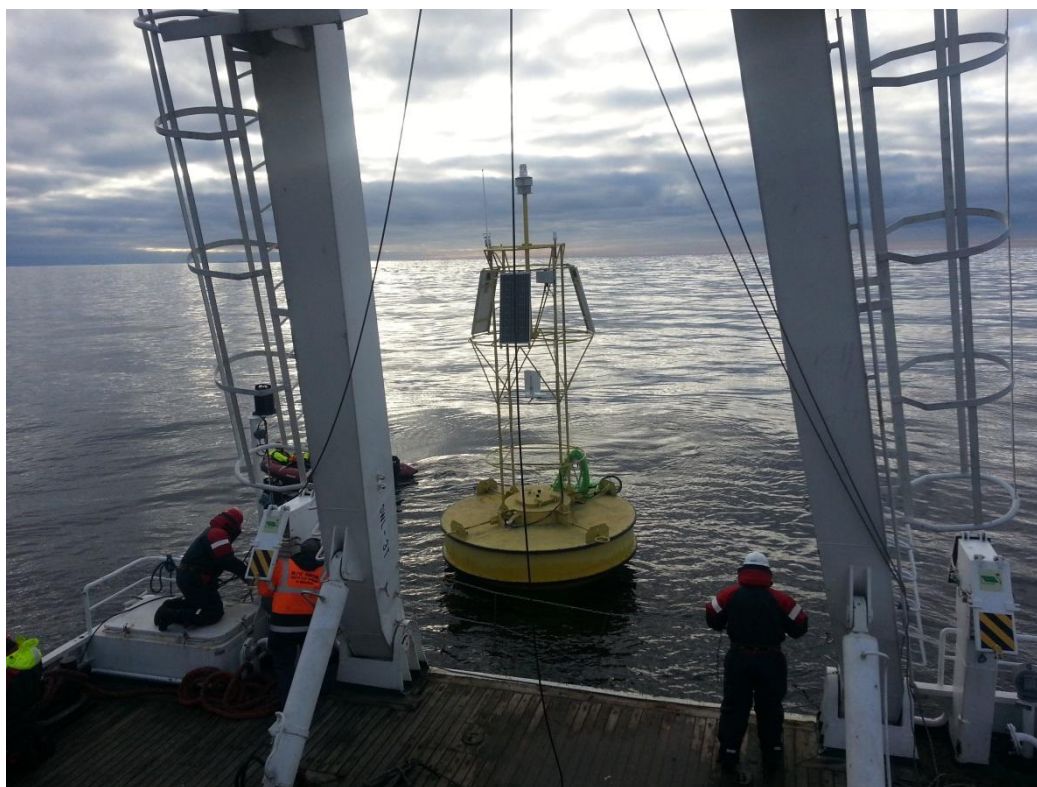
User Settings	
Profile interval	3600 sec
#Cells	35
Cell size	100 cm
Average interval	120 sec
Measurement load	50 %
Transmit pulse length	1.10 m
Blanking distance	0.50 m
Compass update rate	1800 sec
Wave measurements	ENABLED
Wave - Interval	3600 sec
Wave - #Samples	1024
Wave - Sampling rate	1 Hz
Wave - AST SUV mode	DISABLED
Power output	ENABLED
Analog input 1	STANDARD
Analog input 2	STANDARD
Powerlevel	HIGH
Coordinate system	ENU
Sound speed	MEASURED
Salinity	7.0 ppt
Distance between pings	93.72 m
#Beams	3
#Pings per burst	2
Software version	1.45
Deployment name	BS31L
Wrap mode	OFF
Deployment time	2013-08-29 18:50:00
Comments	BS31_L
Start command	Recorder deployment
CRC download	ON

Pława pomiarowa

W centralnym miejscu pola MFW BŚ III zakotwiczono pławę pomiarową (Rysunek 6, Fotografia 10), na której zamocowano automatyczną stację meteorologiczną rejestrującą prędkość i kierunek wiatru oraz temperaturę, ciśnienie i wilgotność powietrza oraz natężenie promieniowania słonecznego.



Rysunek 6. Schematyczne przedstawienie pławy pomiarowej „BUOY-1002” z zestawem dwóch boi cumowniczych

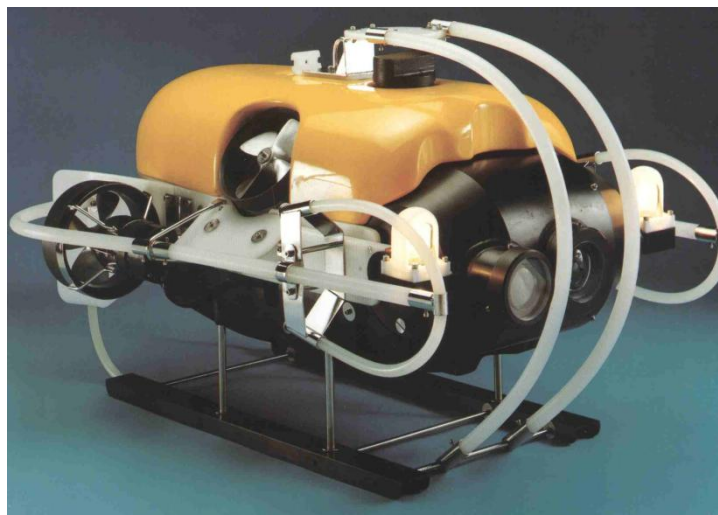


Fotografia 10. Widok ogólny pławy pomiarowej „BUOY-1002” w momencie wystawiana na pozycji na morzu w dniu 07.01.2013

Do centralnego systemu elektronicznego pławy za pomocą kabla były przyłączone (oprócz stacji meteorologicznej): prądomierz profilujący AWAC, znajdujący się na dnie morskim, służący do pomiarów falowania i przepływów wody oraz girlanda z trzema sondami umocowanymi na różnych głębokościach (4 m, 8 m oraz 16 m p.p.m.) przeznaczonymi do pomiaru przewodności elektrycznej, temperatury i ciśnienia. Pława pomiarowa na polu MFW BŚ III wyposażona była w nadajnik Iridium, który drogą satelitarną na bieżąco (w odstępach czasu 1 godz.) przysyłał wybrane parametry do serwera Instytutu Morskiego w Gdańsku. Dane te pozwalały na stały monitoring umożliwiający bezpośrednią ocenę poprawności działania aparatury pomiarowej. Pława wyposażona była również w rejestrator komunikatów AIS.

Zdalnie sterowany pojazd podwodny (ROV - Remotely Operated Vehicle) SEAEYE 600 DT Seaeeye Marine

System SeaEye 600DT (Fotografia 11) jest przystosowany do działania na głębokości do 300 metrów. 600DT jest najnowszą wersją pierwotnego systemu SeaEye 600 wprowadzonego do pracy w połowie 1980 roku. Oryginalny kształt hydrodynamiczny pojazdu pozostał niezmienny, ale nowoczesna elektronika cyfrowa, technika sterowania i najnowsze stery SeaEye SM4 pozwoliły na znaczące zwiększenie mocy i wydajności tego pojazdu obserwacyjnego ROV. Prędkość jazdy z SeaEye 600DT osiąga trzy węzły.



Fotografia 11. Zdalnie sterowany pojazd podwodny ROV SEAEYE 600 DT.\

Parametry:

lampy halogenowe	2×150 W
silniki	4
zakres głębokości pomiaru	200 m
maksymalna prędkość	3 węzły
dwie kamery TV – kolorowa i czarno-biała	
ręczne sterowanie ze statku	

W zakresie badań i pomiarów związanych z pracami przedstawionymi w niniejszym raporcie pojazd wykorzystano do oceny stanu dna i wyboru najkorzystniejszego miejsca dla posadowienia prądomierzy. ROV był wykorzystany również w określeniu ich lokalizacji oraz w przypadku trudności związanych z wydobyciem prądomierza na powierzchnię morza.

4.3 Prądy morskie i falowanie

Na polu MFW BŚ III znajdowały się dwa zestawy pomiarowe wykonujące ciągłe rejestracje falowania powierzchniowego oraz przepływów wody w całym przekroju toni: oprócz profilomierza akustycznego (prądomierza) postawionego na dnie w centralnej części pola BŚ III (w punkcie ZOO_BS3_001, Rysunek 4), umieszczono drugi przyrząd (w najpłytszym miejscu na polu BS3, w punkcie ZOO_BS3_002, Rysunek 4) pracujący autonomicznie i który wykonywał jedynie pomiary parametrów dynamicznych w toni oraz na powierzchni morza.

Początkowo (październik 2012) na obszarze pola MFW BŚ III zainstalowane były jedynie dwa wymienione zestawy pomiarowe. Gdy w styczniu 2013 w punkcie 001 postawiono pławę pomiarową z zainstalowaną stacją pogodową oraz girlandą trzech czujników CTD, podłączono do niej również pracujący na dnie profilomierz AWAC.

Prądomierze AWAC (Fotografia 9) po uprzednim zaprogramowaniu zostawały opuszczane na dno morza, gdzie pracowały autonomicznie przez okres kilku tygodni aż do momentu ich wydobywania na

pokład statku. W tym czasie kontrola ich pracy, jak też i sterowanie nie było możliwe (możliwe było jedynie monitorowanie parametrów i części wyników pochodzących z bieżących rejestracji, które przesyłane były łączem satelitarnym do serwera w siedzibie Instytutu, jednakże z powodu pojawiających się przerw w transmisji nie zawsze były one dostępne).

Każdy przyrząd postawiony na dnie posiadał kilka standardowych czujników pomiarowych: 4 czujniki akustyczne do pomiaru prądów morskich i falowania, czujnik ciśnieniowy do pomiaru zmian średniego poziomu morza, czujnik temperatury oraz dodatkowe dwa czujniki rejestrujące przewodność elektryczną i zmętnienie wody (tylko dla prądomierza połączonego z pławą). Dane dotyczące chwilowego wychylenia sfalowanej powierzchni morza były zapisywane co godzinę, podobnie pomiary jak i wyniki pomiaru prędkości przepływu wody.

Uśrednianie zarejestrowanych trzech składowych przepływu wody odbywało się w okresach dwuminutowych osobno dla każdej warstwy wody o miąższości 1 m. Maksymalna głębokość wody określona przez producenta dla pomiaru ruchu falowego wyniosła 60 m, a dla pomiaru prądów morskich 50 m. Ponadto producent zastrzegł, że wiarygodne wyniki można uzyskać jedynie, gdy kąt osi instrumentu osadzonego na dnie względem pionu nie przekracza 30 stopni w przypadku pomiaru prądów i 10 stopni w przypadku pomiarów wychyleń swobodnej powierzchni wody. Producent sugerował jednakże, żeby nachylenie instrumentu nie przekraczało w obydwu przypadkach 5 stopni. Wszystkie analizowane wyniki rejestracji spełniały powyższe warunki.

Dane dotyczące prędkości przepływu wody w toni oraz falowania na powierzchni morza zapisywane były w pamięci wewnętrznej instrumentu pomiarowego AWAC z krokiem czasowym równym jednej godzinie. Po wydobyciu instrumentu z morza na pokład statku zarejestrowana informacja kopiowana była na zewnętrzny nośnik danych, a następnie dostarczana zespołowi zajmującemu się analizą danych hydrometeorologicznych. Z wykorzystaniem licencjonowanego oprogramowania STORM firmy Nortek zapisane dane były wizualizowane na ekranie komputera, a następnie eksportowane do zbiorów tekstowych. W trakcie tych czynności podlegały one szczegółowej kontroli jakości oraz dalszemu przetwarzaniu (analizie statystycznej i stochastycznej).

W przypadku danych dotyczących prędkości prądów, były one uśredniane dla warstw o grubości 4 m licząc od powierzchni morza do jego dna. Takie podejście pozwoliło na ich porównanie z wynikami obliczeń prognostycznych modelu hydrodynamicznego dla Morza Bałtyckiego – HIROMB. Uzyskane w ten sposób ciągi danych z krokiem czasowym 1 godz. zostały przedstawione w postaci wykresów oraz wykorzystane w dalszej analizie.

W przypadku danych dla parametrów falowania opracowane wyniki przedstawione są w formie graficznej i obejmują zarówno wykresy charakterystycznych parametrów ruchu falowego uzyskane z analizy statystycznej (wysokości, okresy i kierunki falowania) jak i stochastycznej (funkcje gęstości energii, spektrogramy), a także wykresy zmian średniego poziomu wody.

4.4 Temperatura wody

Informacje dotyczące przebiegu zmian temperatury wody w różnych miejscach znajdujących się na obszarze pola MFW BŚ III pochodzą z trzech różnych źródeł:

- 1) pomiarów ekspedycyjnych wykonywanych w obrębie całego pola, które wykonane były w czasie poborów prób wody przy pomocy batometru (rozdział 4.1). Sonda oceanograficzna Citadel CTD-NV umieszczona na zanurzanej rozecie z częstotliwością

- 2 Hz rejestrowała: temperaturę, zasolenie, przewodność oraz prędkość dźwięku w wodzie. Uzyskano w ten sposób dane z całego dostępnego profilu pionowego toni wodnej. Otrzymaną informację przetworzono tak, aby usunąć błędne wartości wynikające z wahań urządzenia w toni wodnej w pionie. Zbiór danych uzyskanych ze wszystkich miejsc poboru wody pozwolił na wykonanie map rozkładu temperatur wody na różnych głębokościach w toni;
- 2) z ciągłych pomiarów temperatury, przewodności i ciśnienia wody wykonanych przez girlandę trzech czujników CTD zawieszonych w toni (na głębokościach 4, 8 i 16 m pod powierzchnią morza). Wymienione parametry mierzono z krokiem czasowym 15 minut. Zostały one przedstawione w postaci wykresów obrazujących ich zmienność w czasie;
 - 3) z ciągłych pomiarów temperatury i ciśnienia wody w warstwie przydennej wykonanych przez czujnik zintegrowany z profilomierzem ADCP. W tym przypadku rejestracje zmian temperatury wody przy dnie wykonywano w odstępach cogodzinnych. Ponieważ czujnik temperatury znajdował się w instrumencie osadzonym na trójnogu na wysokości około 0,7 m nad dnem, dlatego też zarejestrowana temperatura wody odnosiła się do tego poziomu. Podobnie jak w przypadku czujników z girlandy wyniki rejestracji przedstawiono w postaci wykresów czasowych.

4.5 Warunki lodowe

Z powodu braku możliwości rejestrowania zjawisk lodowych występujących w trakcie wykonywania rejestracji na polu MFW BŚ III informacje oraz wnioski dotyczące warunków lodowych są oparte wyłącznie na ogólnodostępnych, operacyjnych mapach (IMGW PIB, SMHI) oraz prognozach morskich, jak i na obserwacjach uzyskanych w trakcie obsługi pławy. Wykorzystano ponadto dane z publikacji naukowych, danych monitoringowych oraz danych klimatologicznych dla tego obszaru Bałtyku. Pomocne są też dane pochodzące z prognostycznych modeli numerycznych (np. z modelu HIROMB). Wykorzystane w pracy opracowania zawierają informacje adekwatne do warunków panujących obecnie na obszarze Bałtyku, najnowsze z nich zostało wydane w 2013 roku.

4.6 Warunki meteorologiczne

Pomiary meteorologiczne parametrów atmosfery nad powierzchnią morza wykonano za pomocą automatycznej stacji Compact Weather Station WS-500 firmy Lufft. Rejestracje wykonywane były co 15 min. Otrzymane dane poddawane były standardowym procedurom weryfikacyjnym a następnie przedstawiane za pomocą wykresów oraz róży wiatrów.

Pomiarów temperatury powietrza dokonywano za pomocą wysokoczułego termistora NTC z próbkowaniem co 1 minutę. Uśrednione wartości z okresu 10 min zapisywane były co 15 minut.

Do rejestracji parametrów wiatru wykorzystywano 4 czujniki ultradźwiękowe, mierzące różnice prędkości dźwięku w powietrzu. Wykonywały one cykliczne pomiary (co 10 sek.) we wszystkich kierunkach. Obliczone wyniki dla prędkości i kierunku wiatru (uśredniane z okresu 10 min.) przedstawiały przebieg zmian prędkości i kierunku wiatru (w m/s) z na wysokości około 4,5 m nad poziomem powierzchni morza.

4.7 Metodyka opracowywania danych

4.7.1 Jakość wody

4.7.1.1. Warunki hydrochemiczne

Próbki wód do badań chemicznych pobierano w sześciu termiach pomiarowych, związanych z różnymi porami roku w okresie od października 2012 do listopada 2013r. Szczegółowe zestawienie rejsów w czasie których pobierano próbki do badań przedstawiono w tabeli poniżej (Tabela 6).

Tabela 6. Zestawienie rejsów, w czasie których pobierano próbki wód do badań chemicznych z obszaru MFW BŚ III

Lp.	Data	Podjęte działania
1.	27-29.10.2012r.	Pobór 93 próbek wód z obszaru MFW BŚ III
2.	13-14.02.2013r.	Pobór 92 próbek wód z obszaru MFW BŚ III. W jednym punkcie pomiarowym nie pobrano próbki wody (9/DNO). (nieprzewidziana zbyt mała głębokość, uniemożliwiła pobranie próby z zakładanej warstwy przydennej)
3.	20-23.04.2013r.	Pobór 93 próbek wód z obszaru MFW BŚ III
4.	06.07.2013	Pobór 93 próbek wód z obszaru MFW BŚ III
5.	13-14.09.2013r.	Pobór 92 próbek wód z obszaru MFW BŚ III. W jednym punkcie pomiarowym nie pobrano próbki wody (9/DNO). (nieprzewidziana zbyt mała głębokość, uniemożliwiła pobranie próby z zakładanej warstwy przydennej)
6.	14-15.11.2013r.	Pobór 93 próbek wód z obszaru MFW BŚ III

łącznie do badań chemicznych w okresie od października 2012 do listopada 2013r. z obszaru MFW BŚ III pobrano 556 próbek wody.

W 34 wyznaczonych punktach pomiarowych próbki wody pobierano z warstwy powierzchniowej i przydennej. W 5 wytypowanych punktach (BS3_009, BS3_013, BS3_016, BS3_021 oraz BS3_027) pobrano do badań dodatkowo próbki wody w profilach pionowych z następujących warstw: powierzchnia; 2,5 m; 5 m; 10 m; 20 m oraz warstwa przydenna (2 m nad dnem). Punkty te były zlokalizowane na przekątnych badanego obszaru. Analiza badanych parametrów w poszczególnych warstwach pozwoliła na ocenę jakości wód w całej toni wodnej.

Próbki wody pobierano rozetą z dwunastoma batometrami. We wszystkich pobranych próbkach oznaczono następujące parametry: odczyn, zasadowość, zawiesinę, substancje biogeniczne (azot amonowy, azotynowy, azotanowy, mineralny, ogólny oraz fosforany i fosfor ogólny), ogólny węgiel organiczny (OWO) jak również określono warunki tlenowe (tlen rozpuszczony, BZT5). W próbkach pobranych w październiku 2012r. oznaczono zawartość substancji szczególnie szkodliwych: WWA, PCB, metali (Pb, Cd, Cr, Cr(VI), As, Ni, Hg), fenoli, cyjanków wolnych i związanych, olejów mineralnych. Ponieważ badany rejon leży w południowej części Bałtyku Centralnego, w znacznym oddaleniu od źródeł zanieczyszczeń, nie spodziewano się istotnej sezonowej zmienności zawartości wymienionych substancji szkodliwych.

Ponadto w 20 wybranych próbkach wody z tego rejsu oznaczono aktywność substancji radioaktywnych: ⁹⁰Sr i ¹³⁷Cs. Radionuklidy oznaczano w próbkach wód pobranych w profilach pionowych na stacjach BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, BS3_27 z następujących warstw:

powierzchniowa, 10m, 20m oraz warstwa przydenna (2 m nad dnem). Do badań radionuklidów wytypowano stacje, na których pobierano próbki wód z profili pionowych. Zdecydowano się na zmniejszenie ilości próbek wód do badań aktywności substancji radioaktywnych ponieważ poziom radioaktywności w wodach Południowego Bałtyku jest corocznie monitorowany przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy w ramach monitoringu HELCOM MORS. Przeprowadzenie badań w wytypowanych próbkach jest reprezentatywne dla oceny stanu środowiska pod kątem badanego parametru i pozwoliło ocenić stan aktywności substancji radioaktywnych w wodach obszaru MFW BŚ III.

Szczegółowe wyniki analiz fizyczno-chemicznych wód z obszaru MFW BŚ III zostały przedstawione w Załączniku nr 1 do niniejszego raportu.

Wszystkie badania fizyczno-chemiczne wód (z wyjątkiem radionuklidów) zostały wykonane w akredytowanym Laboratorium Zakładu Ochrony Środowiska Instytutu Morskiego w Gdańsku (ZOŚ IM), które posiada certyfikat Polskiego Centrum Akredytacji (PCA) Nr AB 646. Badania zawartości substancji radioaktywnych (radionuklidów) wykonano w Laboratorium Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Gdańsku.

Poprawność wykonanych analiz sprawdzono analizując równoległe z badanymi próbkami certyfikowane materiały odniesienia (między innymi: QC SW3.1B i QC SW3.2B Nutrients in natural coastal/estuarine water- VKI Holandia; QC 1297 Demand; QCI-711 Solids Samales, ONTARIO-99). Odzysk dla poszczególnych analitów w tych materiałach wynosił od 86 % do 102 %. Ponadto Laboratorium ZOŚ IM stosuje procedury zapewnienia jakości oraz bierze systematyczny udział w międzylaboratoryjnych badaniach porównawczych i badaniach biegłości, uzyskując zadawalające wyniki (np. porównanie AQUACHECK organizowane przez LGC Standards, RefMat itp.).

Na fotografiach poniżej (Fotografia 12 - Fotografia 16) przedstawiono najważniejszą aparaturę analityczną wykorzystywaną do przeprowadzonych badań wód.



Fotografia 12. Chromatograf gazowy 6890N firmy Agilent Technologies z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID), detektorem wychwytu elektron (ECD) i przystawką PT (Purge and Trap), do oznaczeń substancji organicznych



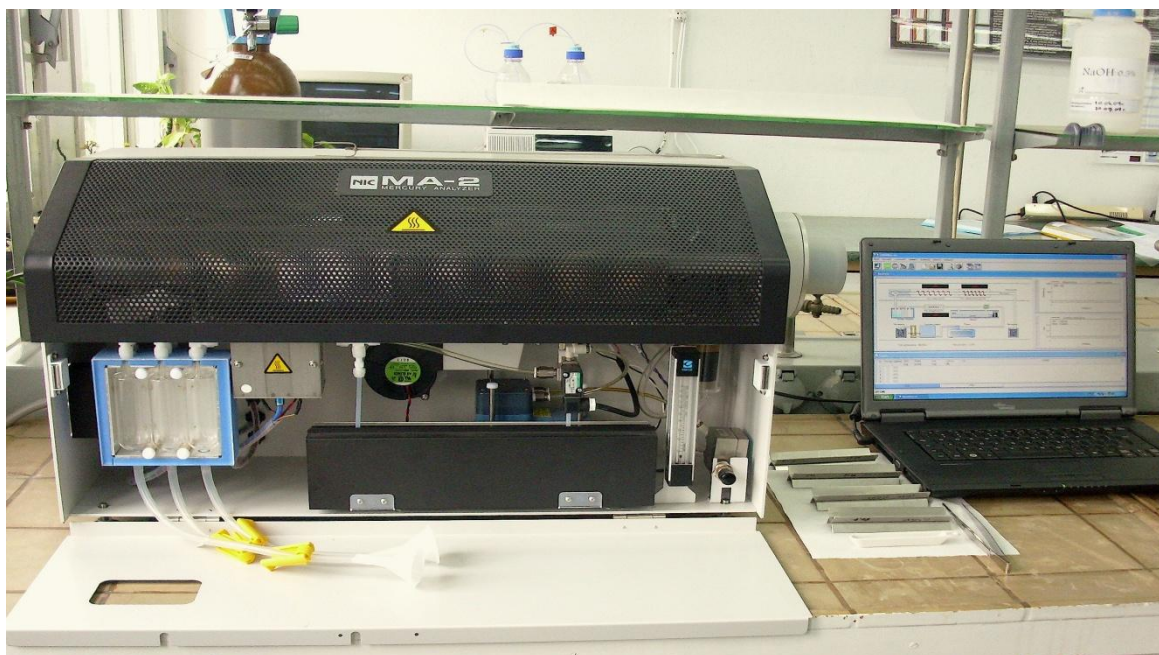
Fotografia 13. Chromatograf gazowy ze spektrometrem mas (GC-MS) firmy Agilent Technologies do oznaczeń substancji organicznych



Fotografia 14. Chromatograf gazowy ze spektrometrem mas (GC-MS - pułapka jonowa) 7890A/2201on Trap/HSP 7697A firmy Agilent Technologies - do oznaczeń substancji organicznych



Fotografia 15. Spektrometr emisyjny z plazmą wzbudzoną indukcyjnie OPTIMA 2000DV firmy PRERKIN-ELMER (oznaczanie metali)



Fotografia 16. Analizator rtęci MA-2 firmy Nippon Instruments Corporation

Poszczególne oznaczenia w pobranych próbkach osadów dennych wykonano według następujących metodyk:

4.7.1.1. Zasadowość

Zasadowość ogólną w próbkach wód oznaczono metodą miareczkową według normy PN-EN ISO 9963-1:2001/Ap1. Próbkę do analiz zasadowości były pobierane i przechowywane w gazoszczelnych butelkach szklanych o objętości 100 cm³. Butelki zostały całkowicie napełnione i szczelnie zamknięte. Tak pobrane próbki wody morskiej były analizowane nie później niż 2 godziny po pobraniu w czasie trwania rejsu (HELCOM, 2012, Annex B-15).

Analizowane próbki miareczkowano mianowanym roztworem kwasu do ustalonych punktów końcowych przy wartościach pH 8,3 i 4,5. Punkty te są wybranymi punktami równoważnikowymi oznaczania trzech głównych składników: wodorowęglanów, węglanów i wodorotlenków. Punkt końcowy przy pH 8,3 odpowiada w przybliżeniu równoważnym stężeniom węglanów i dwutlenku węgla i do tego punktu odmiareczkuje się wodorotlenki oraz połowę węglanów występujących w próbce. Punkt końcowy przy pH 4,5 jest przybliżonym punktem równoważnikowym dla jonów wodorowych i wodorowęglanowych. Pozwala on na oznaczenie zasadowości ogólnej (PN-EN ISO 9963-1:2001/Ap1).

Zasadowość wyrażana jest w mval·dm⁻³, co równoważne jest mmol·dm⁻³ lub w mmol·kg⁻³. Przyrównanie mmol·dm⁻³ i mmol·kg⁻³ ze względu na niskie zasolenie badanych próbek, obarczone jest niewielkim błędem, w granicach niepewności pomiaru wykorzystanych metod (Hjalmarsson i in., 2008).

4.2.1.2. Odczyn (pH)

Analiza odczynu (pH) w wodzie polega na pomiarze siły elektromotorycznej ogniwa w układzie: elektroda odniesienia (elektroda kalomelowa), roztwór badany (próbka wody lub ścieków), elektroda

pomiarowa (elektroda szklana). Metoda ta pozwala na wykonanie oznaczeń z dokładnością do setnych części pH i praktycznie nie jest wrażliwa na wpływy czynników przeszkadzających (Bołałek i Falkowska, 1999).

Analizy pobranych próbek wody morskiej wykonano według procedury badawczej PB-24 (wydanie 1 z dnia 25.03.2011r.), oraz normy PN-EN ISO 10523:2012. Pomiar wykonywany był bezpośrednio po pobraniu próbki w czasie trwania rejsu. Wpływ zmian temperatury był eliminowany przez kompensator wbudowany w pH-metr.

4.7.1.3. Tlen rozpuszczony

Oznaczenie tlenu rozpuszczonego w wodzie przeprowadzono metodą miareczkową (Winklera) wg normy PN-EN 25813, Metoda ta opiera się na wiązaniu fizycznie rozpuszczonego tlenu w wodzie morskiej przez wodorotlenek manganu (II) w silnie zasadowym środowisku. W czasie tej reakcji Mn (II) utlenia się do Mn (III). Po zakwaszeniu jony manganu wydzielają z jodku potasu (wcześniej dodanego do próbek wody) wolny jod w ilości równoważnej do zawartości tlenu w wodzie. Wydzielony jod oznaczano miareczkowo tiosiarczanem sodowym wobec skrobi. Z ilości zużytego tiosiarczanu obliczono zawartość tlenu rozpuszczonego. Oznaczenie wykonano niezwłocznie po poborze próbki w czasie trwania rejsu.

4.7.1.4. Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅)

Badanie biologicznego zapotrzebowania tlenu (BZT₅) w wodzie przeprowadzono metodą miareczkową wg normy PN-EN 1899-1. Oznaczenie BZT₅ polega na określeniu zużycia tlenu rozpuszczonego, na procesy mineralizacji związków organicznych w temperaturze 20⁰ C w okresie 5-dobowej inkubacji badanej próbki wody. BZT₅ stanowi różnicę zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie bezpośrednio po pobraniu oraz po 5 dobach inkubacji.

4.7.1.5. Ogólny węgiel organiczny (OWO)

Ogólny węgiel organiczny (OWO) oznaczano metodą spektrometrii w podczerwieni zgodnie z normą PN-EN 1484: 1999 na analizatorze Shimadzu TNM-1. Metoda polega na katalitycznym spalaniu materii organicznej do CO₂ w temperaturze 680⁰C i końcowym oznaczeniu metodą IR. Węgiel nie związany organicznie (rozpuszczony CO₂ i aniony węglanowe) usuwano z próbki przed rozpoczęciem analizy w postaci gazowej poprzez jej zakwaszenie i przedmuchiwanie azotem.

4.7.1.6. Zawiesina

W próbkach wody morskiej oznaczano zawartość zawiesiny metodą polegającą na filtracji przez sączi z włókna szklanego (MUNKTELL MGC (GMF 3) o średnicy 4.7 cm) według normy PN-EN 872:2007/Ap1. Próbki wody przefiltrowano przez sączi z włókna szklanego, stosując aparaturę do filtracji próżniowej. Sączi następnie suszono w temperaturze 105⁰C ± 2⁰C, a masę zatrzymanej na nich pozostałości oznaczono wagowo. Sączi ważono na wadze elektronicznej XA 60/220 firmy Radwag, z dokładnością 0,00001 g.

Ze względu na to, że próbki wody nie zawsze są stabilne, tzn. na zawartość zawiesin mają wpływ: czas przechowywania, sposób transportowania, wartość pH i inne czynniki, próbki analizowano pod względem zawartości zawiesin w czasie trwania rejsu (sączenie przez wcześniej przygotowane i zważone sączi). Po przywiezieniu do Laboratorium odpowiednio zabezpieczone sączi z zawiesiną

poddawano dalszej analizie (suszenie, ważenie). Dolna granica oznaczalności dla metody wynosi $0,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

4.7.1.7. Azotyny

Do oznaczania azotynów zastosowano metodę fotometryczną bazującą na reakcji azotynów z pierwszorzędowymi aminami aromatycznymi, w wyniku czego otrzymuje się sól diazoniową, która następnie sprzęga się z kolejnymi aminami aromatycznymi, tworząc barwny związek azowy (Falkowska i in., 1999). W analizie azotynów zastosowano amid kwasu p-aminobenzenosulfonowego (sulfanilamid) i dihydrochlorek N-(1-naftyloetylenodiaminę).

Analizy azotynów w próbkach wody morskiej przeprowadzono według schematu:

- odmierzono 50 cm^3 próbki wody morskiej,
- do każdej próbki dodano 1 cm^3 sulfanilamidu i dokładnie wymieszano,
- po 1 minucie dodano 1 cm^3 aminy i ponownie wymieszano.

Absorbancję ślepej próby oraz próbek wody morskiej zmierzono po 20 min przy długości fali 540 nm.

W celu zachowania precyzji pomiaru konieczna jest korekta na zmętnienie, które mogą powodować cząstki wapienne rozpuszczane w próbce przez zastosowanie sulfanilamidu (odczyn kwaśny). Aby wyznaczyć absorbancję na zmętnienie, do próbki wody morskiej dodaje się tylko sulfanilamidu. Pomiar przeprowadzany jest w tych samych warunkach i tej samej długości fali co w próbce.

Stężenie azotanów obliczono według wzoru:

$$C_{\text{NO}_2^-} [\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}] = F(A_p - A_b - A_t)$$

gdzie:

A_p – absorbancja próbki

A_b – absorbancja ślepej próby

A_t – absorbancja na zmętnienie

F – współczynnik kalibracji.

Krzywa kalibracyjna została wyznaczona na podstawie kilku roztworów roboczych o różnych stężeniach NO_2 . Dolna granica oznaczalności dla azotynów wynosi $0,2 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$.

4.7.1.8. Azotany

Analizę zawartości azotanów w próbkach wody morskiej przeprowadzono poprzez redukcję azotanów do azotynów (Falkowska i in., 1999). Dalej postępowano zgodnie ze schematem przedstawionym przy oznaczaniu azotynów.

Proces redukcji azotanów do azotynów przeprowadzono metodą redukcji heterogenicznej przy zastosowaniu kolumn wypełnionych granulowanym kadmem pokrytym miedzią. Próbki wody morskiej były zamrażane w -20°C bezpośrednio po pobraniu. Po rozmrożeniu w laboratorium próbki były natychmiast analizowane.

Schemat zastosowanej metody przedstawiał się następująco:

- przygotowanie kolumn redukcyjnych poprzez wypełnienie granulowanym kadmem aktywowanym 1% siarczanem miedzi,
- aktywacja kolumn buforem amonowym (około 250 cm³) zawierającym 100 μmol NO₃⁻·dm⁻³,
- płukanie kolumny 1000 cm³ wody destylowanej i minimum 500 cm³ buforu,
- odmierzone 50 cm³ próbki wody morskiej,
- dodano 50 cm³ buforu amonowego i po dokładnym mieszaniu przeniesiono próbkę na kolumnę redukcyjną,
- pierwszą porcję, która przeszła przez kolumnę redukcyjną wylano. Do analizy zebrano drugą porcję odcieku o objętości 50 cm³,
- do zebranej próbki dodano 1 cm³ sulfanilamidu i dokładnie wymieszano,
- po 1 minucie dodano 1 cm³ aminy i ponownie wymieszano,
- po 20-30 min zmierzono absorbancję ślepej próby oraz próbek wody morskiej przy długości fali 543 nm wobec wody destylowanej jako odnośnika.

Stężenie azotanów obliczono według wzoru:

$$C_{\text{NO}_3} [\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}] = F(A_p - A_b)$$

gdzie:

A_p – absorbancja próbki

A_b – absorbancja ślepej próby

F – współczynnik kalibracji.

Rzeczywistą wartość stężenia azotanów wyliczono z różnicy pomiędzy sumą azotynów i azotanów a określonym w tej samej próbce stężeniem azotynów.

Krzywa kalibracyjna została wyznaczona na podstawie kilku roztworów roboczych o różnych stężeniach NO₃. Z roztworami kalibracyjnymi postępowano zgodnie ze schematem oznaczania azotanów w próbce. Wyznaczona dolna granica oznaczalności dla azotanów wynosi 0,2 μmol·dm⁻³.

4.7.1.9. Amoniak

Metody oznaczania amoniaku obejmują sumę NH₃ i NH₄⁺. Do oznaczenia stężeń amoniaku w próbkach wody morskiej zastosowano metodę indofenolową opisaną przez Falkowską i in. (1999). Indofenol tworzy się już przy pH 8,9, ale jego pełne utlenianie następuje przy pH 10,8. Natomiast stosunek wagowy fenolu do aktywnego chloru musi być utrzymany na poziomie bliskim 25. Nie zachowanie tej proporcji prowadzi do zmian w intensywności barwy wytworzonego kompleksu indofenolowego. Jako katalizatorów reakcji używa się jonów metali (mangan, miedź, żelazo) lub nitroprusydku sodowego. Metoda oznaczania amoniaku jest bardzo czuła i dlatego należy zachować czystość na każdym etapie analizy.

Analizy zawartości amoniaku w próbkach wody morskiej przeprowadzono w następujący sposób:

- naczynia do analiz umyto przed użyciem roztworem kwasu chlorowodorowego i kilkakrotnie płukano wodą destylowaną wolną od amoniaku,
- do naczyń przeniesiono 50 cm³ próbki,
- dodano 2 cm³ odczynnika fenolowego, 1 cm³ buforu cytrynianowego i 2 cm³ podchlorynu,
- po dodaniu każdego odczynnika próbki dokładnie mieszano,
- zamknięte szczelnie próbki umieszczano w termostacie na 30 min w temperaturze 37 ±1°C,
- ślepe próbki przygotowano według opisanego wyżej schematu,
- absorbancję mierzono przy długości fali 630 nm.

Stężenie amoniaku w wodzie morskiej obliczono według wzoru:

$$C_{\text{NH}_4^+} [\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}] = F_{\text{H}_2\text{O}} K(A_p - A_t - A_{\text{rb}})$$

$$A_{\text{rb}} = 2(A_{1,5b} - A_b)$$

gdzie:

$F_{\text{H}_2\text{O}}$ – współczynnik kalibracji dla danej kuwety, gdy rozpuszczalnikiem jest woda destylowana

K – poprawka na zasolenie wody morskiej

A_p – absorbancja próbki wody morskiej

A_t – absorbancja wody morskiej wywołana zmętnieniem i zabarwieniem naturalnym wody. Współczynnik wprowadzany do obliczeń, jeśli pomiary wykonywane są przy użyciu kuwet o długości 10 cm

A_{rb} – wartość ślepej próbki na odczynniki

A_b – absorbancja pierwszej ślepej próby o objętości 50 cm³

$A_{1,5b}$ – absorbancja drugiej ślepej próby o objętości 47,5 cm³.

Krzywa kalibracyjna została wyznaczona na podstawie kilku roztworów roboczych o różnych stężeniach amoniaku. Dolna granica oznaczalności dla amoniaku wynosi 0,2 μmol·dm⁻³.

4.7.1.10. Azot całkowity

Analizy zawartości azotu całkowitego i azotu organicznego należą do najtrudniejszych w chemii morza. Metoda polega na utlenianiu organicznych związków azotu za pomocą nadsiarczanu potasu w środowisku alkalicznym (Grasshoff i in., 1983). Produktem końcowym utleniania są azotyny.

Ponieważ metoda oznaczania azotu całkowitego jest bardzo czuła, do przygotowania odczynników i ślepej próby stosowano wodę destylowaną pozbawioną związków azotu.

Próbki wody morskiej były przeznaczone do analiz azotu całkowitego były zamrażane w temperaturze -20°C natychmiast po pobraniu. W laboratorium próbki poddano powolnemu rozmrożeniu w pozycji

pionowej. Próbkę po osiągnięciu temperatury pokojowej były analizowane według następującego schematu (Falkowska i in., 1999):

- do odpowiednio przygotowanych pojemników teflonowych wiano 50 cm³ wody morskiej,
- do każdego pojemnika dodano 5 cm³ mieszaniny utleniającej (nadsiarczan potasu i kwas borowy rozpuszczone w NaOH) i natychmiast zamknięto,
- pojemniki ogrzewano w szybkowarze przez 30 min od momentu uzyskania odpowiedniego ciśnienia i temperatury (około 115°C),
- po wystudzeniu naczyń próbkę wody przeniesiono ilościowo (50 cm³) i dodano 1 cm³ stężonego buforu amonowego i dokładnie wymieszano,
- próbkę przeniesiono na kolumnę redukcyjną wypełnioną kadmem,
- pierwsze 20 cm³ odcieku odrzucono i zebrano kolejne 25 cm³ do dalszej analizy,
- do próbki dodano 0,5 cm³ sulfanilamidu i wymieszano,
- po 1 min dodano 0,5 cm³ roztworu aminy.

Absorbancję ślepej próby oraz próbek wody morskiej zmierzono po 20 min przy długości fali 540 nm wobec wody destylowanej z dodatkiem sulfanilamidu jako odnośnika. Ślepą próbę stanowiła woda destylowana, z którą postępowano jak z próbką wody morskiej.

Stężenie azotu całkowitego obliczono według wzoru:

$$C_{N-tot} [\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}] = F(A_p - A_b)$$

gdzie:

A_p – absorbancja próbki

A_b – absorbancja ślepej próby

F – współczynnik kalibracji.

Krzywa kalibracyjna została wyznaczona na podstawie kilku roztworów roboczych o różnych stężeniach. Dolna granica oznaczalności dla azotu całkowitego wynosi 0,2 $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$.

4.7.1.11. Fosforany

Metody oznaczania rozpuszczonych fosforanów w wodzie morskiej oparte są na reakcji jonów fosforanowych z odczynnikiem molibdenianowym w środowisku kwaśnym. W wyniku reakcji tworzy się kompleks fosfomolibdenianowy, który jest redukowany dając związek o intensywnie niebieskim zabarwieniu (Falkowska i in., 1999). Aby uniknąć interferencji krzemianów, fosforany oznaczano nie później niż 10 min od dodania kwasu askorbinowego.

Próbki wody morskiej były zamrażane w temperaturze -20°C natychmiast po pobraniu. W laboratorium próbki poddano powolnemu rozmrożeniu w pozycji pionowej. Próbkę po osiągnięciu temperatury pokojowej były analizowane według następującego schematu (Falkowska i in., 1999):

- do naczyń reakcyjnych wiano 35 cm³ wody morskiej,
- dodano 1 cm³ odczynnika mieszanego (molibdenian amonu, kwas siarkowy, roztwór winianu antymonylo-potasowego) i dokładnie wymieszano,

- następnie dodano 1 cm³ kwasu askorbinowego i wymieszano.

Absorbancję próbki mierzono po 5-10 min przy długości fali 880 nm. Ślepą próbę przygotowano z wody destylowanej postępując dokładnie jak z próbką. W końcowej kalkulacji wartość absorbancji ślepej próby odejmowano od wartości absorbancji próbek.

Krzywa kalibracyjna została wyznaczona na podstawie kilku roztworów roboczych o różnych stężeniach fosforanów. Dolna granica oznaczalności dla fosforanów wynosi 0,132 μmol·dm⁻³.

4.7.1.12. Fosfor całkowity

Metody oznaczania fosforu całkowitego oparte są na reakcjach hydrolizy i utleniania. Jako utleniacze stosuje się kwas nadchlorowy, jony nadsiarczanowe lub promieniowanie UV o dużym natężeniu. W analizie fosforu całkowitego w próbkach wody morskiej stosuje się metodę, w której fosfor związany w połączeniach organicznych ulega uwolnieniu podczas utleniania nadsiarczanem potasu w środowisku silnego kwasu. Proces hydrolizy i utleniania prowadzony jest w podwyższonym ciśnieniu (autoklaw) i podwyższonej temperaturze (około 115°C).

Próbki wody morskiej były zamrażane w temperaturze -20°C natychmiast po pobraniu. W laboratorium próbki poddano powolnemu rozmrożeniu w pozycji pionowej. Próbki po osiągnięciu temperatury pokojowej były analizowane według następującego schematu (Falkowska i in., 1999):

- Do odpowiednio przygotowanych pojemników teflonowych wiano 35 cm³ wody morskiej
- Do każdego pojemnika dodano 3,5 cm³ mieszaniny utleniającej (nadsiarczan potasu w roztworze kwasu siarkowego) i natychmiast zamknięto
- Pojemniki ogrzewano w szybkowarze przez 30 min od momentu uzyskania odpowiedniego ciśnienia i temperatury (około 115°C)
- Po wystudzeniu naczyń próbkę wody przeniesiono ilościowo i dodano 1 cm³ kwasu askorbinowego i wymieszano
- Po 1 min dodano 1 cm³ odczynnika mieszanego (molibdenian amonu, kwas siarkowy, roztwór winianu antymonylo-potasowego) i dokładnie wymieszano.

Absorbancję próbki mierzono przy długości fali 880 nm. Z wody destylowanej postępując dokładnie jak z próbką, przygotowano ślepą próbę. W końcowej kalkulacji wartość absorbancji ślepej próby odejmowano od wartości absorbancji próbek.

Krzywa kalibracyjna została wyznaczona na podstawie kilku roztworów roboczych o różnych stężeniach. Dolna granica oznaczalności dla fosforu całkowitego wynosi 0,3 μmol·dm⁻³.

Zawartość substancji szczególnie szkodliwych

4.7.1.13. Fenole

Oznaczanie indeksu fenolowego przeprowadza się metodą spektrometrii z 4-aminoantypiryną po destylacji według normy PN-ISO 6439: 1994. Próbki wody były utrwalone kwasem fosforowym do pH 2,0 oraz roztworem CuSO₄. Następnie oddzielono związki fenolowe od zanieczyszczeń i środków utrwalających przez destylację. Kolejnym etapem było przeprowadzenie reakcji związków fenolowych lotnych z parą wodną z 4-aminoantypiryną przy pH 10,0 w obecności sześciocyjanożelazianu(III) potasu, w wyniku której tworzy się barwnik antypirynowy. Barwnik ten ekstrahowano z roztworu

wodnego chloroformem. Końcową analizę tak otrzymanego ekstraktu przeprowadzono metodą spektrofotometryczną, przy długości fali 460 nm.

Stężenie fenoli obliczono według wzoru:

$$C \text{ [} \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3} \text{]} = \frac{m}{V_0} \cdot 1000$$

gdzie:

m – masa fenolu równoważna zawartości związków fenolowych w próbce analitycznej [mg]

V_0 – objętość próbki analitycznej [cm^{-3}]

Indeks fenolowy próbek był wyznaczany w oparciu o krzywą wzorcową zależności absorbancji od odpowiadającej im masy fenolu w miligramach. Dolna granica oznaczalności dla fenoli wynosi 0,002 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

4.7.1.14. Cyjanki

Oznaczanie cyjanków wolnych, związanych i ogólnych przeprowadza się metodą spektrometrii w podczerwieni według normy PN-80 C-04603.01. Cyjanki oddziela się wstępnie z badanej próbki za pomocą destylacji:

- cyjanki wolne – ze środowiska obojętnego, zbuforowanego solami kwasu fosforowego,
- cyjanki związane – po uprzednim oddzieleniu cyjanków wolnych ze środowiska zakwaszonego kwasem siarkowym, w obecności soli rtęci i magnezu.

Oznaczanie cyjanków w destylacie polega na ich reakcji z wolnym chlorem (z chloraminy T). Powstający chlorocyjan z pirydyną tworzy aldehyd glutakonowy, który w wyniku kondensacji z kwasem barbiturowym przechodzi w czerwono-fioletowy barwnik polimetynowy. Intensywność powstającego zabarwienia jest proporcjonalna do zawartości cyjanków w próbce. Zawartość cyjanków określa się spektrofotometrycznie.

Stężenie cyjanków wolnych, związanych i ogólnych obliczono według wzoru:

$$C \text{ [} \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3} \text{]} = \frac{a \cdot 1000 \cdot 250}{500 \cdot V} = \frac{a \cdot 500}{V}$$

gdzie:

a – zawartość cyjanków odczytana z krzywej wzorcowej [mg]

V – objętość destylatu użyta do oznaczania [cm^{-3}]

Została wyznaczona krzywa zależności absorbancji od odpowiadającej im zawartości cyjanków w miligramach. Dolna granica oznaczalności dla cyjanków wynosi 0,005 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

4.7.1.15. Metale

Metale (Pb, Cd, Cr, Ni) oznaczano metodą spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP – OES) na spektrometrze ICP-OES OPTIMA 2000DV firmy PERKIN-ELMER, stosując pomiar axialny, według normy PN-EN ISO 11885:2009.

Chrom (VI) oznaczano metodą spektrofotometryczną wg normy PN-EN ISO 18412:2007, po oddzieleniu Cr (III), na spektrofotometrze NOVA 60 firmy MERCK.

Arsen (As) oznaczano metodą absorpcji atomowej, techniką generowania wodorków (HGAAS) według normy PN-EN ISO 11969:1999. Jako reduktor stosowano borowodurek sodowy oraz 7M roztwór kwasu solnego.

Rtęć (Hg) oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z amalgamacją par rtęci na analizatorze rtęci MA-2 z przystawką do analizy wód, według procedury badawczej PB-21, wyd. 2 z dn. 14.06.2010r.

Dolna granica oznaczalności dla poszczególnych metali wynosi: Pb - 0,005 mg·dm⁻³, Cd - 0,0002 mg·dm⁻³, Cr - 0,005 mg·dm⁻³, Cr (VI) - 0,005 mg·dm⁻³, Ni - 0,005 mg·dm⁻³, Hg- 0,00002 mg·dm⁻³, As - 0,0005 mg·dm⁻³.

4.7.1.16. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i polichlorowane bifenyle (PCB)

Do izolacji i oznaczania analitów z grupy WWA i PCB z próbek wody morskiej wykorzystano procedurę badawczą PB-02, wyd. 2 z dn. 10.05.2007r obowiązującą w laboratorium, opartą o ekstrakcję do fazy stałej (SPE) i oznaczenie końcowe metodą chromatografii gazowej połączonej ze spektrometrią mas, dostosowaną do oznaczania wód morskich. Próbkę wody morskiej przechowywano do czasu analizy w butelce z ciemnego szkła w temp. poniżej 4°C.

Analizy przeprowadzono według poniższego schematu (PB-02, wyd. 2 z dn. 10.05.2007r, Bogdaniuk i in., 2012; Wolska i in., 1999; Ma i in., 2010):

- kolumnienki SPE ze złożem C₁₈ o masie 500 mg przemywano dichlorometanem i kondycjonowano 5 cm³ metanolu i 2 cm³ wody wolnej od zanieczyszczeń,
- 1 dm³ próbki przepuszczono przez kolumnienkę C₁₈ z prędkością 10 cm³ na minutę,
- kolumnienki z sorbentem suszono w strumieniu gazu obojętnego (N₂) o czystości gazów do chromatografii,
- anality wymywano z kolumnienek dwiema porcjami po 5 cm³ dichlorometanu,
- zebrany ekstrakt wzbogacano do objętości 0,5 cm³ w strumieniu gazu obojętnego (N₂).

Ekstrakt końcowy był oznaczany metodą chromatografii gazowej z detektorem mas (GC-MS) z wykorzystaniem chromatografu gazowego HP 6890 wyposażonego w kolumnę kapilarną 30 m × 0.32 mm I.D., z fazą niepolarną 0,25 μm DB-5 (J&W) oraz detektor masowy MSD 5973.

Do analiz zastosowano następujący program temperaturowy:

dla WWA:

- temperatura początkowa 60°C
- wzrost 5°C min⁻¹ do 250°C
- wzrost 3°C min⁻¹ do 280°C
- 2 min w warunkach izotermicznych

dla PCB:

- temperatura początkowa 80°C
- wzrost 10°C min⁻¹ do 280°C
- 10 min w warunkach izotermicznych.

Do kalibracji zewnętrznej stosowano wzorzec 16 WWA (LGC Standards) o stężeniu 100 µg·cm⁻³ dla każdego analitu w toluenie oraz 7 PCB (LGC Standards) w izoktanie o stężeniu 10 µg·cm⁻³ dla każdego analitu (rekomendowany przez US EPA).

Odzysk dla poszczególnych analitów wynosi od 83 % do 101 %. Limit detekcji zastosowanej metody dla WWA i PCB w próbkach wody wynosi 0,001 µg·dm⁻³.

4.7.1.17. Indeks oleju mineralnego

Indeks oleju mineralnego w badanych próbkach wód, oznaczano według normy PN-EN ISO 9377-2 opartej na ekstrakcji rozpuszczalnikiem węglowodorowym (heksan) z oznaczeniem końcowym wykorzystującym metodę chromatografii gazowej z detektorem płomieniowo – jonizacyjnym (FID). Oznaczany indeks oleju mineralnego jest sumą związków, których czasy retencji mieszczą się pomiędzy czasem retencji n-dekanu i n-tetrakontanu. Substancje, które mieszczą się w tej definicji to długo-łańcuchowe lub rozgałęzione węglowodory alifatyczne, alicykliczne, aromatyczne lub aromatyczne z podstawnikiem alkilowym.

Próbki wody morskiej analizowano zgodnie ze schematem:

- próbkę wody ekstrahowano heksanem na mieszadle magnetycznym,
- ekstrakt oddzielano za pomocą mikrorozdzielacza,
- ekstrakt oczyszczano przy zastosowaniu florisilu,
- ekstrakt wzbogacano w strumieniu gazu obojętnego (N₂).

Uzyskany ekstrakt końcowy był oznaczany metodą chromatografii gazowej z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (GC-FID) z wykorzystaniem chromatografu gazowego Agilent Technologies 6890N wyposażonego w kolumnę kapilarną 60 m × 0.32 mm I.D., z fazą niepolarną 0,5 µm DB-5 (J&W).

Do analiz zastosowano następujący program temperaturowy:

- temperatura początkowa 40°C (2.00 min)
- wzrost 11°C min⁻¹ do 200°C
- wzrost 15°C min⁻¹ do 300°C
- min w warunkach izotermicznych.

Limit detekcji tej metody dla indeksu oleju mineralnego w próbkach wody wynosi 0,01 mg·dm⁻³.

4.7.1.18. Radionuklidy (^{137}Cs , ^{90}Sr)

^{137}Cs

Aktywność ^{137}Cs w próbach wody morskiej oznaczano metodą spektrometrii gamma. Próby wody morskiej zostały zakwaszane 6 M HCl, a następnie prowadzono sorpcję cezu na fosfomolibdenian amonu (AMP) stosując mieszanie sprężonym powietrzem. AMP następnie został wysuszony i przeniesiony do naczynia o odpowiedniej geometrii (naczynie cylindryczne o średnicy 40 mm identyczne ze stosowanym do kalibracji aparatury). Odzysk był kontrolowany wagowo.

Pomiary zostały prowadzone z zastosowaniem zestawu do spektrometrii gamma. W skład zestawu pomiarowego wchodzi detektor półprzewodniowy HPGe o wydajności 18% i zdolności rozdzielczej 1.9 keV przy energii 1332 keV wraz z analizatorem. Analizę widm rejestrowanych w 8000 kanałach prowadzono z zastosowaniem oprogramowania Genie – 2000. Do kalibracji zastosowane zostały wzorce mix gamma w geometrii naczynia cylindrycznego stosowanego w pomiarach, przygotowane przez Ośrodek Produkcji i Dystrybucji Izotopów w Świerku BW/Z-62/53/12 (2012 rok). Dla każdego wyniku została podana niepewność pomiaru.

Dolna granica oznaczalności określana jest w tego rodzaju pomiarach jako MDA (ang. minimum detectable activity). Dla analiz aktywności promieniotwórczej ^{137}Cs w próbkach wody morskiej MDA wynosi: $2,3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Limit wykrywalności powiązany jest z dolną granicą oznaczalności i przyjmuje się, że wynosi 1/3.

^{90}Sr

Aktywność ^{90}Sr w próbkach wody morskiej oznaczono metodą radiochemiczną polegającą na uzyskaniu czystego radiochemicznie preparatu ^{90}Y , którego stężenie jest równe stężeniu ^{90}Sr po ustaleniu równowagi promieniotwórczej. Po dodaniu do prób wody morskiej nieaktywnego nośnika strontu w ilości 1 g, stront został wytrącony w postaci szczawianów, które następnie spalono w temperaturze 650°C . Następne etapy obejmowały oddzielanie innych kationów (wapnia, baru, radu, żelaza) i oczyszczenie prób na drodze chemicznej. Po zakończeniu tej procedury do każdej próby dodano odpowiednią ilość nośnika itru i pozostawiono na 18 dni. Po ustaleniu równowagi między ^{90}Sr i produktem jego rozpadu ^{90}Y wytrącono szczawian itru (odzysk kontrolowano wagowo) i w takiej postaci poddano pomiarom aktywności przy użyciu niskotłowego licznika przepływowego FHT 770T (ESM Eberline). Do standaryzacji pomiaru wykorzystany został roztwór wzorcowy ^{90}Sr – BW/Z-63/22/11 – POLATOM o aktywności ^{90}Sr $0,60 \pm 0,01 \text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$ na dzień: 01.06.2011. Dla każdego wyniku została podana niepewność pomiaru.

Dolna granica oznaczalności deklarowana przez producenta dla układu pomiarowego wynosi 3 mBq na próbkę. Dla analiz aktywności promieniotwórczej ^{90}Sr w próbkach wody morskiej granica oznaczalności wynosi: $7 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Do celów poglądowych porównano otrzymane wyniki badań fizykochemicznych z wartościami granicznymi określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011r., w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545). Otrzymane wyniki odniesiono również do danych literaturowych dla wód Morza Bałtyckiego. Dla pomiarów odczynu, zawiesiny, parametrów tlenowych i biogenów w wodach morskich z obszaru MFW BŚ III, przeanalizowano zmienność sezonową otrzymanych wyników.

4.7.2 Prądy morskie

Parametry ruchu wody zarejestrowane przez prądomierz AWAC są wizualizowane za pomocą licencjonowanego oprogramowania STORM. Po szczegółowej ocenie jakości uzyskanych wyników i odrzuceniu wartości błędnych lub niewiarygodnych (o ile takie wystąpią) następuje ich szczegółowa analiza. Dotyczy ona zwłaszcza takich parametrów związanych z pracą przyrządu jak: jego stabilność (wielkości przechyłów i obrót), jakości sygnału odbieranego przez wszystkie czujniki akustyczne oraz stanu naładowania baterii w trakcie trwania całej serii pomiarowej.

Otrzymane w ten sposób ciągi danych dla składowych ruchu wody w warstwach o grubości 1 m uśredniane są, biorąc pod uwagę kolejne warstwy o grubości 4 m każda, licząc od powierzchni morza do jego dna. Pozwoliło to z jednej strony na eliminację przypadkowych fluktuacji prędkości ruchu wody, z drugiej zaś uzyskane dane są porównywalne z wynikami obliczeń prognostycznych modelu hydrodynamicznego dla Morza Bałtyckiego – HIROMB¹. Uzyskane w ten sposób ciągi danych posłużyły do wykreślenia róż kierunkowych dla przepływu wody na różnych głębokościach w toni.

4.7.3 Falowanie

Dane służące do opisu wielkości falowania wiatrowego pochodzą z rejestracji wykonywanych przez dwa prądomierze profilujące AWAC posadowione na dnie morza (rejestrowane łącznie z pomiarami wielkości przepływów). W pierwszym etapie surowy sygnał pochodzący z czujników pomiarowych jest przetwarzany na chwilowy zapis zmian swobodnego zwierciadła wody. Do tego celu wykorzystuje się dedykowane oprogramowanie STORM dostarczane wraz z przyrządem pomiarowym AWAC. Za pomocą tego oprogramowania najpierw dokonuje się szczegółowej oceny jakości pomierzonych danych biorąc pod uwagę przede wszystkim takie czynniki jak stabilność przyrządu (przechyły i obrót), jakość sygnału odbieranego przez wszystkie czujniki akustyczne oraz stan naładowania baterii w trakcie trwania całej serii pomiarowej.

Następnie, po wyeliminowaniu danych uznanych za błędne i niewiarygodne, dokonuje się podstawowej analizy statystycznej i stochastycznej parametrów ruchu falowego. Ocenie poddane są przede wszystkim: wysokość, okres i kierunek falowania oraz spektra falowe. Finalne wyniki analizy przedstawiane są w formie graficznej za pomocą wykresów i obejmują zarówno wykresy charakterystycznych parametrów ruchu falowego uzyskane z analizy statystycznej (wysokości, okresy i kierunki falowania) jak i stochastycznej (funkcje gęstości energii, spektrogramy) a także wykresy zmian średniego poziomu wody.

Prądomierze profilujące rejestrują dane dla falowania w odstępach jednej godziny. Zapis wykonywany jest w sposób ciągły przez około 17 minut (2048 odczytów wykonywanych z częstotliwością 2 Hz). Z takiego sposobu rejestracji danych uzyskuje się reprezentatywne ciągi falowe tj. obejmujące co najmniej 200 fal a uzyskane dane dają się łatwo porównać z wynikami numerycznego modelowania pola falowego.

¹ HIROMB jest trójwymiarowym, baroklinowym modelem hydrodynamicznym wysokiej rozdzielczości dla Morza Bałtyckiego stworzonym do operacyjnego użytku w służbie operacyjnych prognoz morskich. Instytut Morski w Gdańsku będąc członkiem porozumienia służb i instytucji państw bałtyckich uczestniczy w pracach nad rozwojem modelu i posiada bieżący dostęp do operacyjnych prognoz modelu liczonych w SMHI (Szwecja)

4.7.4 Temperatura wody

Informacje przedstawione w rozdziale 4.4, dotyczące wykonanych pomiarów zmian temperatury wody w różnych miejscach na obszarze pola MFW BŚ III, pokazują, że pochodzą one z różnych źródeł. Stąd też ich wyniki przedstawiane i analizowane są w nieco odmienny sposób.

Pomiary wykonane w określonym terminie (w przeciągu jednego lub dwóch dni) w wyznaczonych punktach na obszarze całego pola MFW BŚ III pozwalają przedstawiać przestrzenne rozkłady temperatury wody jakie istniały tu w tym czasie (okresie roku) na wybranej głębokości w toni. Dla celów niniejszego raportu wybrano dane pomiarowe, pochodzące ze wszystkich wykonanych sondaży pionowych, wybrane z przypowierzchniowej warstwy wody (do głębokości około 1 m od powierzchni morza) oraz z warstwy wody zalegającej w pobliżu dna (zwykle jest to około 1 m nad dnem – jest to największa głębokość do której została opuszczona rozeta wraz z sondą CTD). Takie dane zebrane zostały m.in. w tabelach, której przykład pokazano poniżej (Tabela 7).

Tabela 7. Wartości temperatury (°C) w punktach pomiarowych wraz z położeniem geograficznym i warstwami: powierzchniową i przydenną dla pomiaru w listopadzie 2013 roku

Stacja pomiarowa	Data pomiaru	Początek pomiaru	Długość geograf. WGS 84	Szerokość geograf. WGS 84	Warstwa powierzchniowa	Warstwa przydenna
BS3_ZOS_001	11-14-2013	14:23:08	17,28969	54,92867	9,9294	9,8281
BS3_ZOS_002	11-14-2013	13:59:21	17,33632	54,93373	9,6535	9,7887
BS3_ZOS_003	11-14-2013	13:36:59	17,38253	54,93671	9,8341	9,8506
BS3_ZOS_004	11-14-2013	13:03:36	17,42964	54,94291	9,7541	9,8665
BS3_ZOS_005	11-14-2013	15:25:02	17,47586	54,95967	9,8421	9,9414
BS3_ZOS_006	11-14-2013	15:50:01	17,42865	54,95517	9,6466	9,8426
BS3_ZOS_007	11-14-2013	16:12:43	17,38181	54,95455	9,4885	9,8147
BS3_ZOS_008	11-14-2013	16:33:23	17,33497	54,95392	9,6787	9,8537
BS3_ZOS_009	11-14-2013	16:54:48	17,28814	54,95327	9,7236	9,7799
BS3_ZOS_010	11-14-2013	17:31:57	17,24845	54,95270	9,8351	9,6284
BS3_ZOS_011	11-14-2013	21:52:52	17,24012	54,97956	9,7657	9,7954
BS3_ZOS_012	11-14-2013	21:25:46	17,28699	54,98023	9,6721	9,7146
BS3_ZOS_013	11-14-2013	20:55:22	17,33386	54,98088	9,8248	9,8426
BS3_ZOS_014	11-14-2013	20:31:27	17,38073	54,98151	9,7918	9,8395
BS3_ZOS_015	11-14-2013	20:07:01	17,42760	54,98213	9,9568	9,9786
BS3_ZOS_016	11-14-2013	19:31:29	17,47448	54,98272	9,8919	9,898
BS3_ZOS_017	11-14-2013	18:54:24	17,52135	54,98330	9,9667	9,9986
BS3_ZOS_018	11-14-2013	23:30:10	17,54745	55,01008	9,9839	10,1449
BS3_ZOS_019	11-14-2013	23:59:01	17,47345	55,00968	9,6105	9,7428
BS3_ZOS_020	11-15-2013	00:19:32	17,42655	55,00908	9,5687	9,707
BS3_ZOS_021	11-15-2013	00:40:59	17,37964	55,00847	9,5902	9,8633

Stacja pomiarowa	Data pomiaru	Początek pomiaru	Długość geograf. WGS 84	Szerokość geograf. WGS 84	Warstwa powierzchniowa	Warstwa przydenna
BS3_ZOS_022	11-15-2013	01:15:07	17,33274	55,00783	9,1569	9,9217
BS3_ZOS_023	11-15-2013	01:34:59	17,28584	55,00718	9,461	9,625
BS3_ZOS_024	11-15-2013	01:58:39	17,22221	55,00627	9,3845	9,5496
BS3_ZOS_025	11-15-2013	05:20:43	17,20875	55,03275	9,5673	
BS3_ZOS_026	11-15-2013	04:57:56	17,23776	55,03347	9,5445	9,6015
BS3_ZOS_027	11-15-2013	04:28:45	17,28469	55,03414	9,3008	9,5834
BS3_ZOS_028	11-15-2013	04:11:54	17,33162	55,03479	9,5616	9,5656
BS3_ZOS_029	11-15-2013	03:50:07	17,37855	55,03542	9,3258	9,6815
BS3_ZOS_030	11-15-2013	03:31:12	17,42558	55,03369	9,4703	9,7974
BS3_ZOS_031	11-15-2013	03:10:17	17,47270	55,02576	9,8633	9,9305
BS3_ZOS_032	11-15-2013	06:06:03	17,33096	55,05058	9,533	9,5782
BS3_ZOS_033	11-15-2013	06:28:16	17,28419	55,05787	9,5395	9,1076
BS3_ZOS_034	11-15-2013	06:59:11	17,23657	55,06042	9,5056	9,2512

Pionowe profile przebiegu zmian temperatury wody od powierzchni do maksymalnej głębokości opuszczenia urządzenia przedstawiane są na wykresach. W raporcie wybrano i przedstawiono 7 reprezentatywnych pod względem zbliżonej głębokości punktów profili pionowych uzyskanych z pomiarów sondażowych w punktach.: BS3_ZOS_001, BS3_ZOS_002, BS3_ZOS_004, BS3_ZOS_007, BS3_ZOS_009, BS3_ZOS_010, BS3_ZOS_011. Poniżej przedstawiono fragment tabeli wynikowej zawierającej dane dla pionowych profili temperatury wody. Różnice w początkowej wartości głębokości wynikają z tego, że są to pierwsze głębokości dla których uzyskano rzeczywistą wartość temperatury wody, która ustabilizowała się po przejściu przez warstwę zmieszania wody i powietrza. Wyznaczona została ona dla poziomu, gdzie ustabilizowała się wielkość przewodności elektrycznej wody.

Tabela 8. Fragment tabeli wynikowej z danych operacyjnych przebiegu temperatury wody

Punkty	1		2		4		7		9		10		11	
Date	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)
11-14-2013	1,2340	9,9294	0,3170	9,6535	0,1960	9,7541	0,0690	9,4885	0,1790	9,7236	0,0170	9,8351	1,8360	9,7657
11-14-2013	1,3560	9,9296	0,5780	9,7665	0,2930	9,8964	0,2330	9,7839	0,3740	9,8374	0,1730	9,8348	1,8430	9,7664
11-14-2013	1,5070	9,9299	0,7270	9,7970	0,4670	9,9707	0,3520	9,8601	0,5830	9,8696	0,3330	9,8350	1,9020	9,7668
11-14-2013	1,6410	9,9296	0,7890	9,8021	0,6710	9,9917	0,5360	9,8823	0,7270	9,8803	0,4820	9,8350	1,9440	9,7670
11-14-2013	1,6740	9,9299	0,8270	9,8011	0,7920	10,0016	0,6280	9,8977	0,8210	9,8872	0,5490	9,8348	1,9760	9,7666
11-14-2013	1,6750	9,9329	0,8470	9,8057	0,8410	10,0072	0,7090	9,8993	0,9080	9,8989	0,5640	9,8356	2,0260	9,7903
11-14-2013	1,7600	9,9329	0,9010	9,8083	0,8930	10,0039	0,7520	9,9044	0,9280	9,8999	0,6260	9,8361	2,1570	9,7900
11-14-2013	1,8460	9,9342	0,9910	9,8117	0,9750	10,0051	0,7910	9,9068	0,9470	9,8968	0,7740	9,8362	2,2090	9,7894
11-14-2013	2,0620	9,9339	1,0930	9,8165	1,0120	10,0028	0,8530	9,9096	1,0510	9,9010	0,9980	9,8359	2,3190	9,7931
11-14-2013	2,2370	9,9339	1,2080	9,8198	1,0420	9,9987	0,9270	9,9137	1,2260	9,9061	1,1570	9,8357	2,5710	9,7935
11-14-2013	2,2790	9,9340	1,3450	9,8235	1,1610	10,0009	1,0090	9,9141	1,3260	9,9001	1,2330	9,8359	2,7980	9,7925
11-14-2013	2,2820	9,9340	1,4850	9,8214	1,3080	10,0003	1,1020	9,9154	1,4450	9,8994	1,2860	9,8364	2,9130	9,7908
11-14-2013	2,3720	9,9344	1,6200	9,8183	1,4570	9,9983	1,1890	9,9178	1,4920	9,8979	1,3690	9,8365	2,9590	9,7908
11-14-2013	2,5370	9,9339	1,7220	9,8162	1,5610	9,9950	1,2220	9,9181	1,6290	9,8977	1,4810	9,8367	3,1110	9,7908
11-14-2013	2,7430	9,9337	1,7410	9,8183	1,6140	10,0027	1,2240	9,9290	1,7190	9,8978	1,6000	9,8364	3,3270	9,7908
11-14-2013	2,9430	9,9340	1,7800	9,8224	1,6280	10,0048	1,2990	9,9293	1,7290	9,8997	1,7440	9,8362	3,5920	9,7910
11-14-2013	3,1170	9,9342	1,9630	9,8212	1,7330	10,0136	1,3840	9,9318	1,7940	9,9012	1,9100	9,8367	3,8510	9,7910
11-14-2013	3,3000	9,9337	2,1590	9,8235	1,8470	10,0143	1,4890	9,9325	2,0300	9,9016	1,9990	9,8369	4,0930	9,7905
11-14-2013	3,5000	9,9339	2,3560	9,8254	1,9690	10,0146	1,6230	9,9339	2,2210	9,9016	2,0670	9,8370	4,2620	9,7905

Punkty	1		2		4		7		9		10		11	
Date	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)	Głębokość (m p.p.m.)	Temp (°C)
11-14-2013	3,6940	9,9339	2,5240	9,8297	2,1000	10,0154	1,7670	9,9333	2,3530	9,9018	2,2010	9,8367	4,4090	9,7894
11-14-2013	3,8270	9,9339	2,6660	9,8316	2,2340	10,0153	1,9140	9,9348	2,8400	9,9068	2,3480	9,8369	4,5750	9,7895
11-14-2013	3,8710	9,9337	2,8090	9,8322	2,3690	10,0151	2,0810	9,9359	3,0800	9,9096	2,3870	9,8372	4,7960	9,7897
11-14-2013	3,9670	9,9323	2,9890	9,8337	2,4960	10,0158	2,3070	9,9369	3,1500	9,9109	2,5010	9,8369	5,0370	9,7895
11-14-2013	4,1360	9,9318	3,2180	9,8353	2,6390	10,0161	2,5610	9,9374	3,2970	9,9177	2,7360	9,8370	5,2780	9,7894
11-14-2013	4,3660	9,9318	3,4720	9,8366	2,7940	10,0166	2,8400	9,9379	3,5130	9,9180	3,0570	9,8361	5,4990	9,7895
11-14-2013	4,6350	9,9318	3,7360	9,8371	2,9330	10,0171	3,1370	9,9382	3,7500	9,9182	3,4120	9,8355	5,6260	9,7892
11-14-2013	4,9090	9,9319	3,9770	9,8377	3,0530	10,0182	3,4270	9,9387	3,9670	9,9182	3,7410	9,8342	5,6910	9,7886
11-14-2013	5,1460	9,9310	4,1980	9,8387	3,1380	10,0191	3,6940	9,9390	4,1020	9,9192	3,9790	9,8329	5,8020	9,7894
11-14-2013	5,2050	9,9305	4,3860	9,8385	3,2150	10,0201	3,8540	9,9389	4,1450	9,9187	4,0710	9,8315	5,9850	9,7910
11-14-2013	5,3610	9,9301	4,5060	9,8387	3,2580	10,0205	3,9200	9,9389	4,1600	9,9182	4,1140	9,8303	6,2200	9,7918
11-14-2013	5,5740	9,9299	4,5760	9,8390	3,2940	10,0183	3,9410	9,9382	4,2300	9,9205	4,1670	9,8302	6,4840	9,7915
11-14-2013	5,8200	9,9301	4,6820	9,8387	3,3990	10,0196	3,9950	9,9383	4,3630	9,9208	4,3010	9,8269	6,7560	9,7912
11-14-2013	6,0640	9,9298	4,8490	9,8384	3,5370	10,0205	4,1320	9,9388	4,5260	9,9205	4,5210	9,8238	7,0300	9,7916

W sytuacji, gdy analizowane są dane pochodzące z pomiarów wykonywanych w sposób ciągły przez dłuższy okres, możliwe jest przedstawienie przebiegu zmian temperatury wody w formie przebiegów czasowych. Pozwala to prześledzić zmiany temperatury zachodzące w dłuższym czasie na ustalonej głębokości. Biorąc to pod uwagę, z punktu ZOO_BS3_001 możliwe jest uzyskanie danych dla zmian temperatury wody w warstwie przydennej (z rejestracji AWAC) oraz z poziomów 4, 8 i 16 m pod powierzchnia morza (z rejestracji czujników CTD zawieszonych na girlandzie). Natomiast z punktu ZOO_BS3_002 możliwe było uzyskanie danych pochodzących jedynie z warstwy przydennej morza.

4.7.5 Warunki lodowe

Ocena warunków lodowych istniejących na morzu na obszarze pola MFW BŚ III została dokonana jedynie na podstawie bieżących prognoz i komunikatów biur meteorologicznych.

4.7.6 Warunki meteorologiczne

Wielkości określające warunki meteorologiczne przywodnej warstwy obszaru badań (do wysokości około 6 m n.p.m.) rejestrowane były przez czujniki automatycznej stacji meteorologicznej zamontowanej na płatwie ZOO_BS3_001. Przebieg zmian temperatury powietrza (w °C) został przedstawiony w formie wykresu dla rocznego przebiegu. Wykorzystane dane operacyjne zostały poddane standardowym procedurom sprawdzenia i weryfikacji. Widoczne przerwy w rejestracji są wynikiem uszkodzenia i awarii stacji w czasie silnego sztormu na przełomie stycznia i lutego 2013 roku.

Dane dla parametrów wiatru zostały przedstawione za pomocą róży wiatrów (kierunek w ° oraz prędkość w m/s).. Poddane zostały one standardowemu sprawdzeniu i weryfikacji. Dla kierunków wiatru przyjęto 16-kierunkową różę, stąd szerokość każdego sektora wynosi 22,5°, przy czym sektor N obejmuje kierunki od 347,75° do 11,25°, po czym następują kolejne. Prędkości wiatru zostały uszeregowane w klasy według skali Beauforta i podzielone na klasy wg. klasyfikacji przyjętej przez Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM) WMO w swoim przewodniku (MCSS) (Tabela 9).

Tabela 9. Klasy prędkości wiatru (m/s) i odpowiadająca im skala Beauforta (wg. JCOMM, zmodyfikowane) przyjęte w róży wiatrów

Skala Beauforta	Prędkość wiatru m/s
0	0 - 0,2
1	0,3 - 1,5
2	1,6 - 3,3
3	3,4 - 5,4
4	5,5 - 7,9
5	8 - 10,7
6-12	> 10,7

5. Wyniki

5.1 Jakość wody

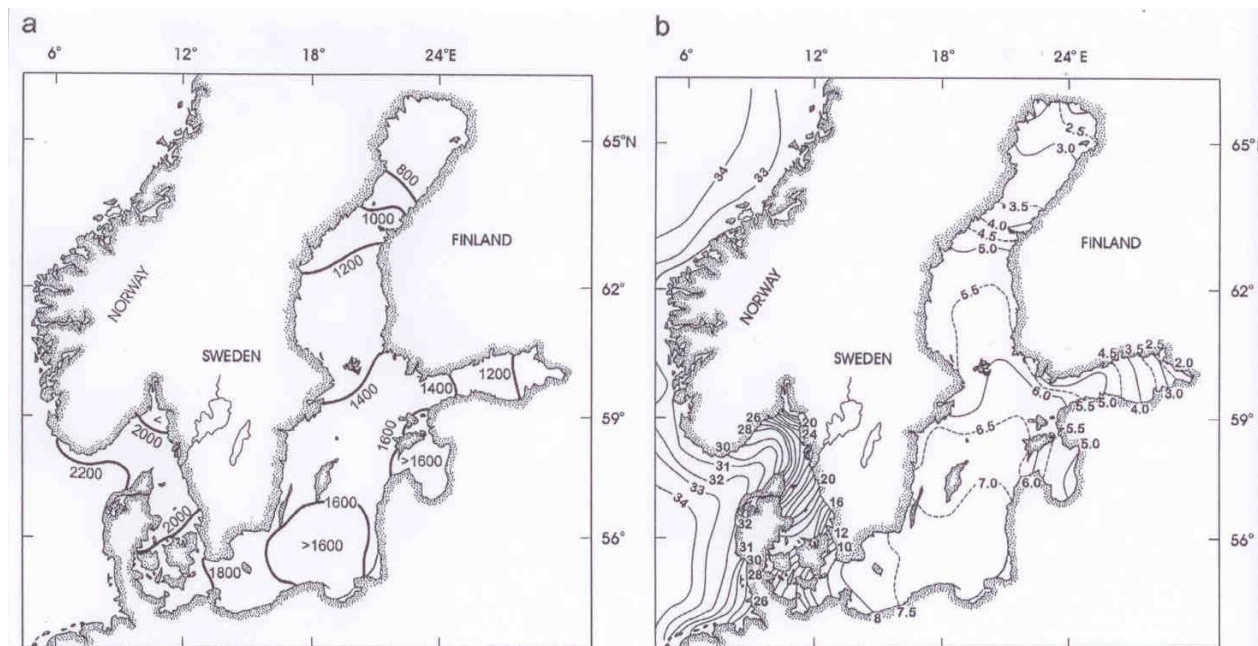
5.1.1 Warunki hydrochemiczne

5.1.1.1 Zasadowość i odczyn (pH)

Zasadowość

Zasadowość całkowitą można zdefiniować jako nadmiar anionów wszystkich słabych kwasów rozpuszczonych w wodzie morskiej w stosunku do kationów (Bołałek i Falkowska, 1999). Przez zasadowość wody rozumiemy zdolność wody do zobojętnienia kwasów mineralnych. Właściwość tę nadają wodzie obecne w niej wodorowęglany, węglany, wodorotlenki oraz występujące w niewielkich ilościach krzemiany, borany i fosforany. Zasadowość jest jednym z parametrów, które charakteryzują równowagę kwasowo-zasadową wód morskich. Określa ona sumę alkalicznych składników w próbce (wodorotlenek, węglan, wodorowęglan, i inne składniki buforujące) (Bołałek i Falkowska, 1999; Dojlido, 1995).

Zasadowość zmienia się liniowo wraz ze zmianą zasolenia (Rysunek 7). Wynika to z faktu, że główne składniki alkaliczności, węglany i borany, należą do substancji konserwatywnych i są uwzględniane w wielkości zasolenia. W wodzie morskiej, w rejonach będących pod dużym wpływem wód lądowych, zauważa się znaczne odchylenia od liniowej zależności alkaliczność-zasolenie (Bołałek i Falkowska, 1999).



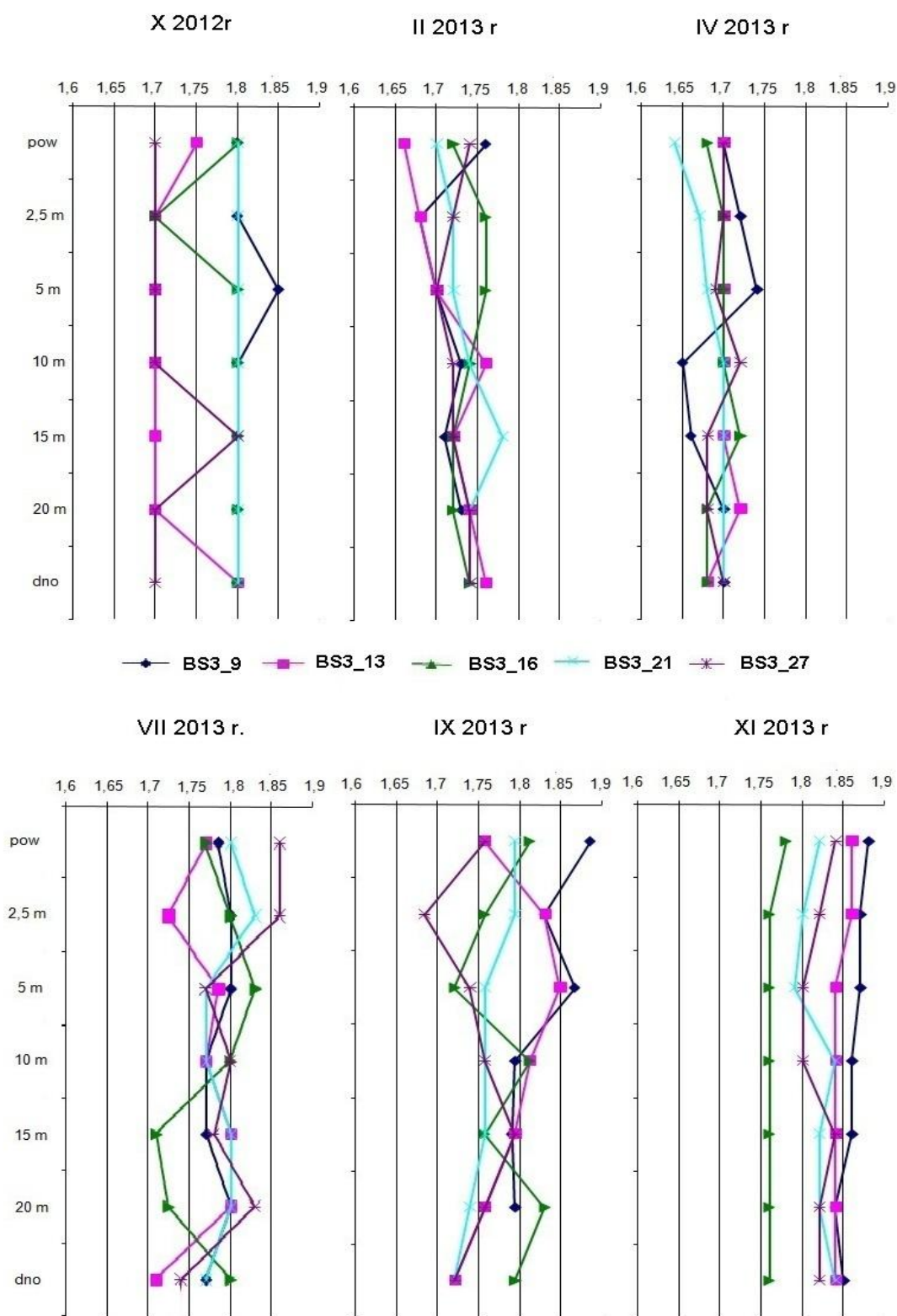
w południowej części Morza Bałtyckiego odwadniają tereny bogate w wapień, a więc mają wyższą zasadowość, niż rzeki mające swe ujścia w północnej części tego akwenu, w których dorzeczu dominują skały granitowe i bazaltowe (Hjalmarsson i in., 2008).

Drugim parametrem mającym wpływ na zasadowość wód Bałtyku jest zasolenie wody. Zasadowość ulega zmniejszeniu wraz z osłabieniem zasolenia. Na ten ostatni parametr, największy wpływ ma napływ wody wysoko zasolonej z Morza Północnego (tzw. wlew), który w ostatnich dwóch dekadach odbywał się rzadko. Ostatnio znaczące wlewy miały miejsce, jednokrotnie w 1993 r. (bardzo duży wlew), w 1997 r. (średni wlew), w 2003 r. (duży wlew) oraz w listopadzie 2009r (mały wlew) oraz w 2010 r. (5 wlewów o różnej intensywności). Po znacznej aktywności wlewowej w 2010 roku, od stycznia do listopada 2011 r. nie miały miejsca wlew słonych wód z Morza Północnego (Uściniowicz i in., 2011, Zalewska i in., 2011). Charakterystyczna jest sezonowość występowania wlewów; poza majem, czerwcem i lipcem, zdarzały się one w pozostałych miesiącach, ale te największe wyłącznie jesienią i zimą, z maksimum w grudniu (Matthaus, 2006).

Wyniki badań zasadowości dla próbek powierzchniowej warstwy wody i próbek wody pobranej z warstwy przydennej z obszaru MFW BŚ III przedstawiono na rysunku poniżej (Rysunek 8). Przedstawia on brak zmian wartości zasadowości na powierzchni i przy dnie na głębokości maksymalnie niewiele ponad 30 m. Zasadowość analizowanych próbek kształtuje się średnio na poziomie $1,75 \text{ mval}\cdot\text{dm}^{-3}$. Analiza otrzymanych danych nie wykazała ani zmian sezonowych, ani zmian zasadowości ze zmianą głębokości w badanym zakresie (Rysunek 8). Ogólnie utrzymywała się na porównywalnym poziomie. Wyniki zasadowości w ciągu całego roku występowały w przedziale $1,64 - 1,88 \text{ mval}\cdot\text{dm}^{-3}$ i wahały się jedynie o $0,24 \text{ mval}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Średnie wyniki zasadowości w poszczególnych okresach pomiarowych, dla wszystkich próbek pobranych z obszaru MFW BŚ III zawierały się w przedziale $1,72-1,80 \text{ mval}\cdot\text{dm}^{-3}$ i wahały się jedynie o $0,08 \text{ mval}\cdot\text{dm}^{-3}$. Nie zaobserwowano zmiany zasadowości wraz z głębokością.

Otrzymane wyniki badań zasadowości w próbkach pobranych z obszaru MFW BŚ III są zgodne z wieloletnimi danymi literaturowymi dla akwenu Morza Bałtyckiego, która wynosi ok. $1,7 \text{ mval}\cdot\text{dm}^{-3}$ dla okolic miejsca pobierania analizowanych próbek (Hjalmarsson i in., 2008; Ulfabo i in., 2011).



Rysunek 8. Pionowe rozkłady zasadowości wody [mval dm^{-3}] w poszczególnych okresach pomiarowych w punktach BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, BS3_27 obszaru MFW BŚ III

Odczyn (pH)

Odczyn wód naturalnych waha się w granicach pH 4-9 i zależy od wielu czynników. Woda w warstwie oceanów i wielu otwartych mórz ma odczyn zasadowy od pH 7,8 do 8,4.

Odczyn wód naturalnych zależy od wielu czynników:

- przede wszystkim od dysocjacji i hydrolizy rozpuszczonych w nich związków,
- układu węglanowego, tzn. od zawartości węglanów i CO₂; wody węglanowe są zasadowe, a wody ubogie w węglany są kwaśne; wody powierzchniowe swój zasadowy odczyn mogą zawdzięczać wzmożonej fotosyntezie,
- charakteru podłoża glebowego, które może zawierać związki o charakterze kwaśnym lub zasadowym,
- zanieczyszczeń ściekami i z opadów atmosferycznych, które mogą powodować wzrost ilości kwasów w wodach.

Odczyn wody ma duże znaczenie dla organizmów żywych i przebiegu procesów biochemicznych i jest traktowany jako czynnik biologiczny. Organizmy wodne mają w stosunku do odczynu pH wody określony zakres tolerancji, tj. od pH 6,5 do pH 8,5. W wodach zbyt kwaśnych lub zbyt zasadowych zamiera życie biologiczne. Według różnych autorów prac przeglądowych cytowanych przez Brutemarka i in. (2011) głównym czynnikiem wpływającym na zmiany pH w Morzu Bałtyckim jest emisja CO₂, ale także ilość pokrywy lodowej, indukowane wiatrem mieszanie warstwy powierzchniowej, upwelling wód głębinowych, alkaliczność, a więc i zasolenie, zawartość biogenów i zakwity glonów oraz strącanie antropogenicznych zanieczyszczeń z atmosfery - jak siarka i tlenki azotu (kwaśne deszcze).

W badanym okresie pomiarowym wyniki odczynu (pH) dla wszystkich prób pobranych z obszaru MFW BŚ III zawierały się w następujących przedziałach:

- 8,05 - 8,15 w październiku 2012 r. Średni odczyn pobranych prób kształtuje się na poziomie 8,09. W sezonie jesiennym zmiana pH wraz ze zmianą głębokości jest praktycznie niezauważalna i kształtuje się z wartością średnią dla powierzchni 8,09 i dla warstwy przydennej wody 8,09;
- 7,90 - 8,24 w lutym 2013r. Średni odczyn pobranych prób kształtuje się na poziomie 8,18. W sezonie zimowym zmiana pH wraz ze zmianą głębokości jest również niezauważalna i kształtuje się z wartością średnią dla powierzchni 8,17 i dla warstwy przydennej wody 8,17;
- 7,73 – 8,31 w kwietniu 2013r. Średni odczyn pobranych prób kształtuje się na poziomie 8,07. Generalnie w sezonie wiosennym zaczęto obserwować niewielką zmianę w wartościach pH przy średniej wartości pH w warstwie powierzchniowej wody 8,05 i 8,08 w warstwie przydennej;
- 7,29 - 8,92 w lipcu 2013r. Średni odczyn pobranych prób kształtuje się na poziomie 8,24. W sezonie letnim różnica w wartościach pH w powierzchniowej i przydennej warstwie wody jest wyraźnie widoczna i największa z wartością średnią 8,59 dla powierzchni i 7,77 dla warstwy przydennej. Wynikać to może z największej w miesiącach letnich różnicy temperatur pomiędzy wodą powierzchniową i przydenną (wynoszącą średnio w trakcie

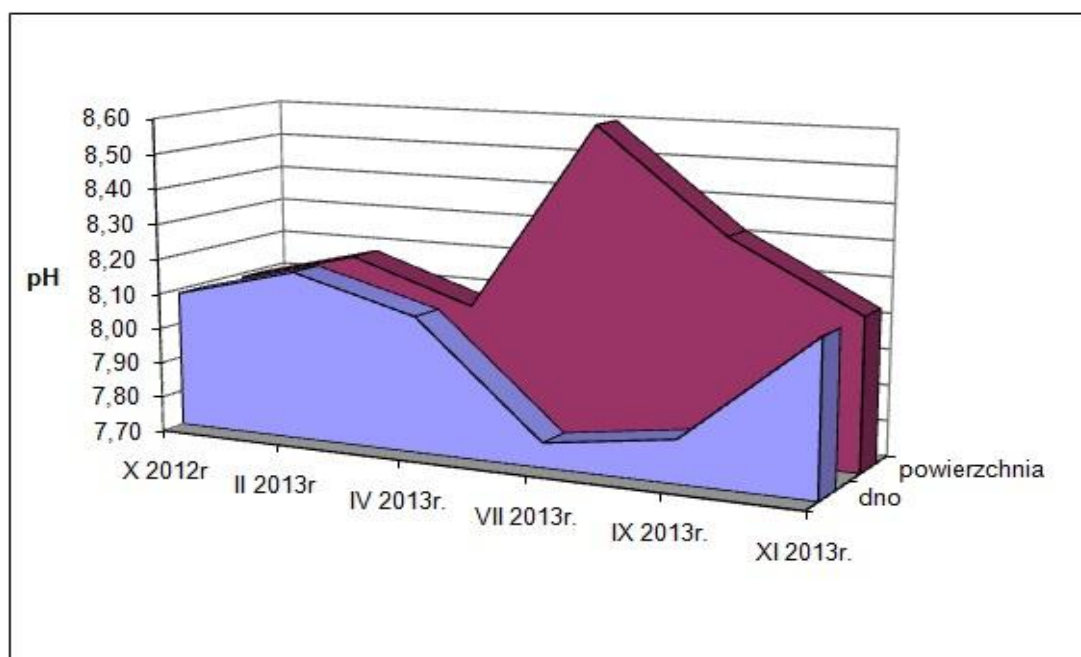
pobierania próbek w miesiącu lipcu ok. 6 °C) oraz spadku zawartości rozpuszczonych gazów takich jak CO₂, spowodowanego wzrostem intensywności procesu fotosyntezy prowadzonej przez rozwijający się w tym okresie fitoplankton;

- 7,46 - 8,43 we wrześniu 2013r. Średni odczyn pobranych próbek kształtuje się na poziomie 8,12. Późnym latem różnica w wartościach pH w powierzchniowej i przydennej warstwie wody zaczyna się zmniejszać z wartością średnią 8,32 dla powierzchni i 7,85 dla warstwy przydennej;
- 8,05 - 8,25 w listopadzie 2013r. Średni odczyn pobranych próbek kształtuje się na poziomie 8,13. Różnica pH pomiędzy warstwą powierzchniową a przydenną zaciera się i kształtuje na poziomie średniej wartości pH 8,13 na powierzchni jak i przy dnie.

Średnia wartość pH z wszystkich okresów pomiarowych wynosiła 8,12 co zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 09 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545) plasuje wody z badanego rejonu w II klasie jakości wód.

Odczyn pH we wszystkich punktach pomiarowych obszaru MEW BŚ III w ciągu całego roku był zasadowy. Otrzymane wyniki badań są zgodne z wynikami wieloletnich badań prowadzonych w Morzu Bałtyckim. Jak wskazały analizy wód na granicy Bałtyku Właściwego i Zatoki Fińskiej (Brutemark i in., 2011) i na Bałtyku Właściwym (Basen Gotlandzki) (Ulfsabo i in., 2011) odczyn wody powierzchniowej i odczyn wody badanej na różnych głębokościach (do ok. 70 m) nie zmienia się i wynosi ok. 8,0.

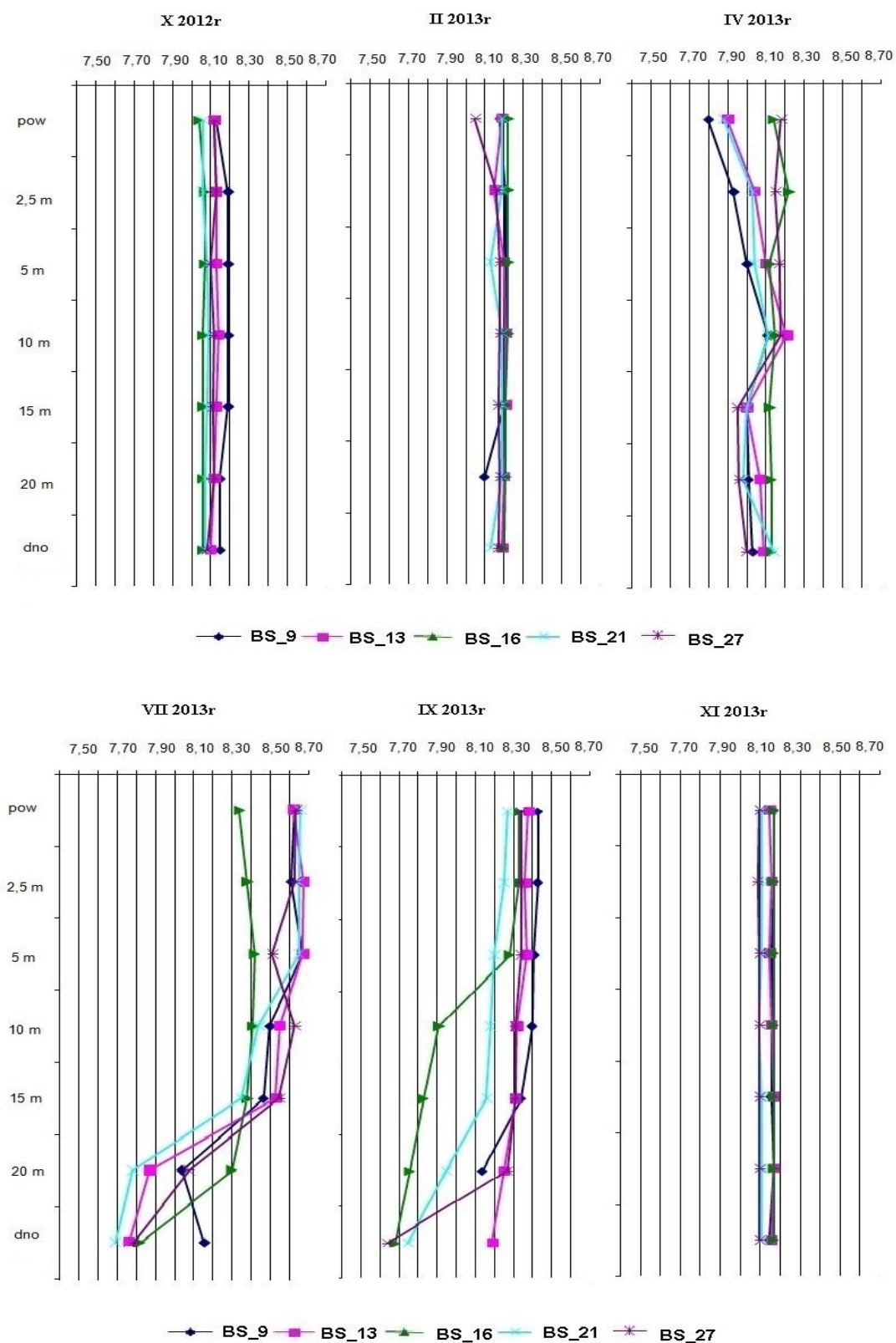
Na rysunku poniżej (Rysunek 9) przedstawiono średnie wartości pH w powierzchniowej i przydennej warstwie wody w poszczególnych okresach pomiarowych.



Rysunek 9. Sezonowość zmian wartości pH w warstwie powierzchniowej i przydennej wody na obszarze MFW BŚ III

Odczyn wody w badanym obszarze MFW BŚ III, charakteryzuje się zmiennością sezonową. Wyniki uzyskane dla tego obszaru potwierdzają dane literaturowe dla wód Zatoki Fińskiej (prawie czterdziestoletnie wyniki badań prowadzonych w latach 1972-2010 w rejonie północno zachodniej części tej Zatoki), które wskazują, że wartość pH systematycznie rośnie od stycznia do maja, stabilizuje się w miesiącach letnich (do sierpnia), następnie sukcesywnie spada (do grudnia), w granicach pH 7,5 – 8,5 (Brutemark i in., 2011).

Na rysunku poniżej (Rysunek 10) przedstawiono zmianę wartości pH wraz z głębokością w różnych porach roku.



Rysunek 10. Pionowe rozkłady odczynu wody w poszczególnych okresach pomiarowych w punktach BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, BS3_27

Zmiana pH z głębokością, zgodnie z literaturą, jest bardzo niewielka. Zauważalna jest w warstwie powierzchniowej wody z badanego obszaru w miesiącu kwietniu. Najbardziej uwidacznia się w miesiącach letnich (lipiec, wrzesień), gdzie pH wzrasta w warstwie wody do głębokości ok. 10-15 m i obniża się poniżej tej głębokości. Jest to związane z mieszaniem warstwy powierzchniowej, różnicą w zasoleniu, różnicą w temperaturze wody, emisją CO₂, obecnością miogenów, czy zakwitaniem glonów.

5.1.2 Zawartość tlenu rozpuszczonego i biologicznego zapotrzebowania tlenu (BZT₅)

Tlen rozpuszczony

Zawartość tlenu jest jednym z najważniejszych wskaźników jakości wody, ponieważ jest on niezbędny do życia ryb i innych organizmów wodnych. Obok temperatury i zasolenia jest najważniejszą składową charakteryzującą warunki środowiska morskiego. Jest cennym wskaźnikiem dotyczącym mas wodnych i czułym indykátorem procesów biologicznych i chemicznych występujących w morzu (Bolałek i Falkowska, 1999). Tlen rozpuszczony w wodzie pochodzi głównie z powietrza, jednak istotnym źródłem tlenu w wodzie może być również fotosynteza (szczególnie w okresach letnich w czasie dużej aktywności (produktywności) biologicznej). W czystych wodach powierzchniowych zawartość tlenu zwykle odpowiada 100 procentowemu nasyceniu. W wodach zanieczyszczonych substancjami organicznymi, tlen zużywany jest na procesy biochemicznego rozkładu tych substancji i jego zawartość może obniżyć się poniżej 100% nasycenia. Natomiast w warstwie powierzchniowej wód w wyniku wzmożonej produkcji pierwotnej latem, spotyka się stan przesylenia wody tlenem. Ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie zależy od wielu czynników – między innymi od: osiągnięcia stanu równowagi, występujących procesów mieszania (np. intensywność falowania, które ułatwiają osiągnięcie stanu nasycenia), ciśnienia, temperatury, zasolenia, obecności substancji organicznych i organizmów żywych. W akwenach charakteryzujących się dużą aktywnością (produktywnością) biologiczną z utrudnioną wymianą pionową wód, osadzające się na dnie cząstki organiczne mogą zużyć cały zapas tlenu na procesy mineralizacji. Może to spowodować, że wody od pewnej głębokości mogą być odtlenione (wykształcenie warstwy beztlenowej). W takiej sytuacji dalszy rozkład substancji organicznych może zachodzić na drodze beztlenowej z wydzieleniem znacznych ilości siarkowodoru. Taką sytuację można spotkać w fiordach norweskich jak również w Głębi Gdańskiej czy Gotlandzkiej. Takie obszary wód przydennych nazywane są pustyniami siarkowodorowymi (Bolałek i Falkowska, 1999; Coloney, 2010).

Tlen jest jednym ze wskaźników eutrofizacji (HELCOM BSAP, 2009). Niedotlenienie (definiowane jako stężenie tlenu rozpuszczonego poniżej 2,0 mg·dm⁻³) jest jednym z najbardziej szkodliwych efektów eutrofizacji, które znacząco wzrosły w ostatnim wieku (Johnsson i in., 1990; Osterblom i in., 2007; Zillen i Coloney, 2010).

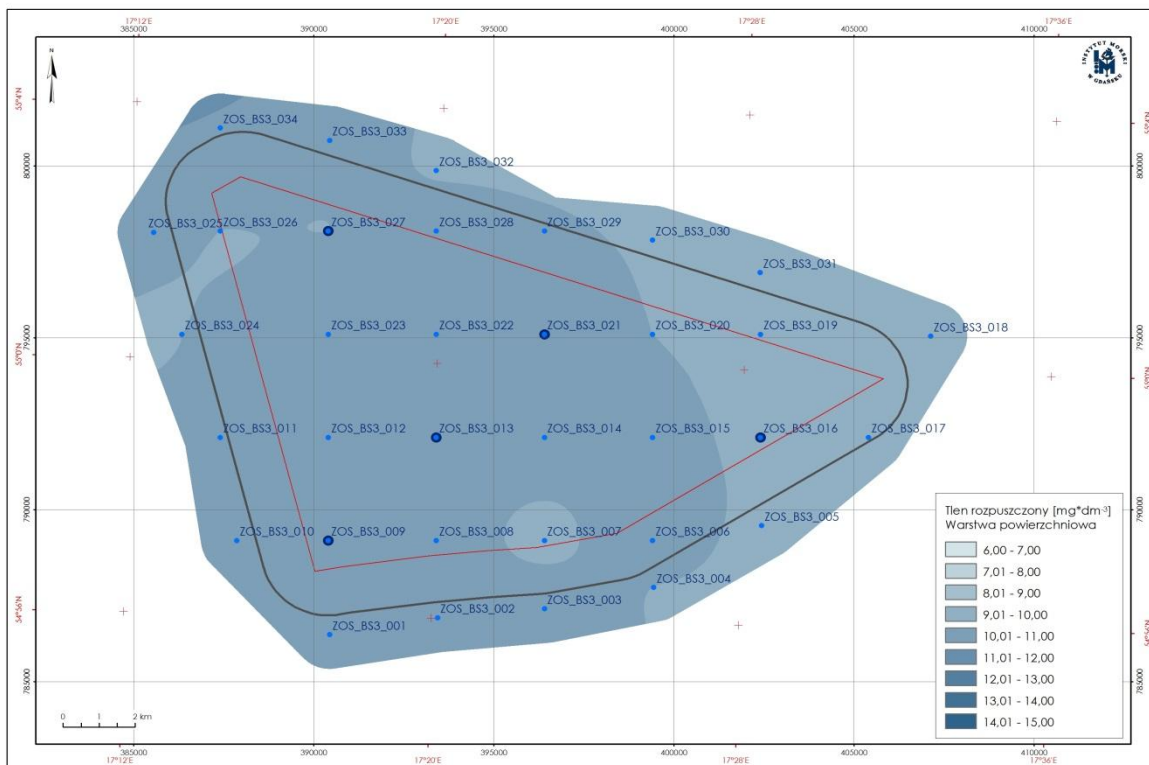
Stężenia tlenu rozpuszczonego w badanym obszarze (MFW BŚ III) w październiku 2012r. występowały na poziomie od 9,80 mg·dm⁻³ do 12,7 mg·dm⁻³. W lutym 2013r. stężenia te wzrosły do poziomu 11,4 – 14,6 mg·dm⁻³ (średnia 12,5 mg·dm⁻³). W kwietniu zaobserwowano spadek tlenu rozpuszczonego do poziomu 9,95 – 12,80 mg·dm⁻³. Średnia zawartość wynosiła w tym miesiącu 11,21 mg·dm⁻³. W okresie letnim (lipiec) obserwowano dalszy spadek stężenia tlenu rozpuszczonego do poziomu 6,68 – 10,48 mg·dm⁻³, ze średnią dla badanego obszaru wynoszącą 9,0 mg·dm⁻³. We wrześniu odnotowano niewielki wzrost stężenia w stosunku do pomiarów lipcowych (7,43-11,30 mg·dm⁻³)- średnia 9,42

$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. W listopadzie obserwowano dalszy niewielki wzrost stężenia – średnia $10,33 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ($8,87$ - $11,55 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$).

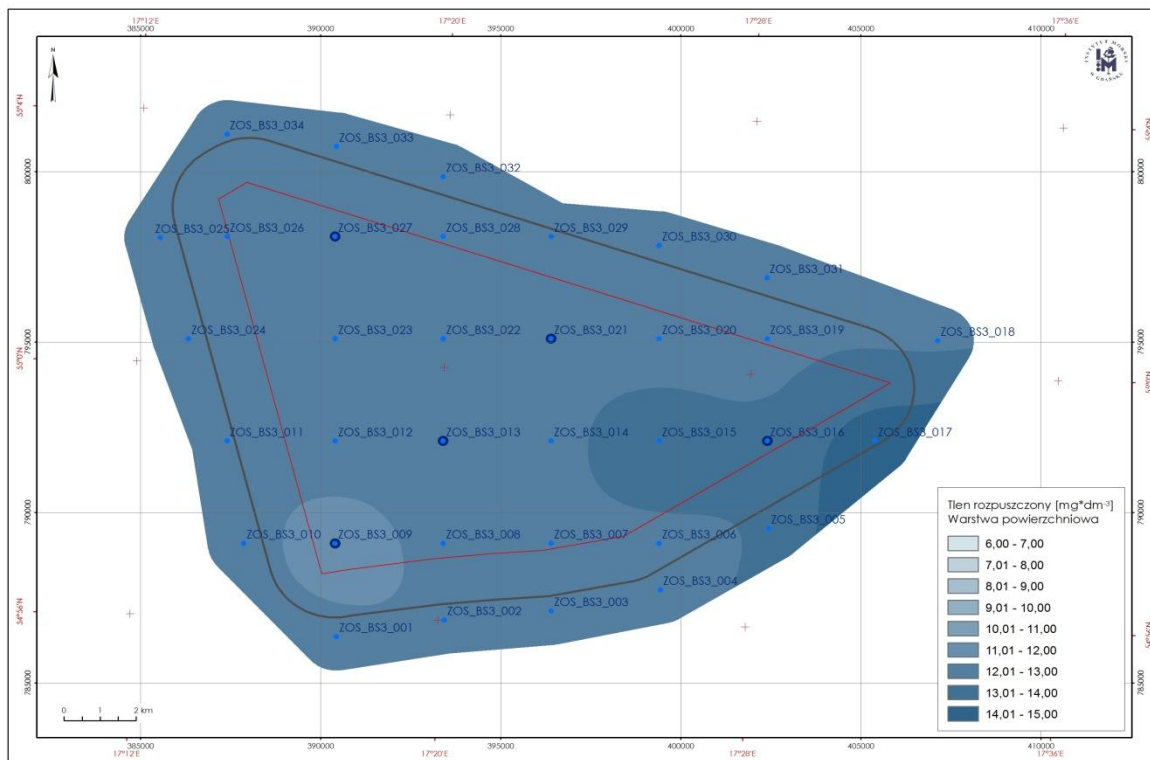
Stężenia te we wszystkich okresach pomiarowych zawierały się w przedziale $\geq 6 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, co zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, (Dz. U. 2011, Nr 257, poz. 1545) plasuje analizowany rejon w I klasie jakości wód (wyłącznie na podstawie stężenia tlenu rozpuszczonego).

Porównując uzyskane wyniki do danych literaturowych stwierdzono, że stężenia te były typowe dla wód środkowego wybrzeża południowego Bałtyku w poszczególnych okresach pomiarowych. Wyniki stężenia tlenu rozpuszczonego z wielolecia 1986-2005, jak również z ostatnich lat wskazują na następujące wartości tlenu rozpuszczonego w wodach środkowego wybrzeża: okres zimowy (luty) – 10 - $12 \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ (tj. $14,4$ - $17,1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), okres wiosenny (kwiecień) – od $9,0$ - $10 \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ (tj. $8,57$ - $14,29 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), okres letni (lipiec) - od $6,0$ do $8,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ (tj. $8,57$ - $11,43 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), okres jesienny (wrzesień, październik, listopad) – od $6,5$ do $8,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ (tj. $9,28$ - $11,43 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) (Zalewska i in., 2012; Miętus i Sztorbyn, 2011).

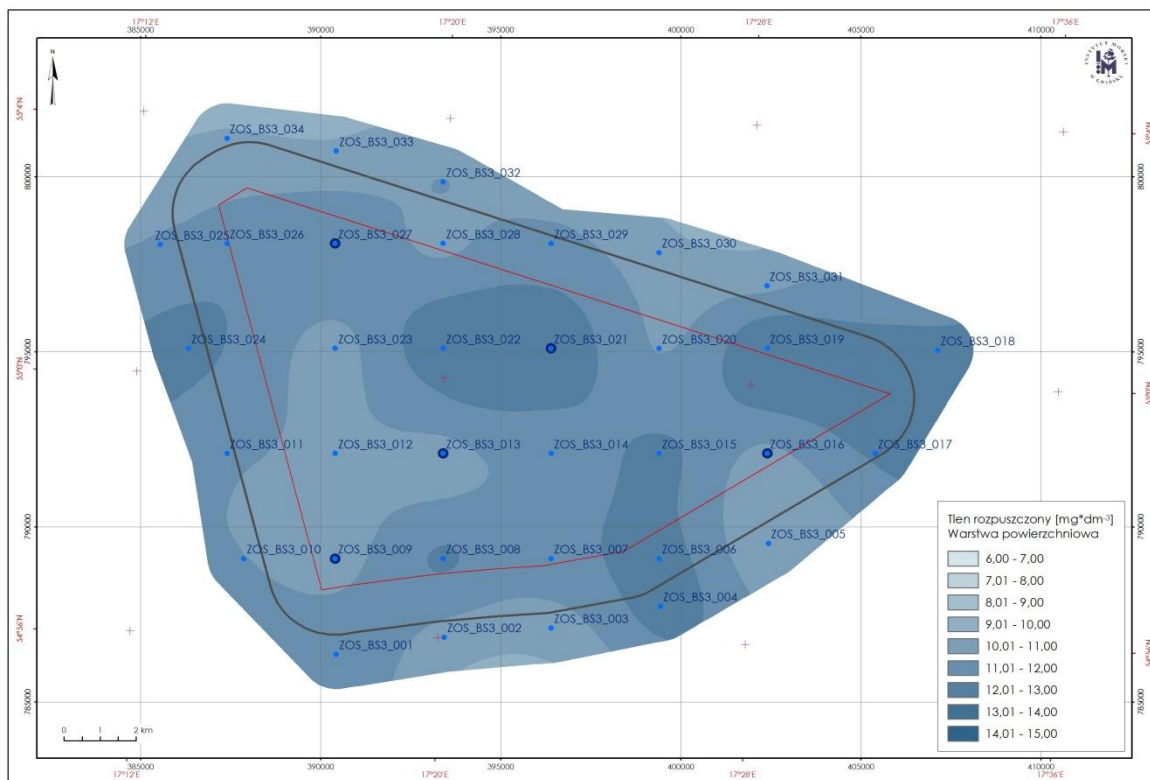
Przestrzenne rozkłady stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej oraz przydennej z obszaru MFW BŚ III dla analizowanego okresu (w poszczególnych miesiącach pomiarowych) przedstawiono na rysunkach poniżej (od Rysunek 11 do Rysunek 22).



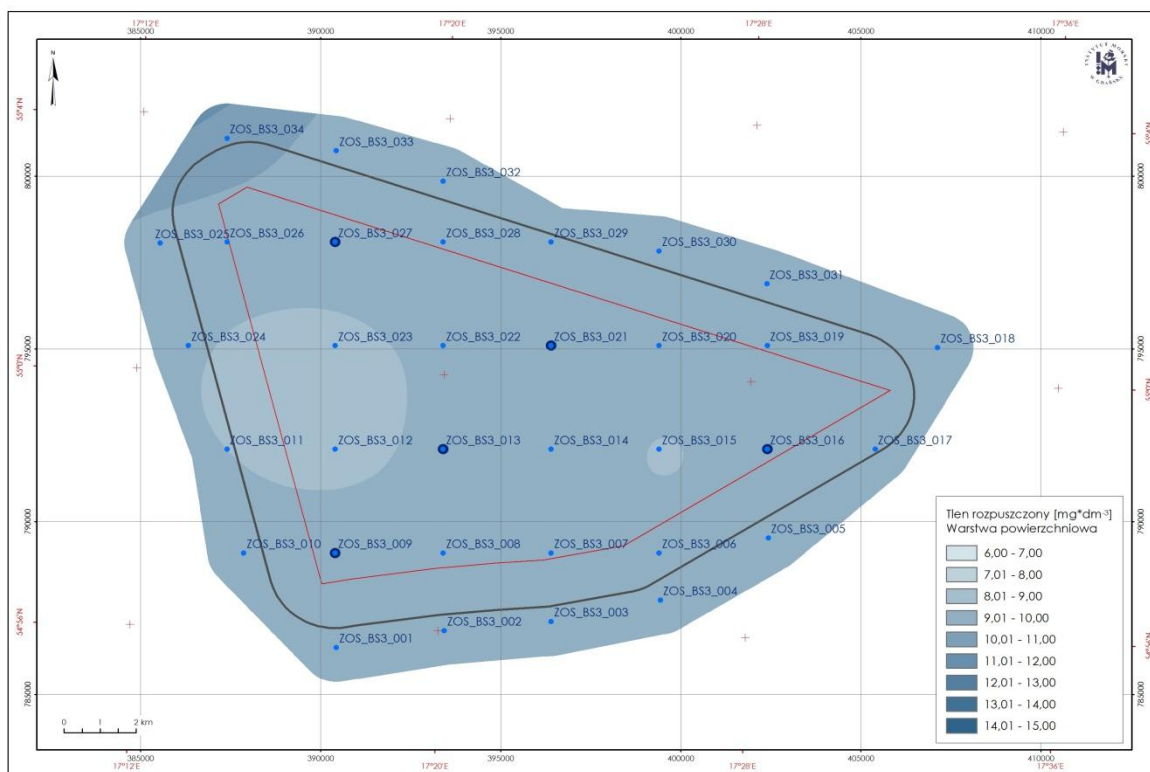
Rysunek 11. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.



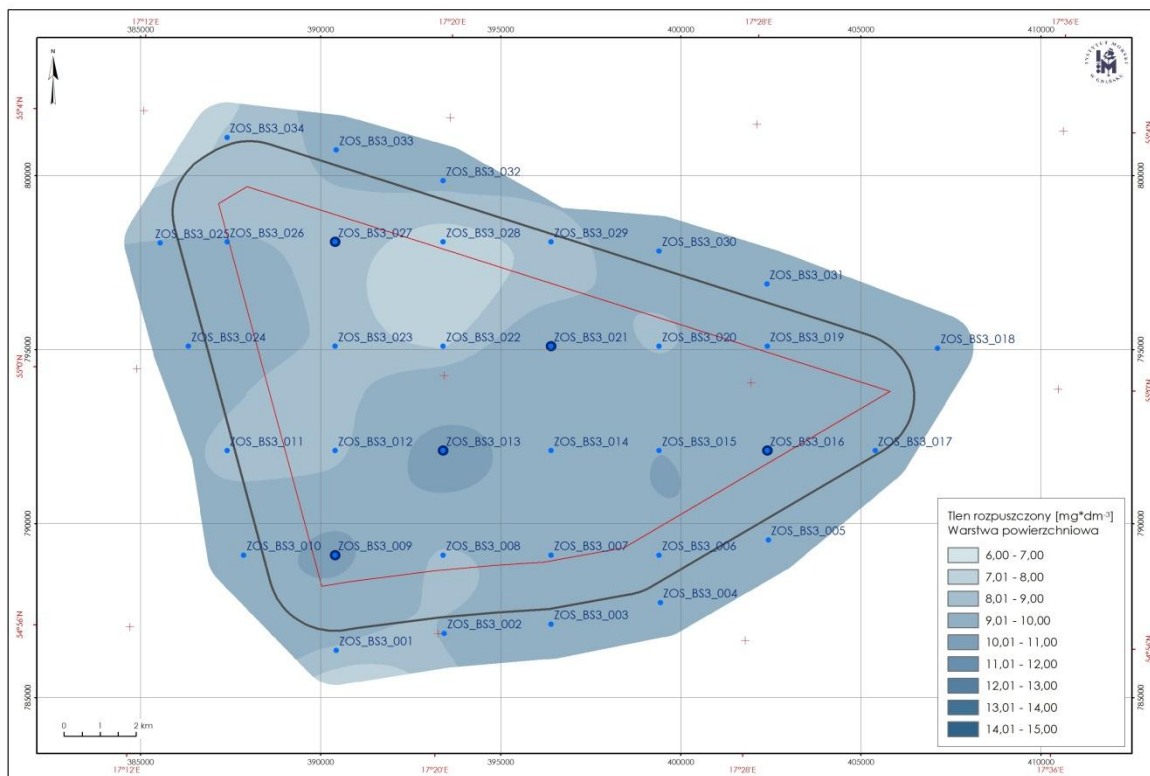
Rysunek 12. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.



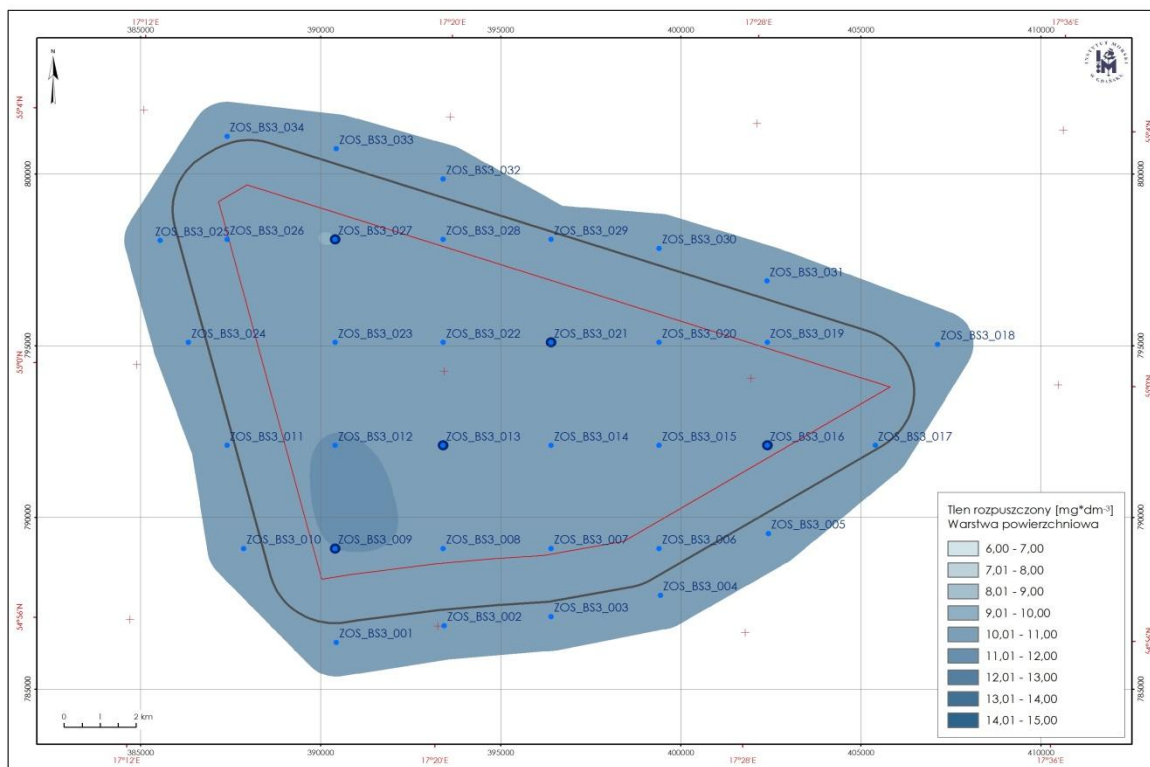
Rysunek 13. Przestrenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.



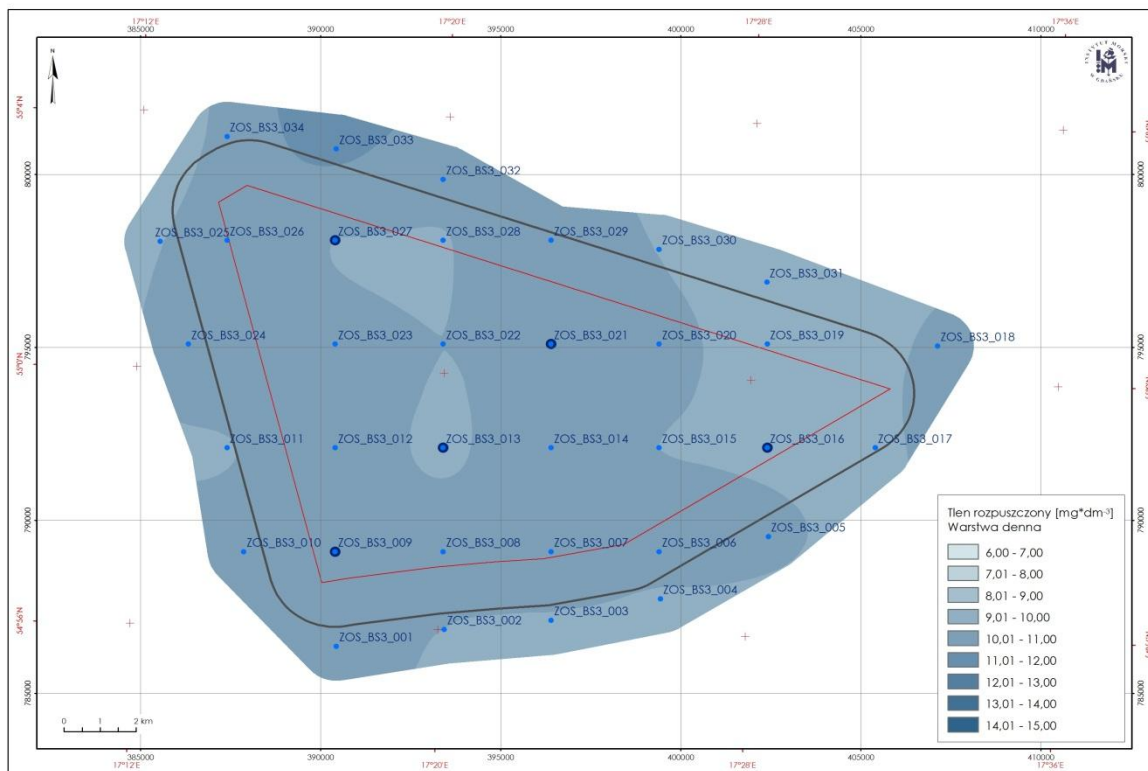
Rysunek 14. Przestrenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.



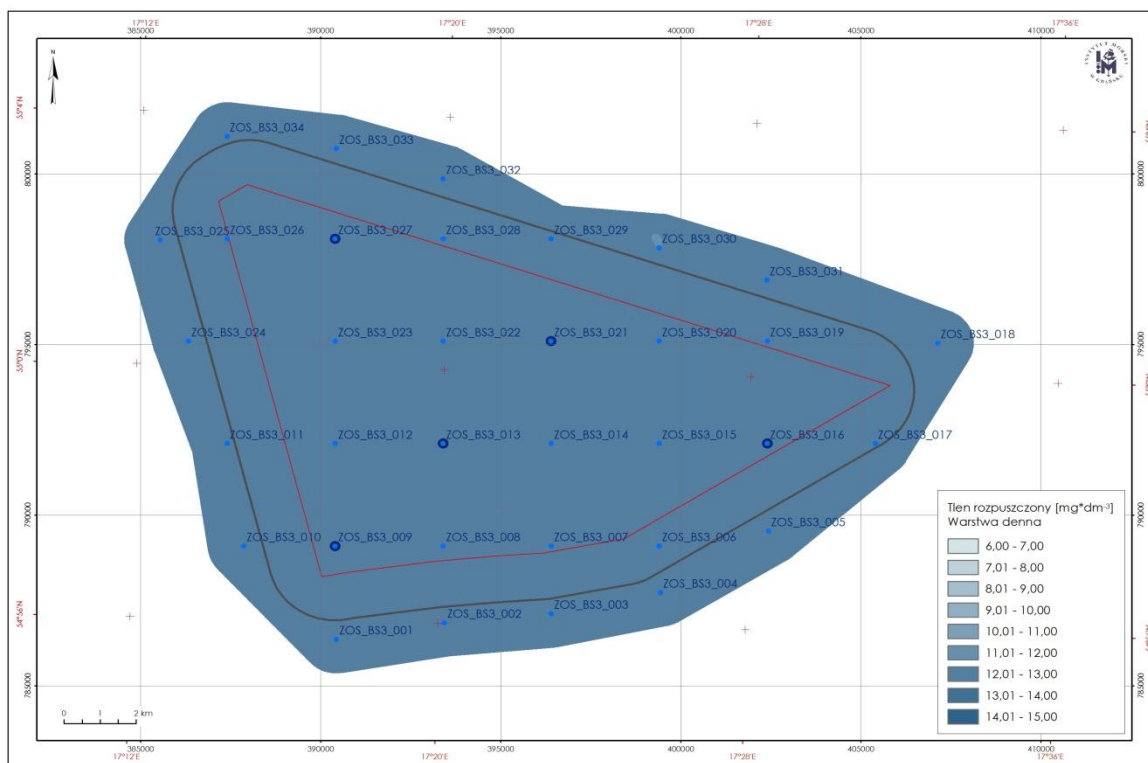
Rysunek 15. Przestrenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.



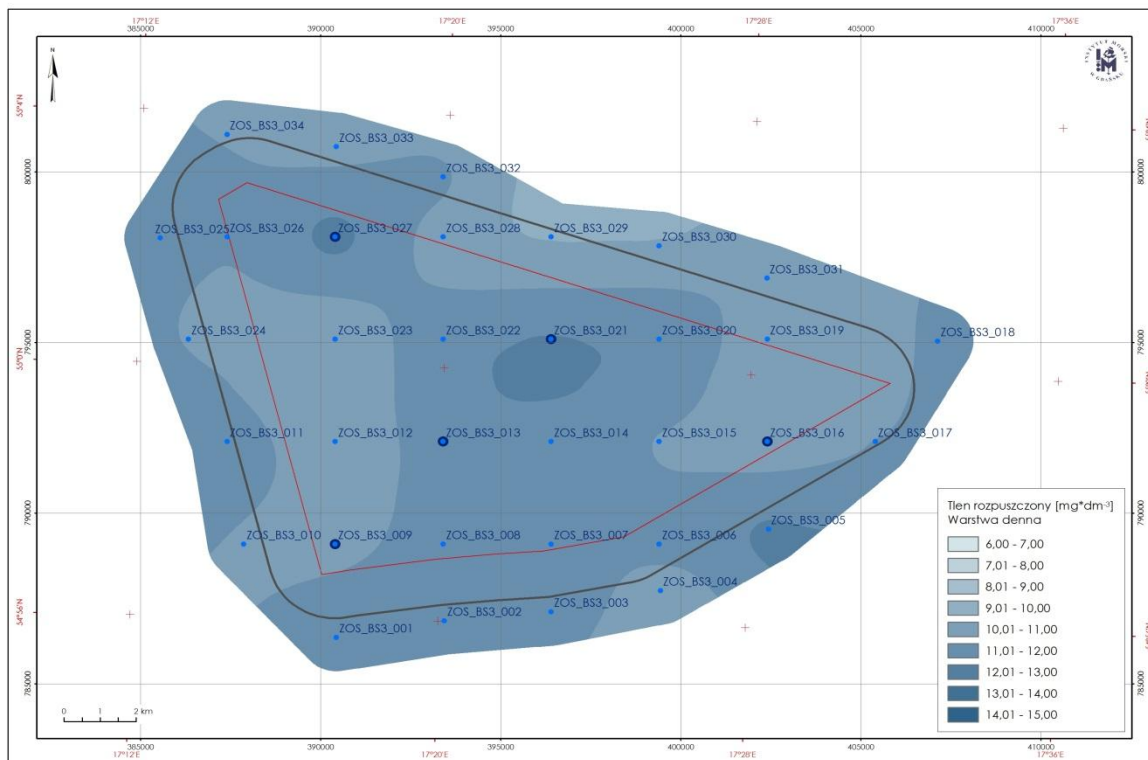
Rysunek 16 Przestrenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.



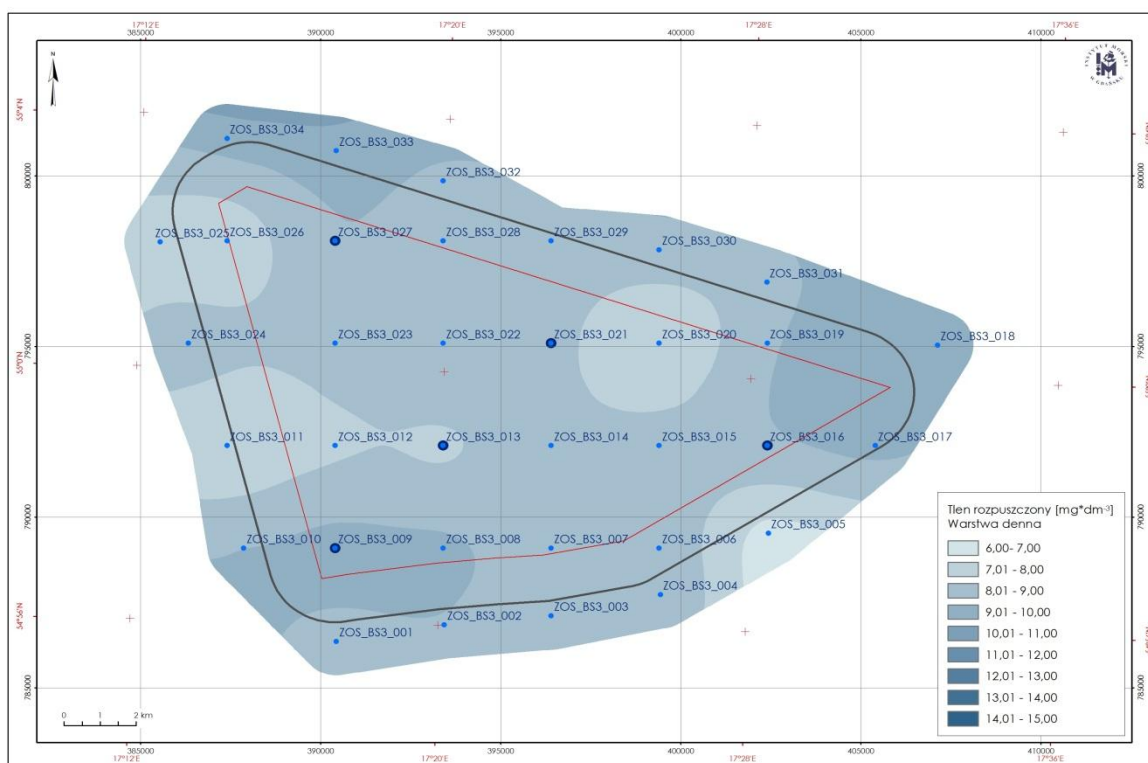
Rysunek 17. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w październiku 2012r.



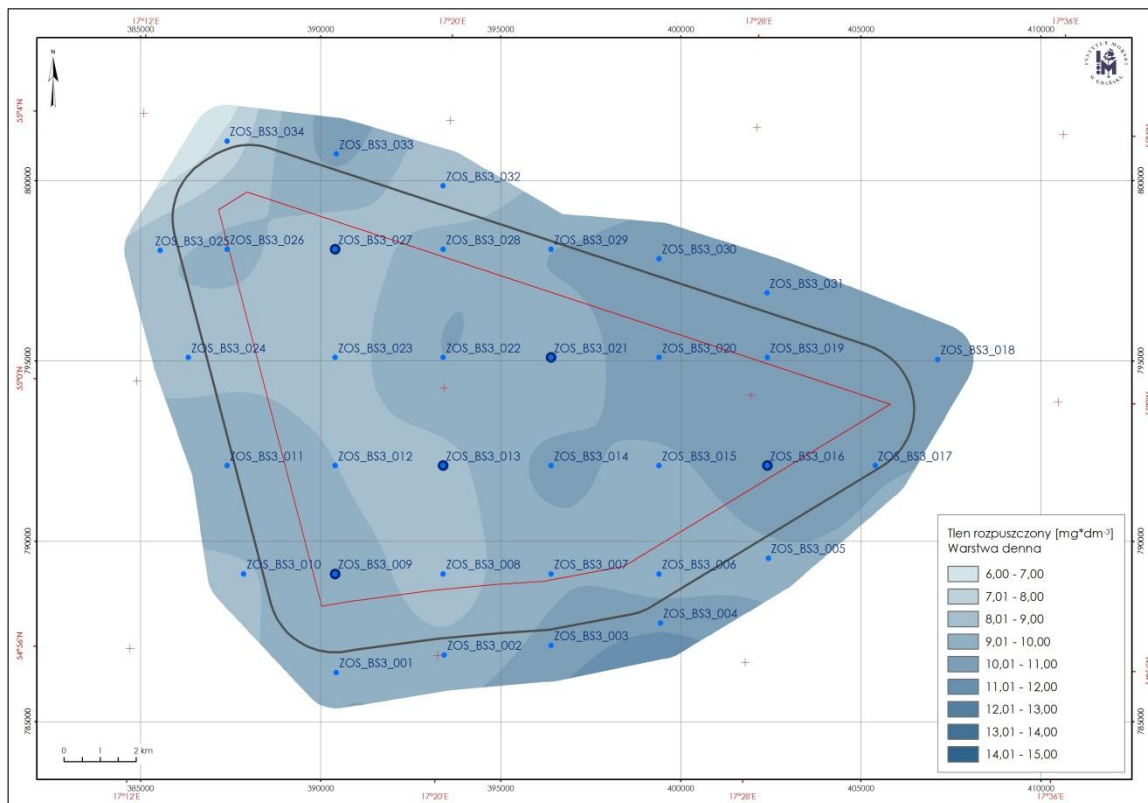
Rysunek 18. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w lutym 2013 r.



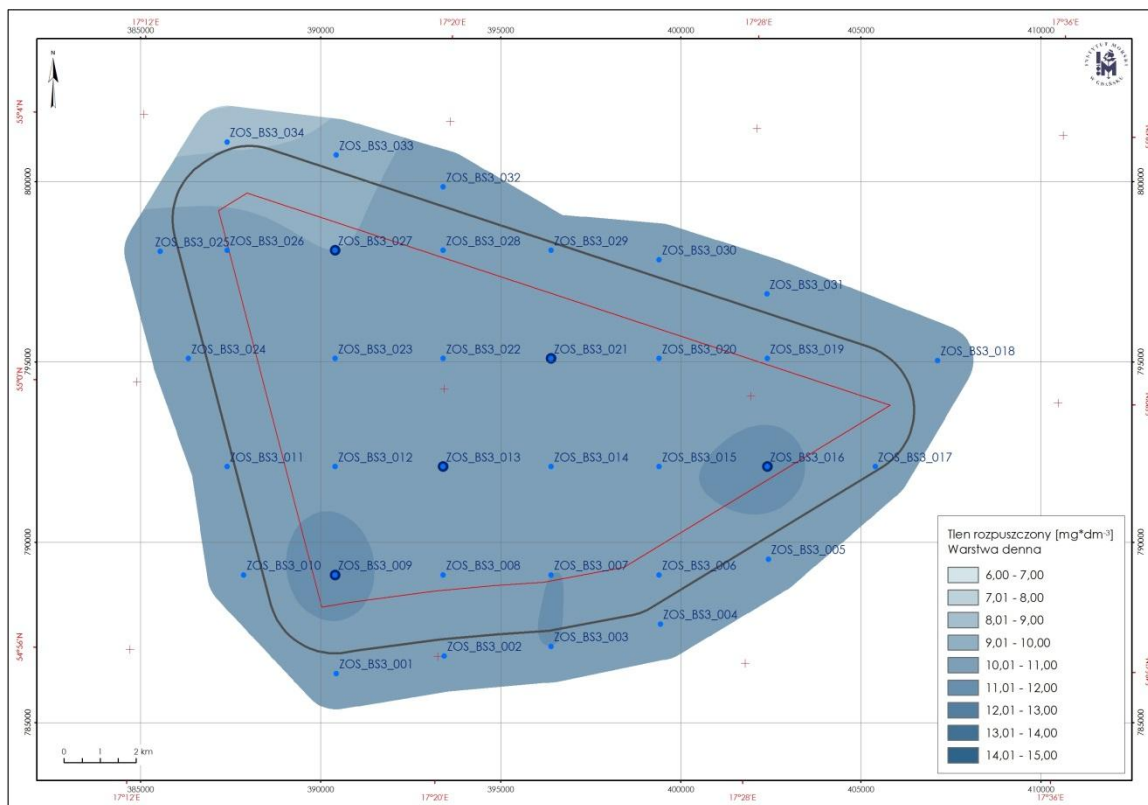
Rysunek 19. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.



Rysunek 20. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.



Rysunek 21. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.



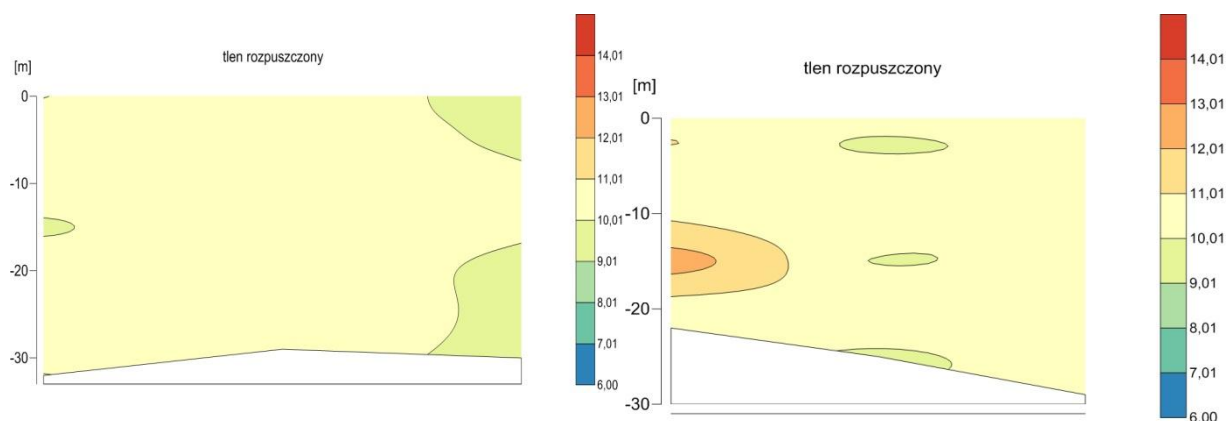
Rysunek 22. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.

Analizując poziomy rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w próbkach wody z obszaru MFW BŚ III, stwierdzono, że najbardziej zróżnicowany rozkład stężeń występował w kwietniu oraz wrześniu 2013r. zarówno w warstwie powierzchniowej jak i przydennej oraz w warstwie przydennej w lipcu. W kwietniu najwyższe stężenia tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej układały się w części centralnej, w pasie wschód-zachód, zaś w warstwie przydennej w pasie północny zachód-południowy wschód. We wrześniu natomiast najwyższe stężenia tlenu rozpuszczonego obserwowano w części wschodniej badanego obszaru (zarówno w warstwie powierzchniowej jak i przydennej). Mogło to być związane ze wzmożoną produkcją pierwotną (np. zakwity okrzemek) w okresie wiosennym (która nie przebiegała równomiernie w badanym obszarze) (Zalewska i in., 2012) oraz znacznym zróżnicowaniem temperatury wody (w czasie poboru próbek do badań fizykochemicznych) w lipcu i wrześniu (np. we wrześniu temperatura wody w warstwie przydennej badanego obszaru wynosiła w granicach od 7,3-17,4⁰C a w lipcu od 6,8 do 16,2⁰C).

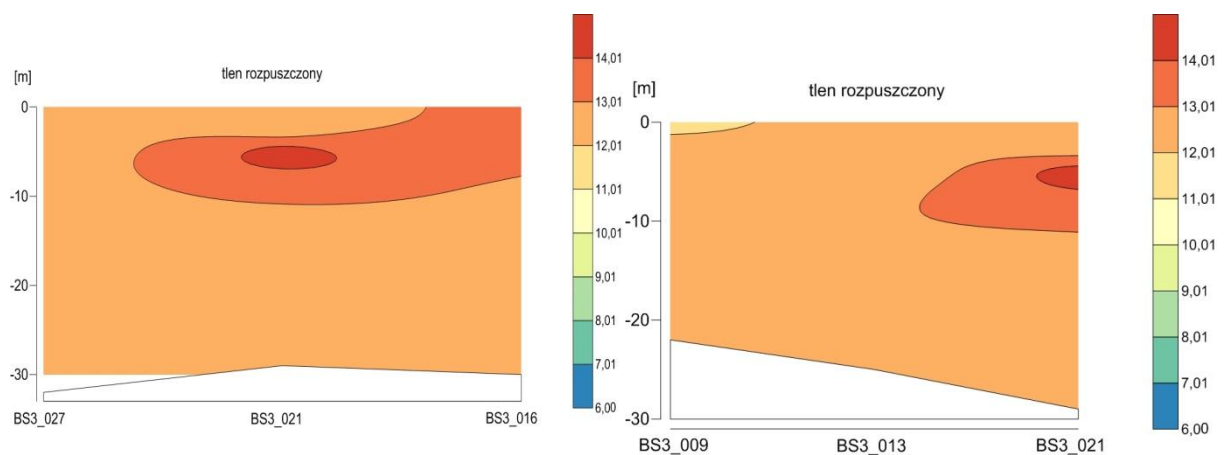
W pozostałych okresach pomiarowych nie obserwowano generalnie dużego zróżnicowania stężenia tlenu rozpuszczonego w rejonie MFW BŚ III. Najmniej zróżnicowany rozkład stężeń obserwowano w lutym (zarówno w warstwie powierzchniowej jak i przydennej). Mogło to być spowodowane dobrym wymieszaniem wód (temperatura wód w badanym rejonie wahała się od 1,9 do 2,9⁰C).

Na rysunkach poniżej (Rysunek 23 oraz Rysunek 24) przedstawiono pionowy rozkład stężenia tlenu rozpuszczonego (od powierzchni do dna) w dwóch przekrojach BS3_9, BS3_13, BS3_21 oraz BS3_27, BS3_21, BS3_16, w sześciu okresach pomiarowych.

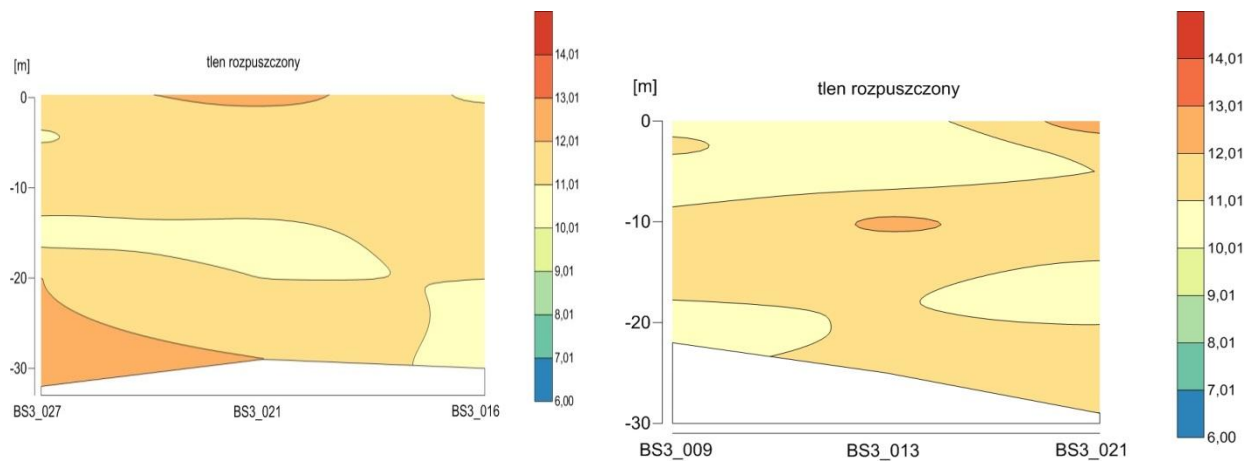
a) X.12



b) II.12

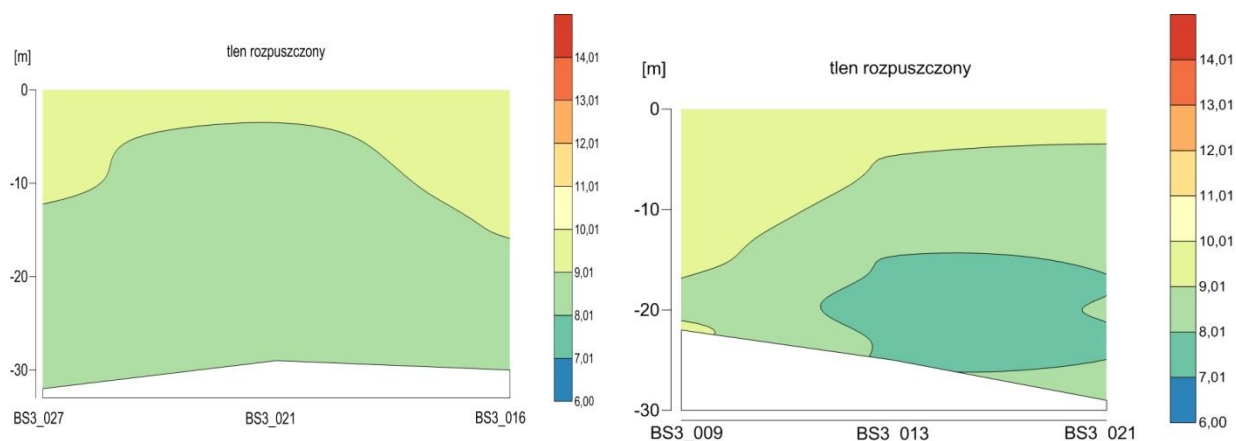


c) IV. 13

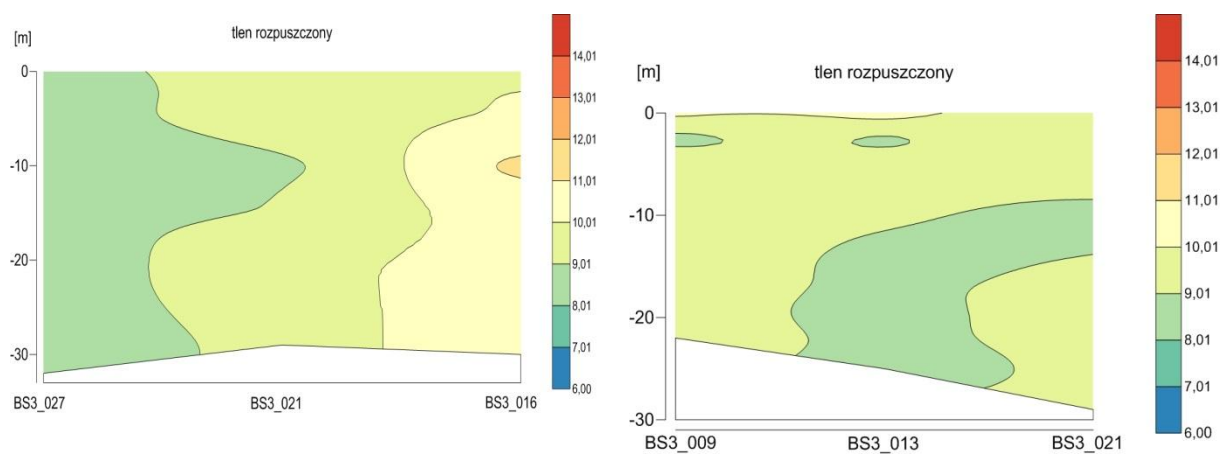


Rysunek 23. Pionowy rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w poszczególnych okresach pomiarowych (X.12r. – IV.13r.)

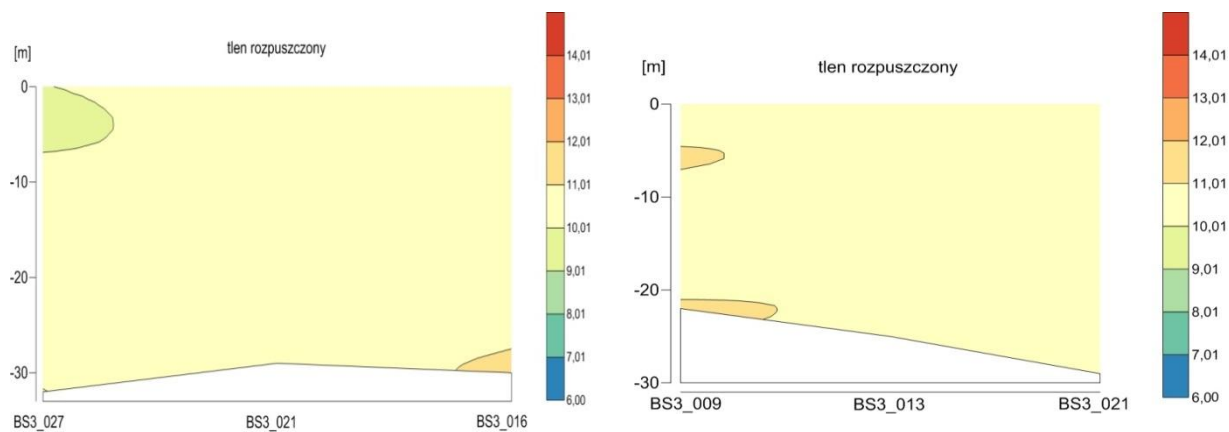
d) VII.13



e) IX. 13



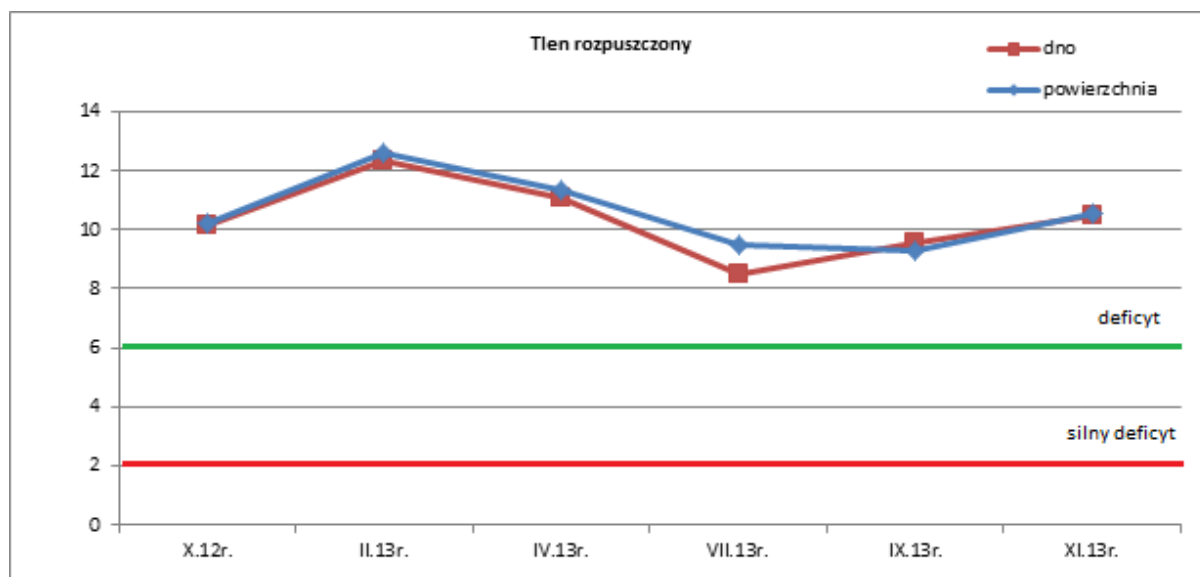
f) XI. 13



Rysunek 24. Pionowy rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego [mg·dm⁻³] w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w poszczególnych okresach pomiarowych (VII – XI.13r.)

Analiza pionowych rozkładów stężeń tlenu rozpuszczonego, wykazała spadek stężenia z głębokością w lipcu 2013r. W lutym największą koncentrację tlenu rozpuszczonego stwierdzono w warstwie wód od 5,0 - 10 m. W październiku 2012r. oraz listopadzie 2013 stwierdzono natomiast w dużej mierze jednolity rozkład stężenia tlenu w profilach pionowych, co jest typowe dla okresu jesiennego (Zalewska i in., 2012).

Na rysunku poniżej (Rysunek 25) przedstawiono zmiany sezonowe tlenu rozpuszczonego w wodach obszaru MFW BŚ III, w okresie od października 2012 do listopada 2013r.



Rysunek 25. Średnia zawartość tlenu rozpuszczonego [mg·dm⁻³] w warstwie powierzchniowej i przydennej w poszczególnych okresach pomiarowych z zaznaczonymi wartościami granicznymi określającymi deficyt tlenowy

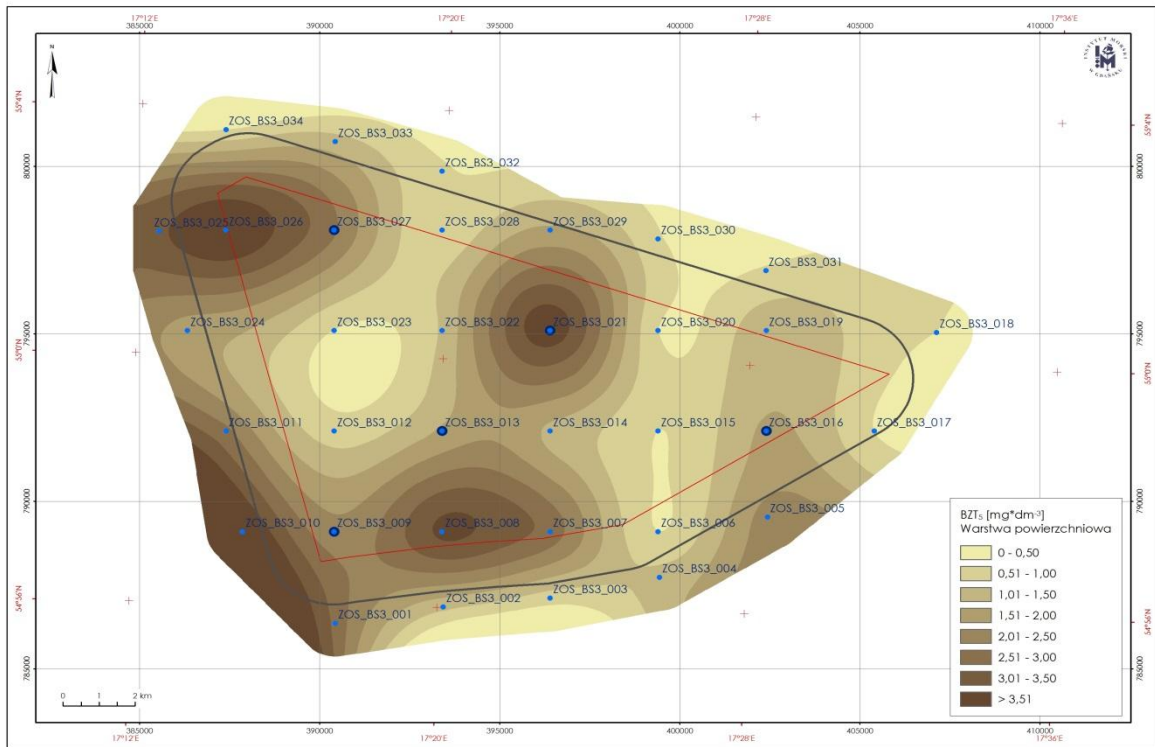
Analiza średniej zawartości tlenu rozpuszczonego w wodach z obszaru MFW BŚ III w poszczególnych okresach pomiarowych, wykazała w badanym obszarze MFW BŚ III najniższe stężenia w lipcu oraz we wrześniu, co było spowodowane zwiększonym rozkładem materii organicznej w tym okresie.

Ocena jakości wody w obszarze MFW BŚ III, w oparciu o zawartość tlenu w warstwie przydennej w okresie letnim (VII, IX) wskazuje na dobry stan (brak deficytu tlenowego). Średnie zawartości tlenu rozpuszczonego w tym okresie występują powyżej wartości granicznej 6,0 mg·dm⁻³ (Krzywiński i in., 2013) - od 8,0-10,0mg·dm⁻³. Porównując otrzymane wyniki zawartości tlenu rozpuszczonego przy dnie z wartościami granicznymi określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545), można badany obszar MFW BŚ III zaliczyć do I klasy jakości wód (stan bardzo dobry) (wyłącznie na podstawie zawartości tlenu rozpuszczonego przy dnie).

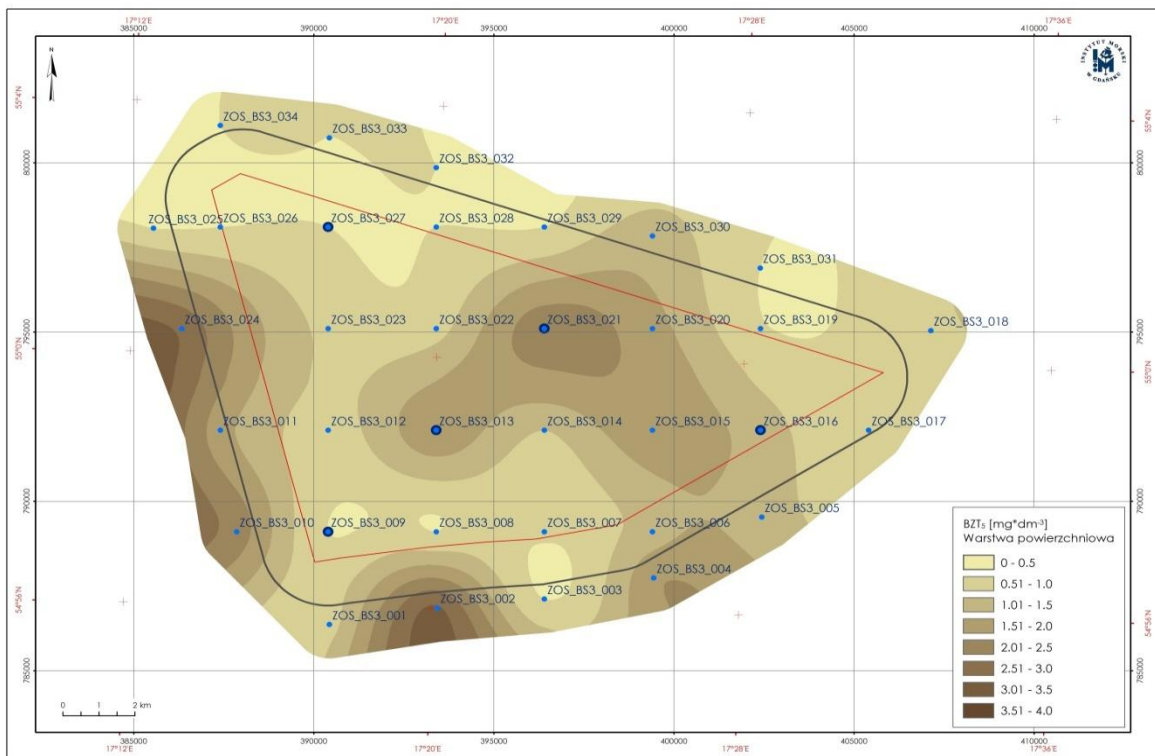
Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅)

Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu BZT₅ jest pojęciem umownym i określa ilość tlenu, wyrażoną w mg·dm⁻³, potrzebną do utlenienia związków organicznych na drodze biochemicznej (bakterie, enzymy), w warunkach aerobowych, w temperaturze 20°C. Ostatecznym produktem biochemicznego utlenienia jest dwutlenek węgla i woda. Przebieg zużycia tlenu zależy nie tylko od składu związków organicznych ulegających rozkładowi oraz od rodzaju mikroorganizmów biorących udział w reakcji ale również od temperatury, obecności związków toksycznych i inhibitorów reakcji biochemicznych. Generalnie biochemiczny rozkład związków organicznych przebiega w dwóch fazach: pierwsza obejmuje utlenianie związków węgla, druga - związków azotu.

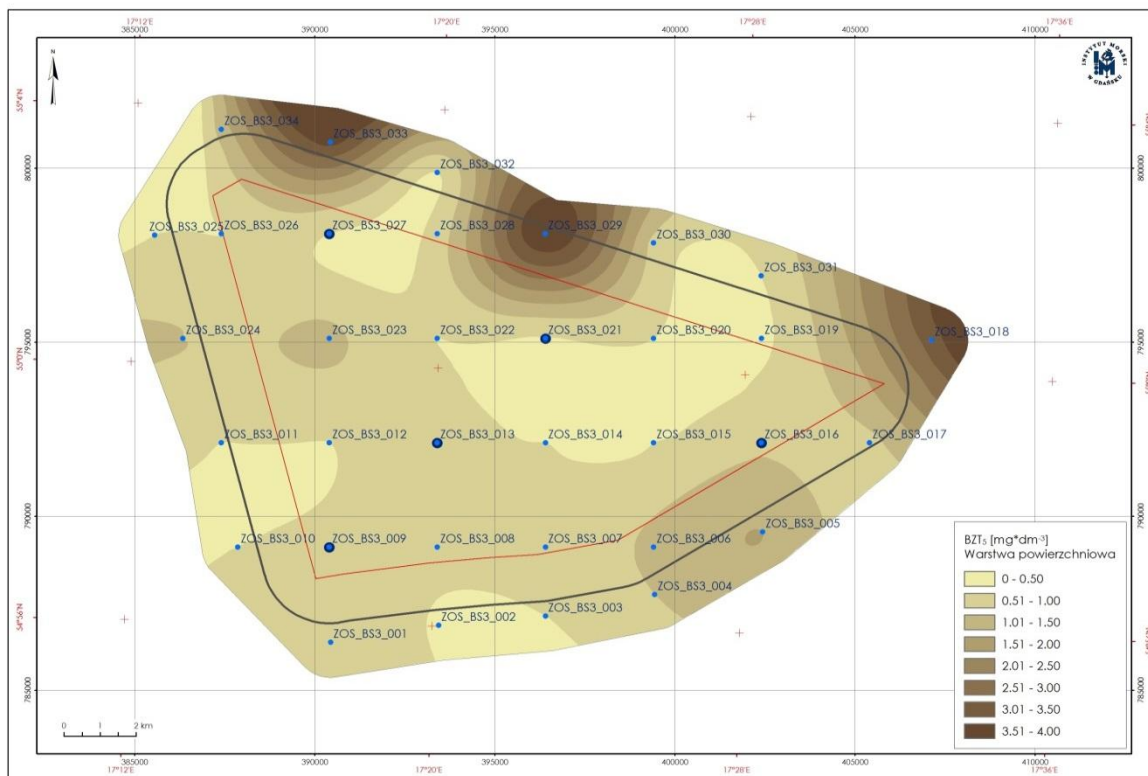
W październiku 2012r. biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅) w próbkach pobranych z obszaru MFW BŚ III wynosiło od poniżej granicy oznaczalności <0,5mg·dm⁻³ do 4,61 mg·dm⁻³ w próbce wody powierzchniowej pobranej na stacji BS3_13/2,5. Średnia wartość BZT₅ w badanym obszarze wynosiła 1,57 mg·dm⁻³. W lutym 2013r. zaobserwowano spadek BZT₅, które wynosiło od poniżej granicy oznaczalności (< 0,5 mg·dm⁻³) do 3,5 mg·dm⁻³. Średnia wartość BZT₅ w badanym obszarze wynosiła 1,46 mg·dm⁻³. Tendencja spadkowa utrzymywała się też w kwietniu. Biologiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅) w tym okresie wynosiło od poniżej granicy oznaczalności (< 0,5 mg·dm⁻³) do 3,9 mg·dm⁻³. Średnia wartość BZT₅ w badanym obszarze wynosiła 0,70 mg·dm⁻³. W okresie letnim (lipiec 2013r.) zaobserwowano nieznaczny wzrost BZT₅. Biologiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅) w próbkach wód pobranych z obszaru MFW BŚ III wynosiło od poniżej granicy oznaczalności (<0,5 mg·dm⁻³) do 2,36 mg·dm⁻³. Średnia wartość BZT₅ w badanym obszarze wynosiła 0,94 mg·dm⁻³. We wrześniu w dalszym ciągu obserwowano tendencję wzrostową. Biologiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅) w próbkach wód pobranych z obszaru MFW BŚ III wynosiło od poniżej granicy oznaczalności (<0,5 mg·dm⁻³) do 3,87 mg·dm⁻³. Średnia wartość BZT₅ w badanym obszarze wynosiła 1,16mg·dm⁻³. W listopadzie ponownie zaobserwowano niewielki spadek BZT₅. Biologiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅) w próbkach wód pobranych z obszaru MFW BŚ III wynosiło od poniżej granicy oznaczalności (<0,5 mg·dm⁻³) do 1,58 mg·dm⁻³. Średnia wartość BZT₅ w badanym obszarze wynosiła 0,77 mg·dm⁻³. Przestrzenny rozkład BZT₅ w wodach z rejonu MFW BŚ III w warstwie powierzchniowej i przydennej w poszczególnych okresach pomiarowych przedstawiono na rysunkach poniżej (od Rysunek 26 do Rysunek 37).



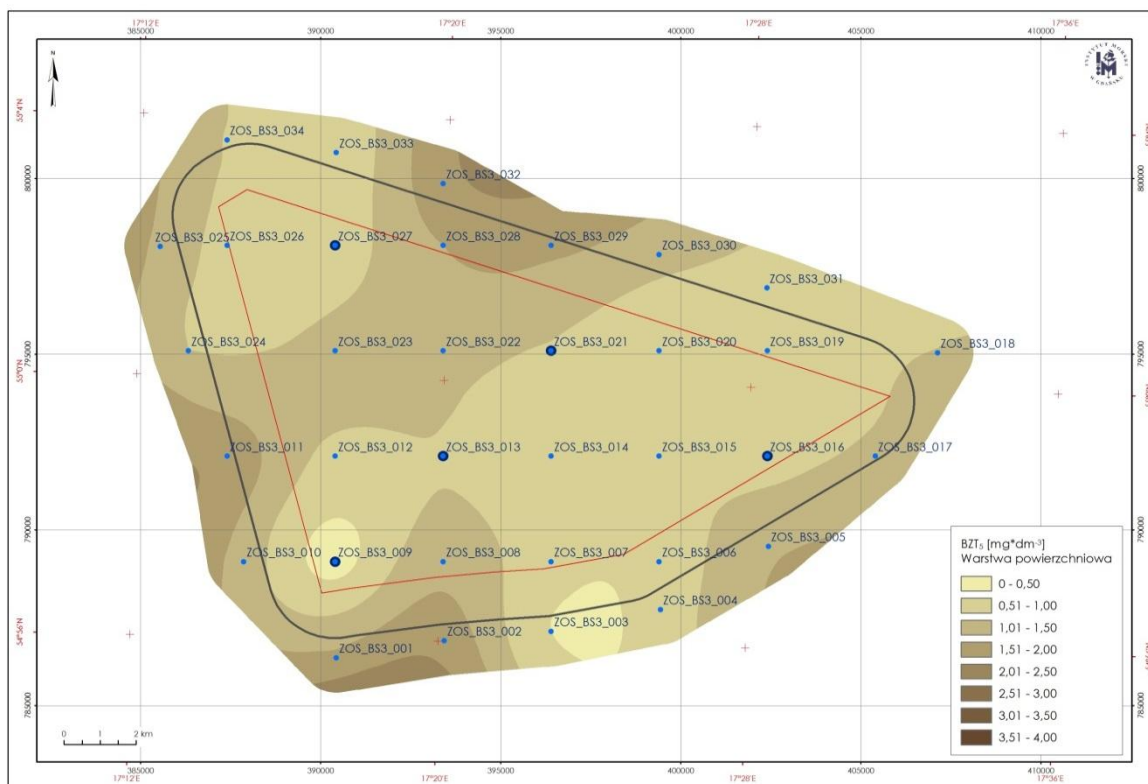
Rysunek 26. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.



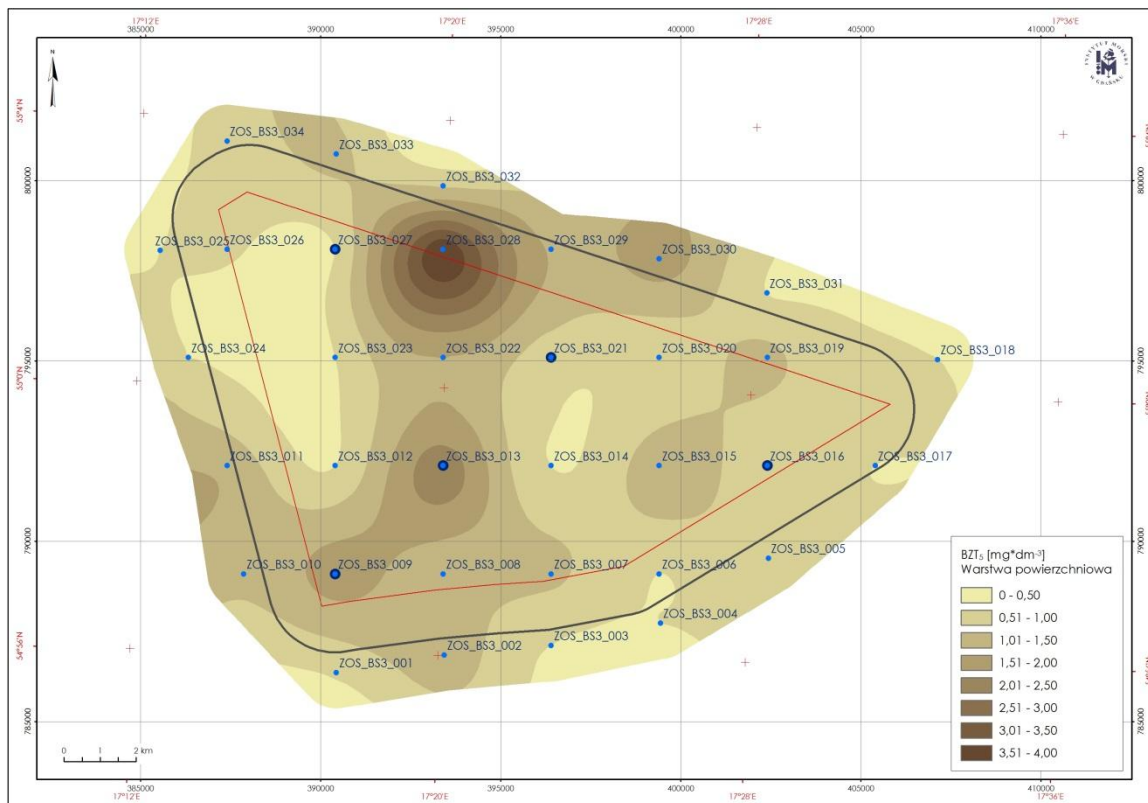
Rysunek 27. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.



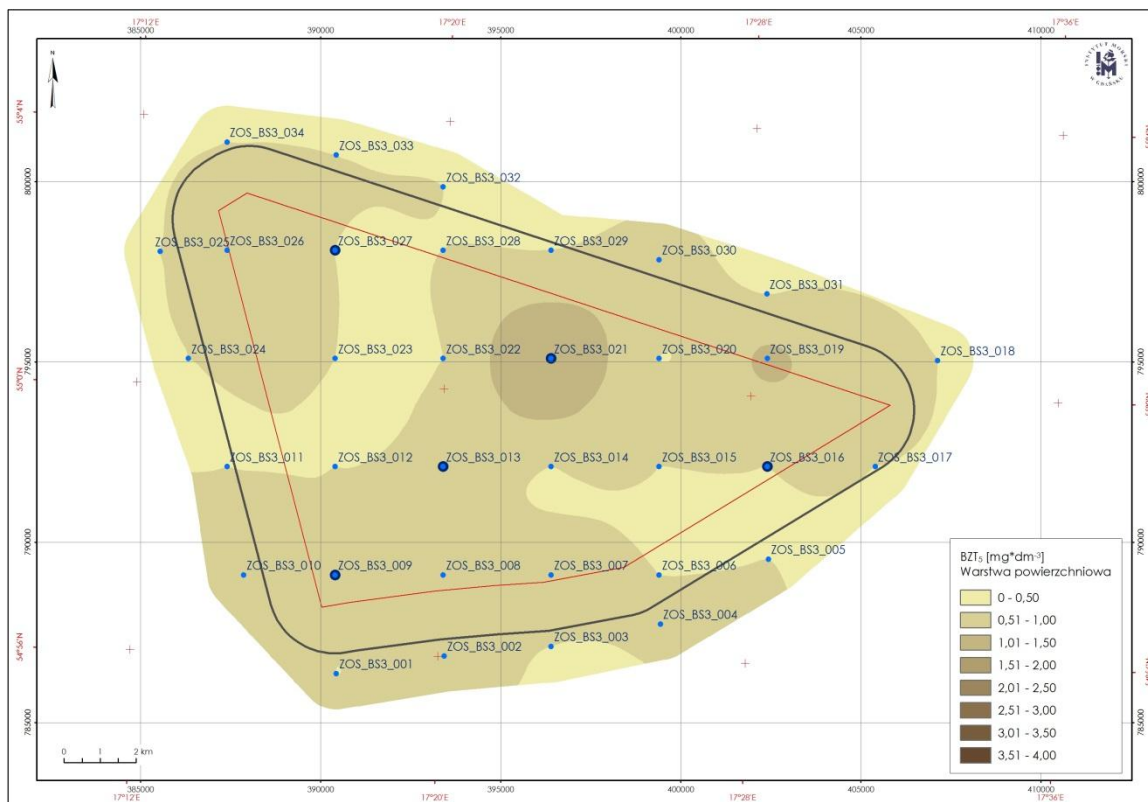
Rysunek 28. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.



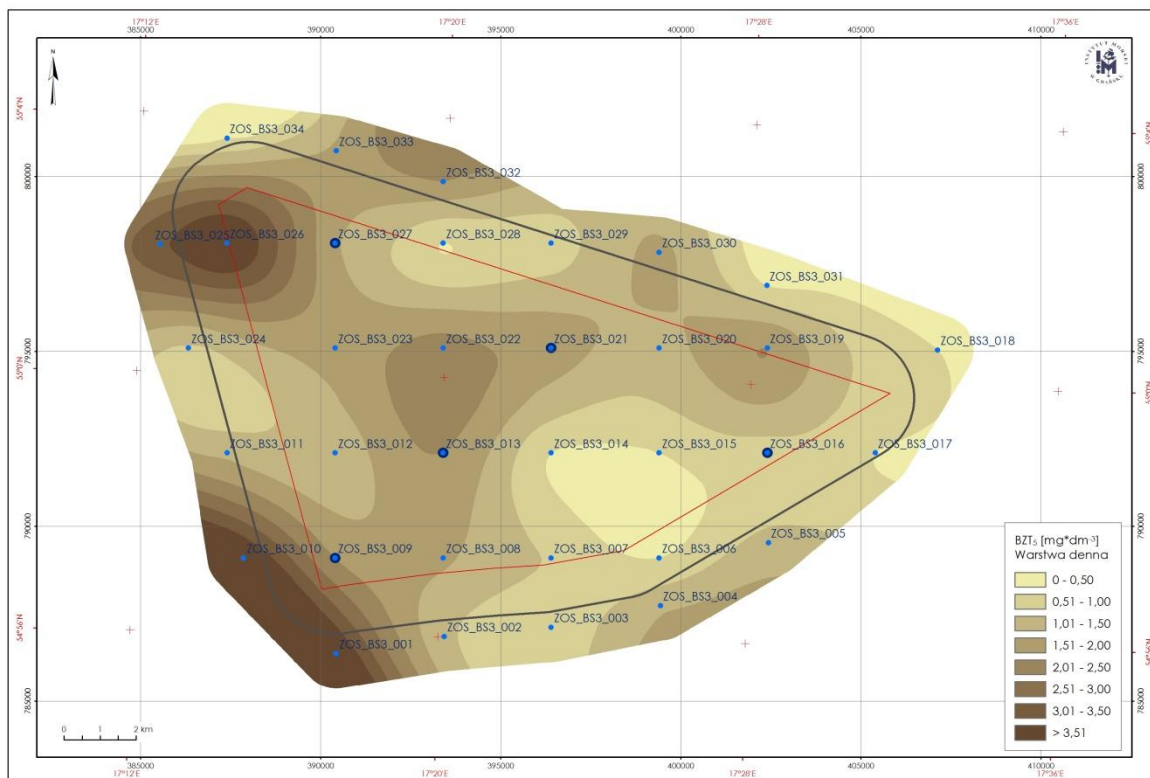
Rysunek 29. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.



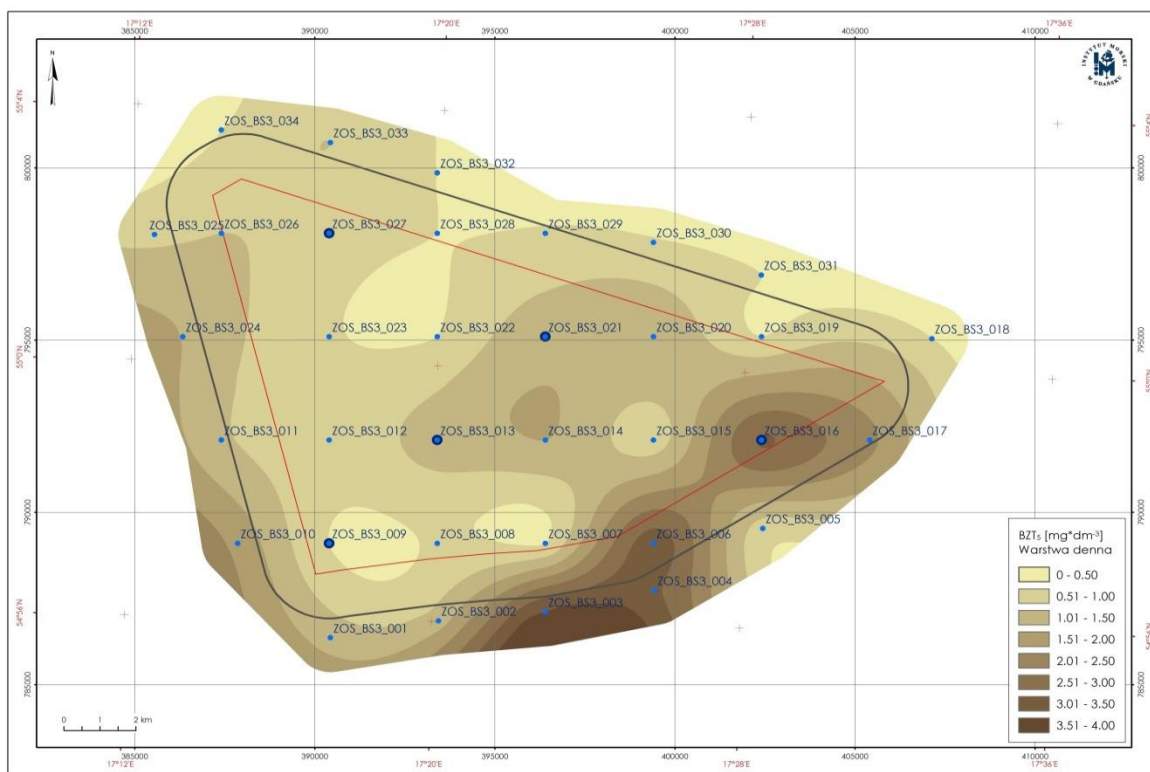
Rysunek 30. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.



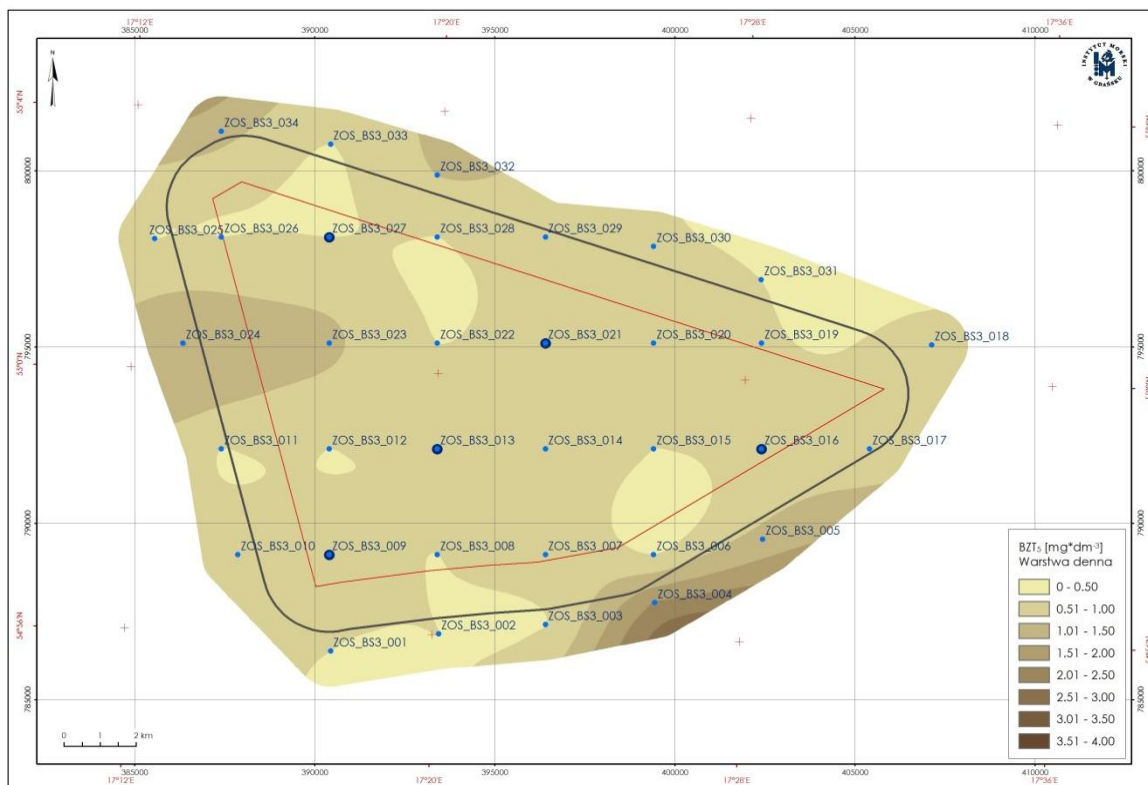
Rysunek 31. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.



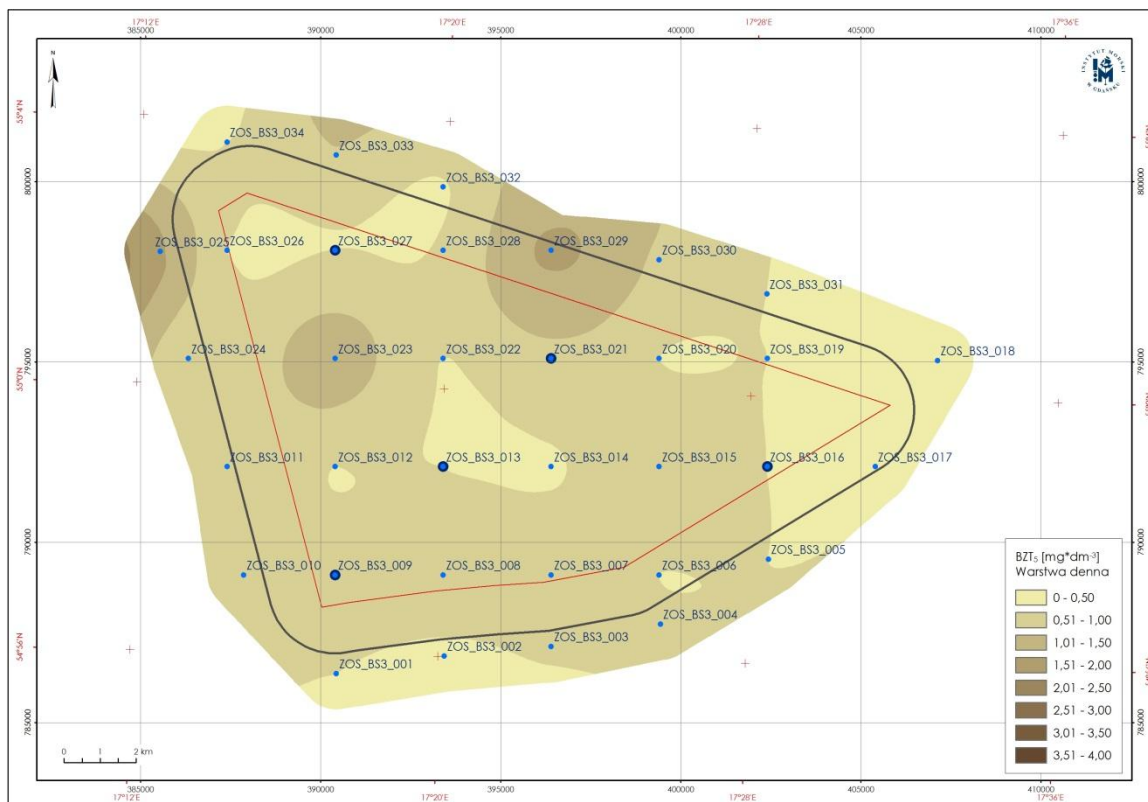
Rysunek 32. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie przydennej w październiku 2012r.



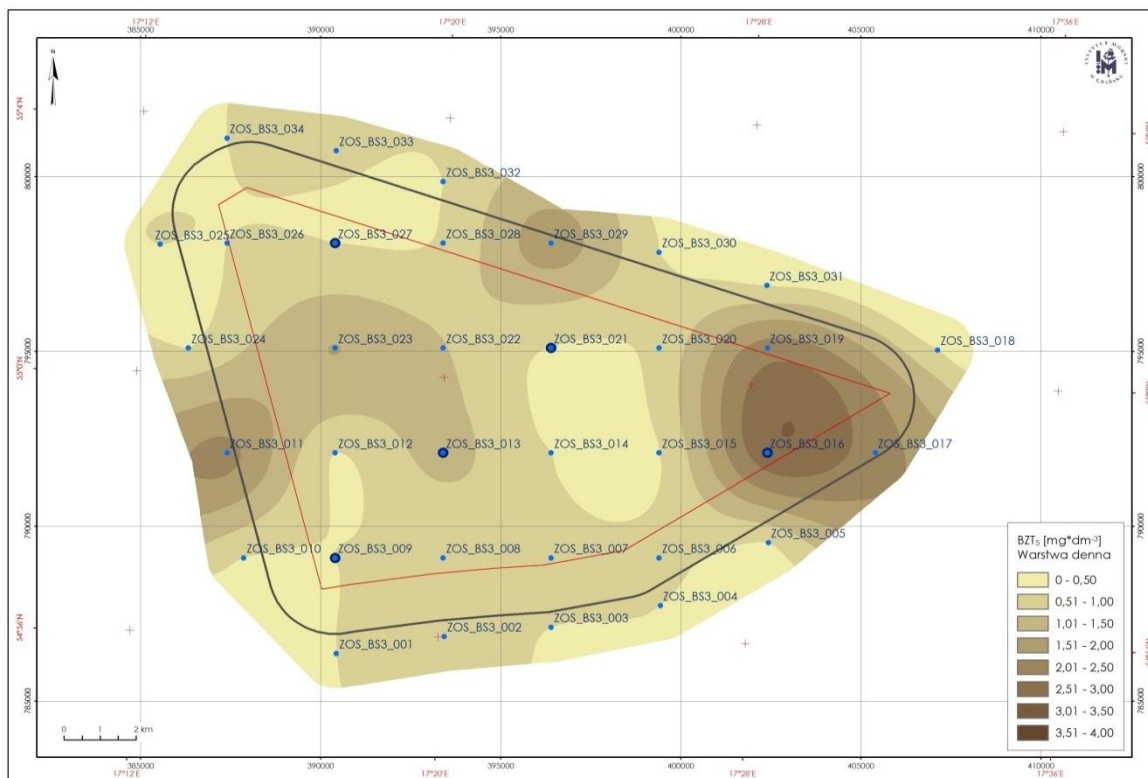
Rysunek 33. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie przydennej w lutym 2013 r.



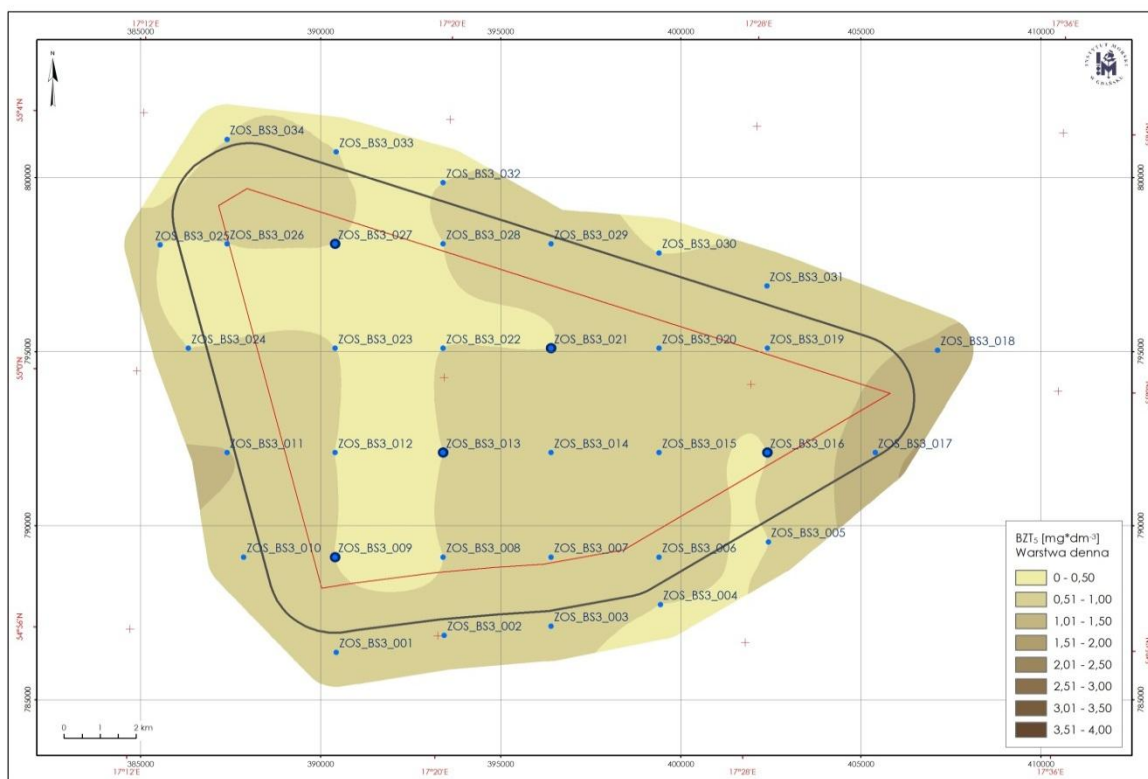
Rysunek 34. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.



Rysunek 35. Przestrzenny rozkład BZT₅ w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.



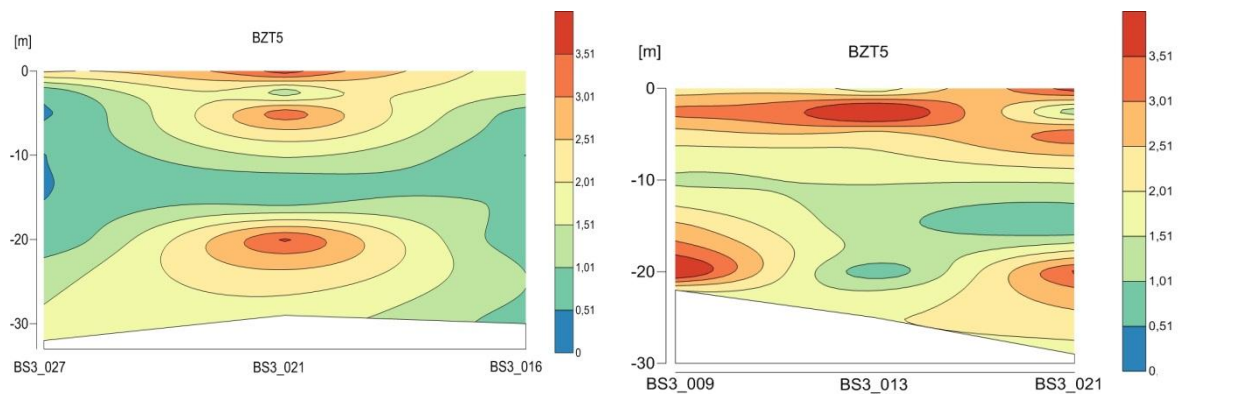
Rysunek 36. Przestrzenny rozkład stężeń BZT₅ w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.



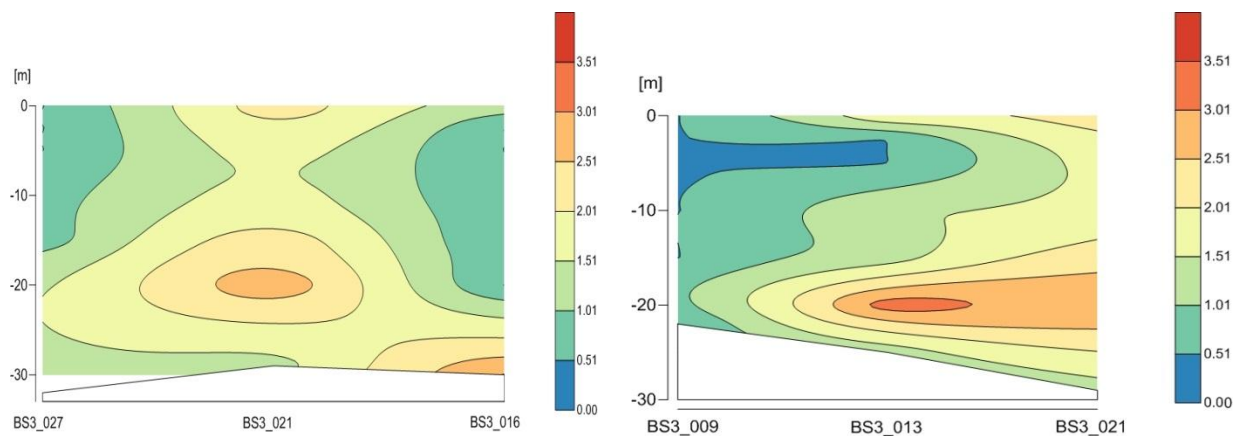
Rysunek 37. Przestrzenny rozkład stężeń BZT₅ w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.

Na rysunkach poniżej (Rysunek 38 oraz Rysunek 39) przedstawiono pionowy rozkład BZT₅ (od powierzchni do dna) w dwóch przekrojach BS3_9, BS3_13, BS3_21 oraz BS3_27, BS3_21, BS3_16, w sześciu okresach pomiarowych.

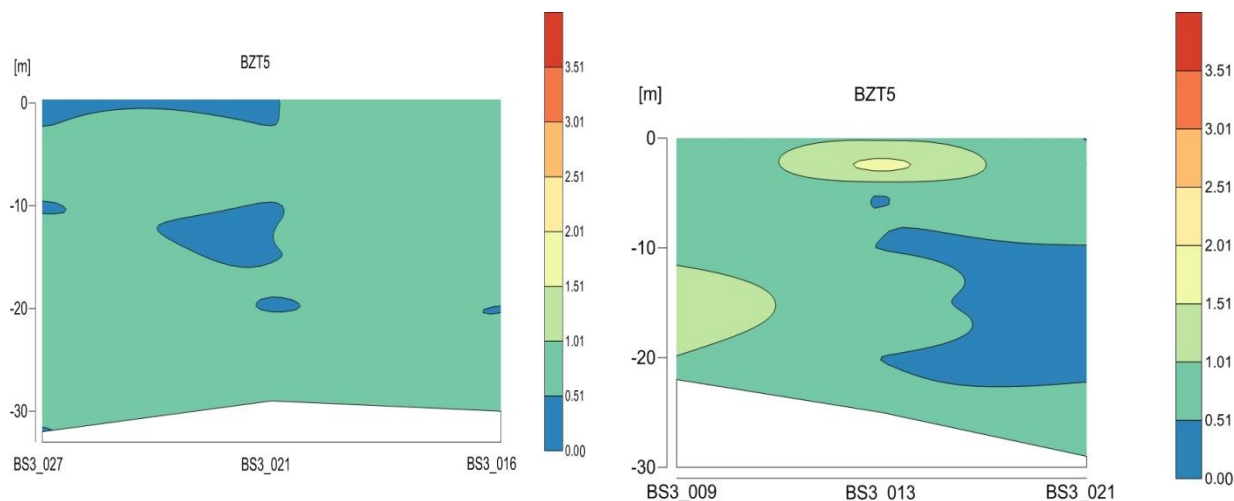
a) X. 12



b) II.13

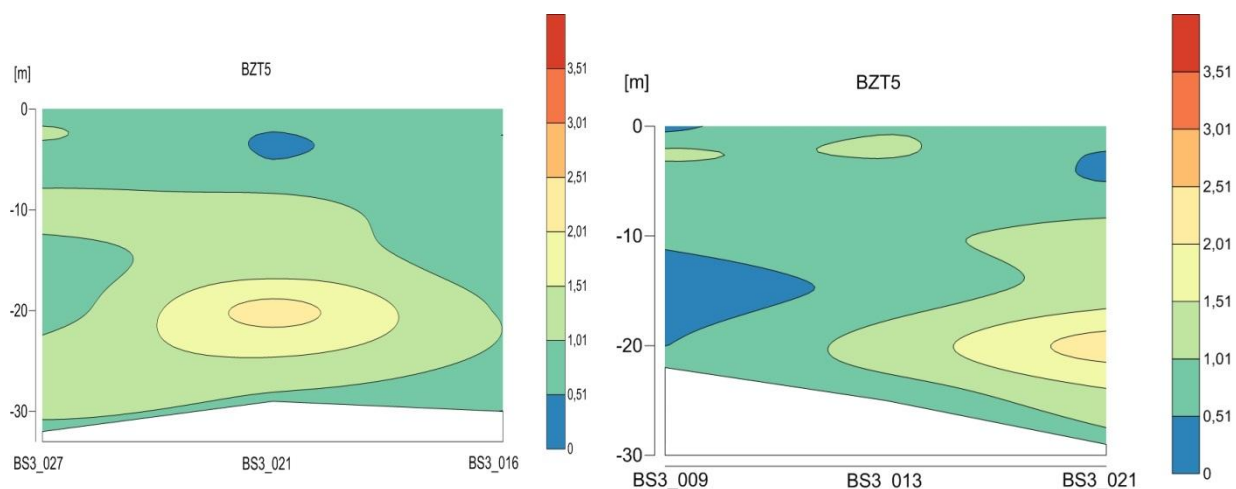


c) IV. 13

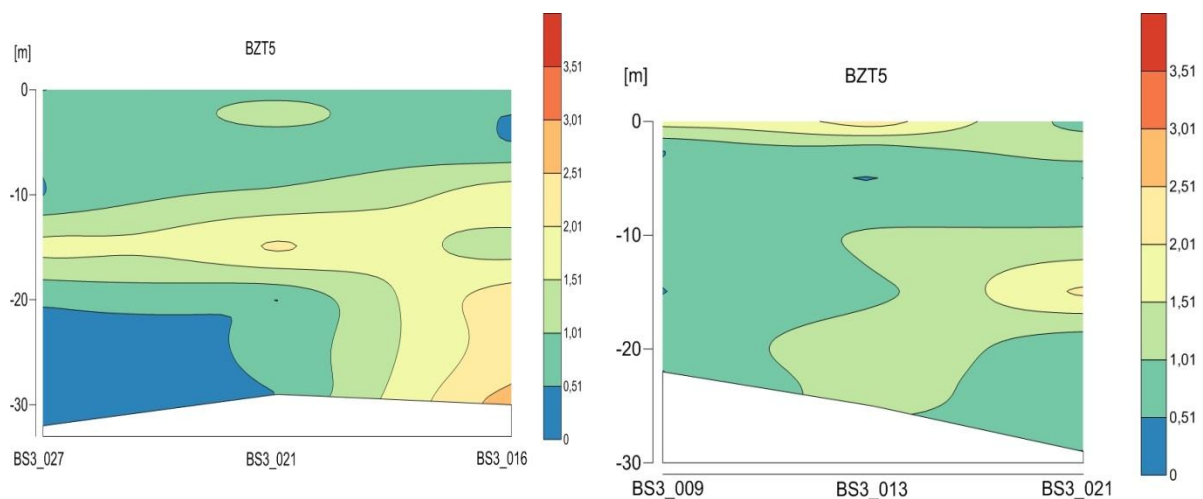


Rysunek 38. Zmiany zawartości BZT₅ z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) oraz kwietniu 2013 r. (c)

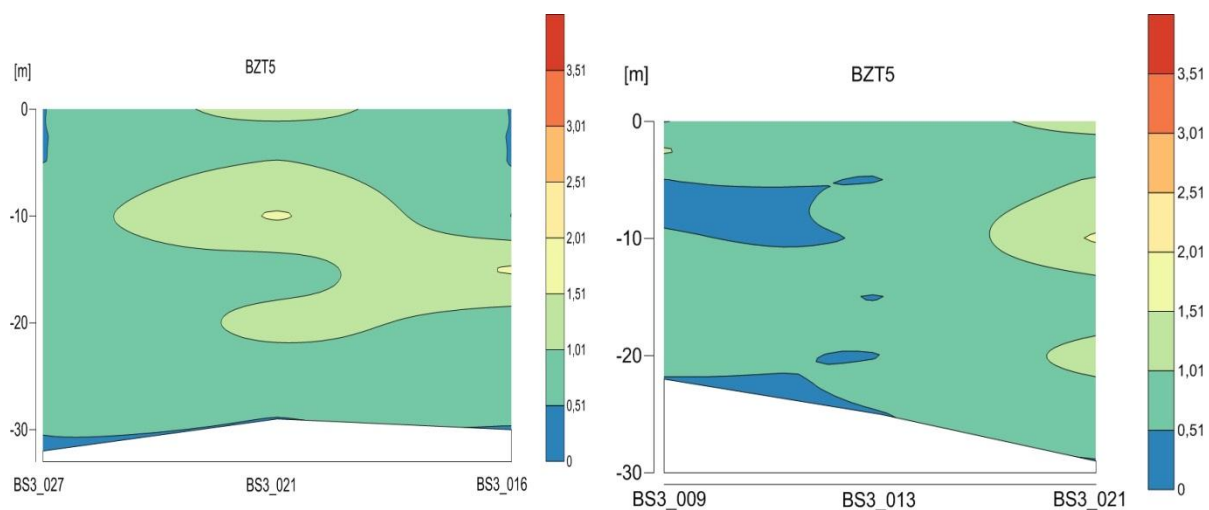
d) VII.13



e) IX.13

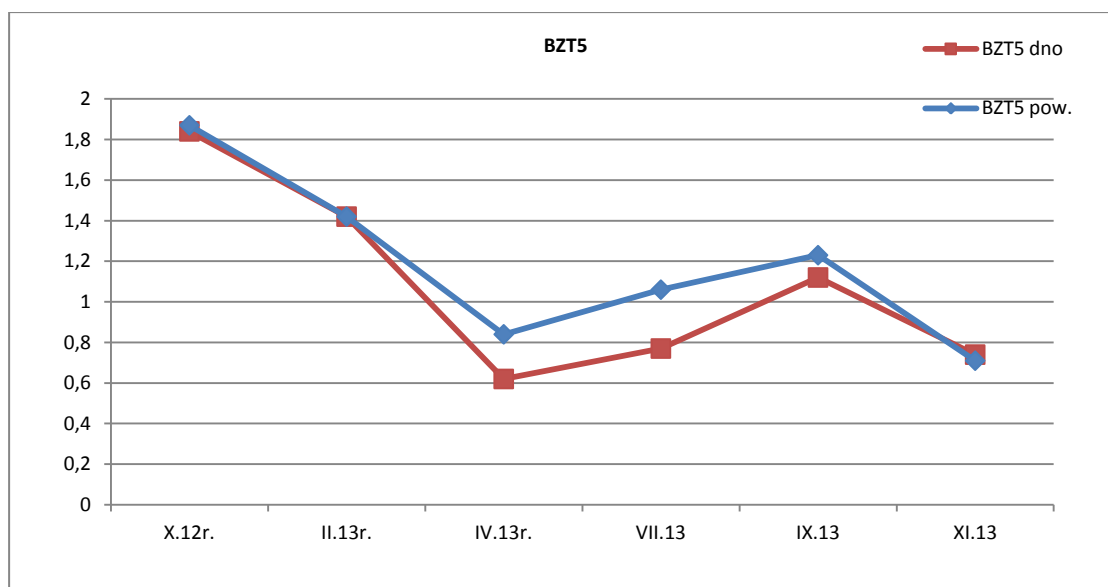


f) XI.13



Rysunek 39. Zmiany zawartości BZT₅ z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d), wrześniu (e) oraz listopadzie 2013 r. (f)

W całym okresie pomiarowym (październik 2012 – listopad 2013) średnie biochemiczne zapotrzebowanie tlenu w próbkach wód pobranych z obszaru MFW BŚ III, zawierało się w przedziale $\leq 2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Rysunek 40) co zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545), plasuje analizowany rejon w I klasie jakości wód (wyłącznie na podstawie wartości BZT_5). Otrzymane wartości BZT_5 są zgodne z wynikami cytowanymi w literaturze (Poleszczuk, 1996).



Rysunek 40. Średnia zawartość BZT_5 [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] w warstwie powierzchniowej i przydennej w poszczególnych okresach pomiarowych

5.1.3 Zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO)

Ogólny Węgiel Organiczny – OWO (*TOC – Total Organic Carbon*) jest wskaźnikiem sumarycznym (parametr całkowity) będącym miarą całkowitej zawartości danego pierwiastka w badanej próbce lub w specyficznej grupie zanieczyszczeń. Znalazł on liczne zastosowanie w analityce środowiskowej. Wartość analityczną tego parametru uznano już w 1931 roku. Od tego czasu pojawiła się ogromna liczba informacji na temat oznaczania OWO w różnego typu próbkach (Namieśnik 2001).

Są dwa główne powody, dla których techniki oznaczania zawartości OWO nabierają coraz większego znaczenia:

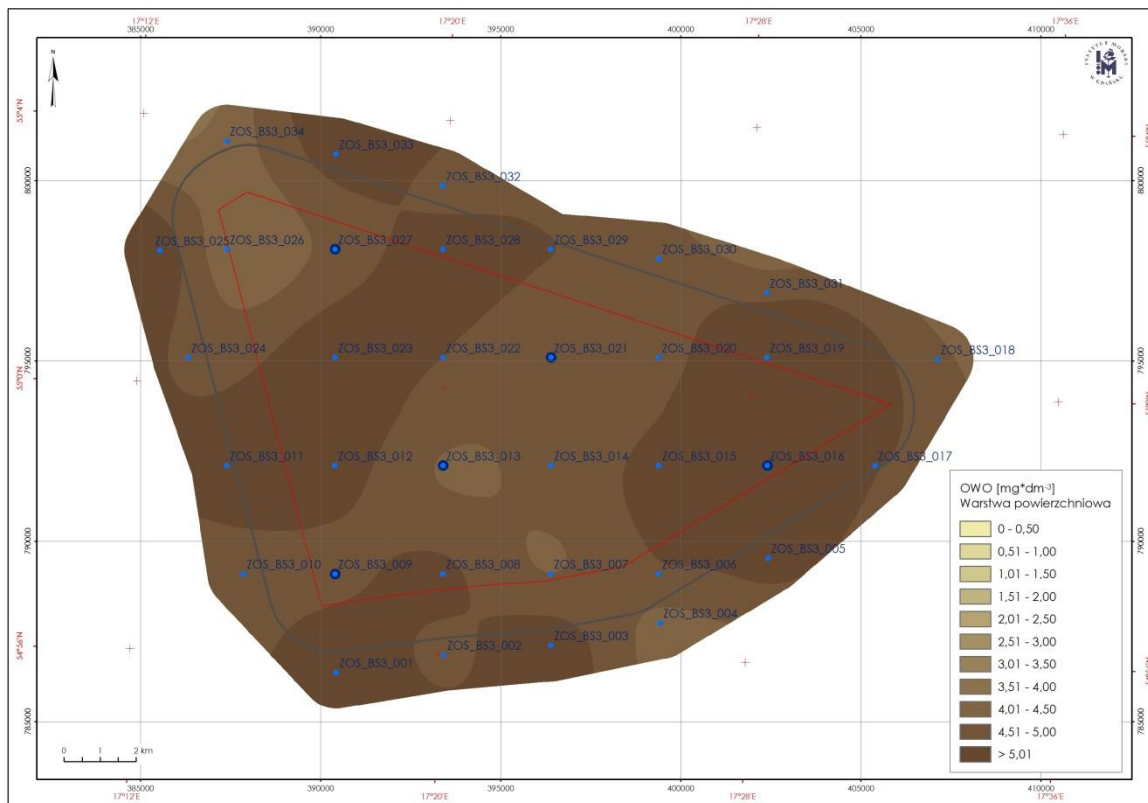
- poziom zawartości OWO jest miarą poziomu zanieczyszczeń wód związkami organicznymi oraz stopnia biodegradacji wód powierzchniowych i wód ściekowych,
- określenie wartości parametru OWO jest bardzo użyteczne przy określaniu skuteczności procesów oczyszczania wód i ścieków.

Pomiary zawartości OWO są wykorzystywane w celu określenia poziomu zanieczyszczenia związkami organicznymi wód różnego typu (od wody wysokiej czystości wykorzystywanej w przemyśle elektronicznym i generatorach prądu elektrycznego do próbek ścieków przemysłowych i komunalnych). Typowy poziom zawartości OWO w wodzie może się wahać w granicach od poziomu

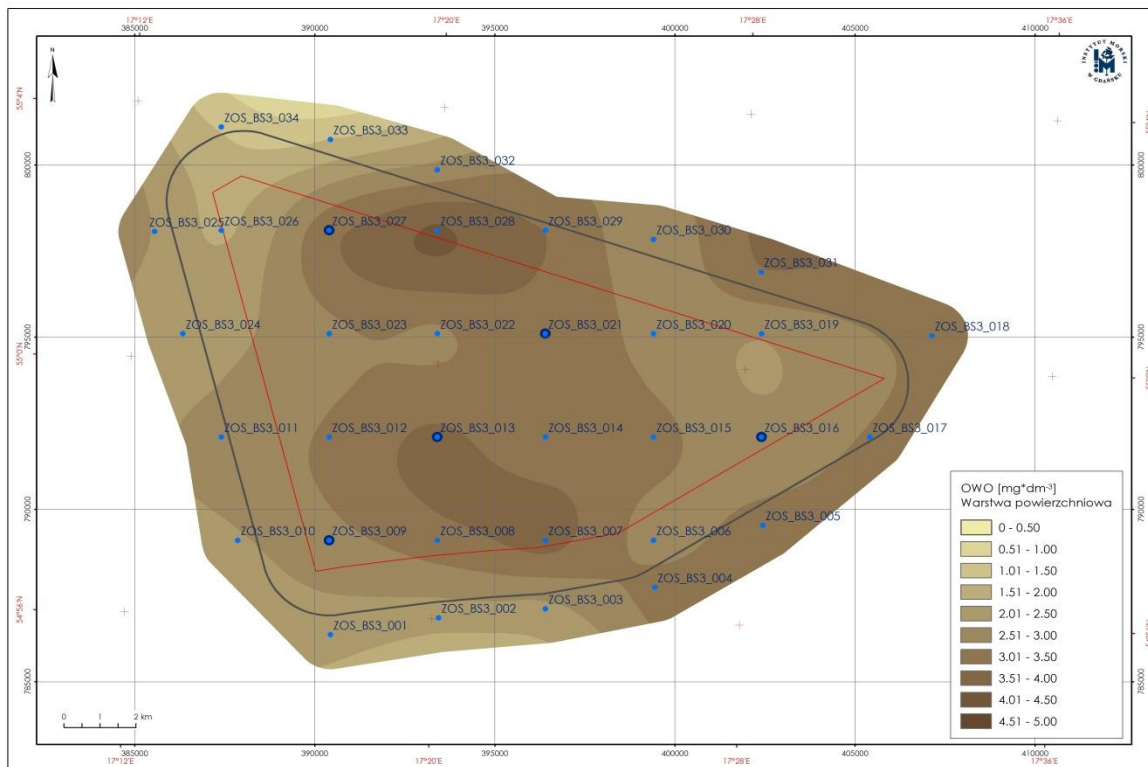
niższego niż $1 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ (1 ppb) do poziomu powyżej $1000 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (1000 ppm) – w przypadku wód ściekowych.

Zawartość całkowitego węgla organicznego (OWO) w badanym obszarze MFW BŚ_III w październiku 2012r. kształtowała się w granicach od $4,14 - 6,16 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ osiągając wartość średnią na poziomie $5,15 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. W lutym 2013r. obserwowano spadek średniej zawartości OWO w badanym obszarze do $2,94 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (od $1,07$ do $4,47 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). W kwietniu średnia zawartość ogólnego węgla organicznego nieznacznie wzrosła do wartości $3,19 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (od $1,26$ do $4,64 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). W okresie letnim (lipiec) zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO) w badanym obszarze kształtowała się na poziomie od $1,72$ do $5,89 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ osiągając wartość średnią $3,40 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. We wrześniu zaobserwowano wzrost średniej zawartości OWO do $4,52 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, zaś w listopadzie ponowny spadek do poziomu $3,03 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (od $1,65$ do $5,14 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$).

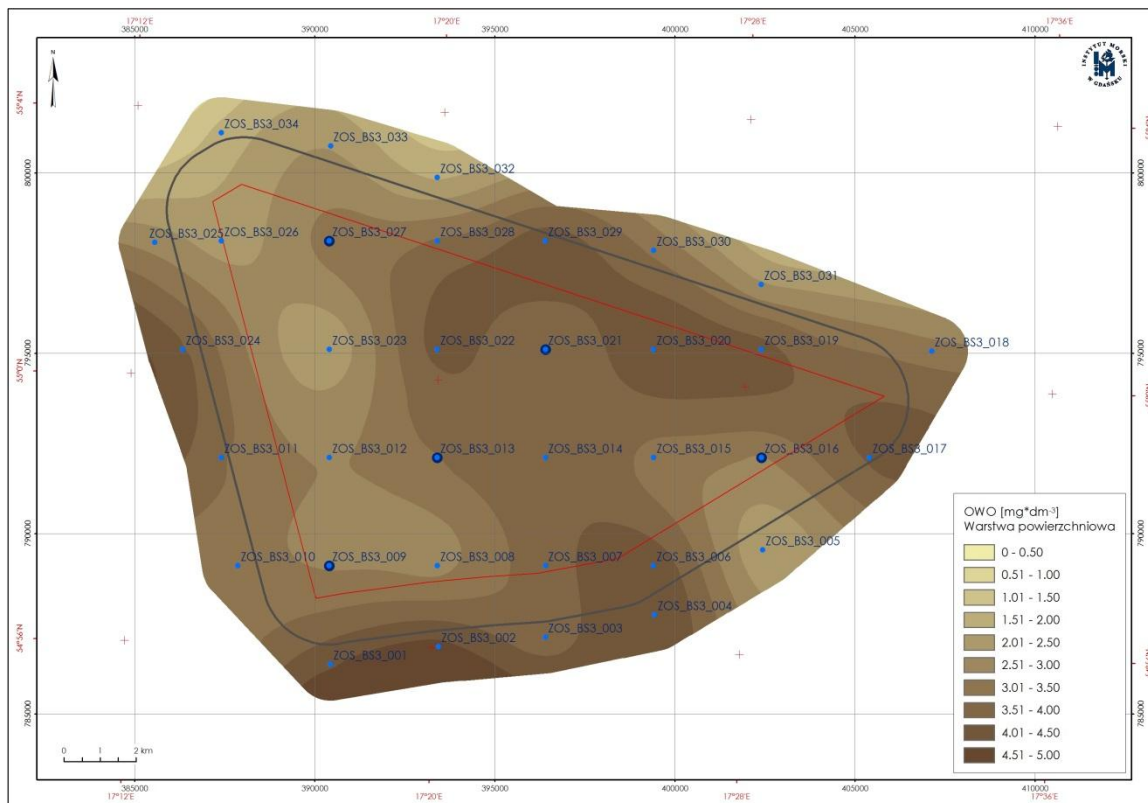
Przestrzenny rozkład stężenia OWO w wodach z rejonu MFW BŚ III w warstwie powierzchniowej i przydennej w poszczególnych okresach pomiarowych przedstawiono na rysunkach poniżej (od Rysunek 41 do Rysunek 52).



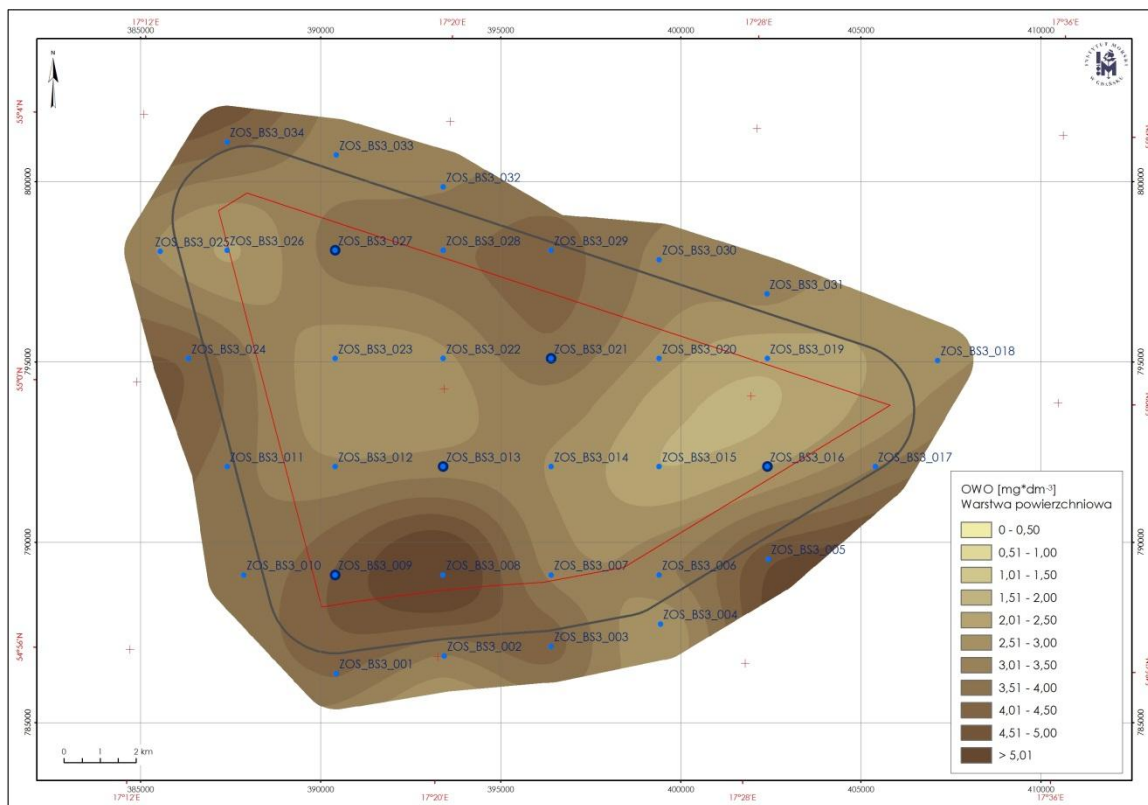
Rysunek 41. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.



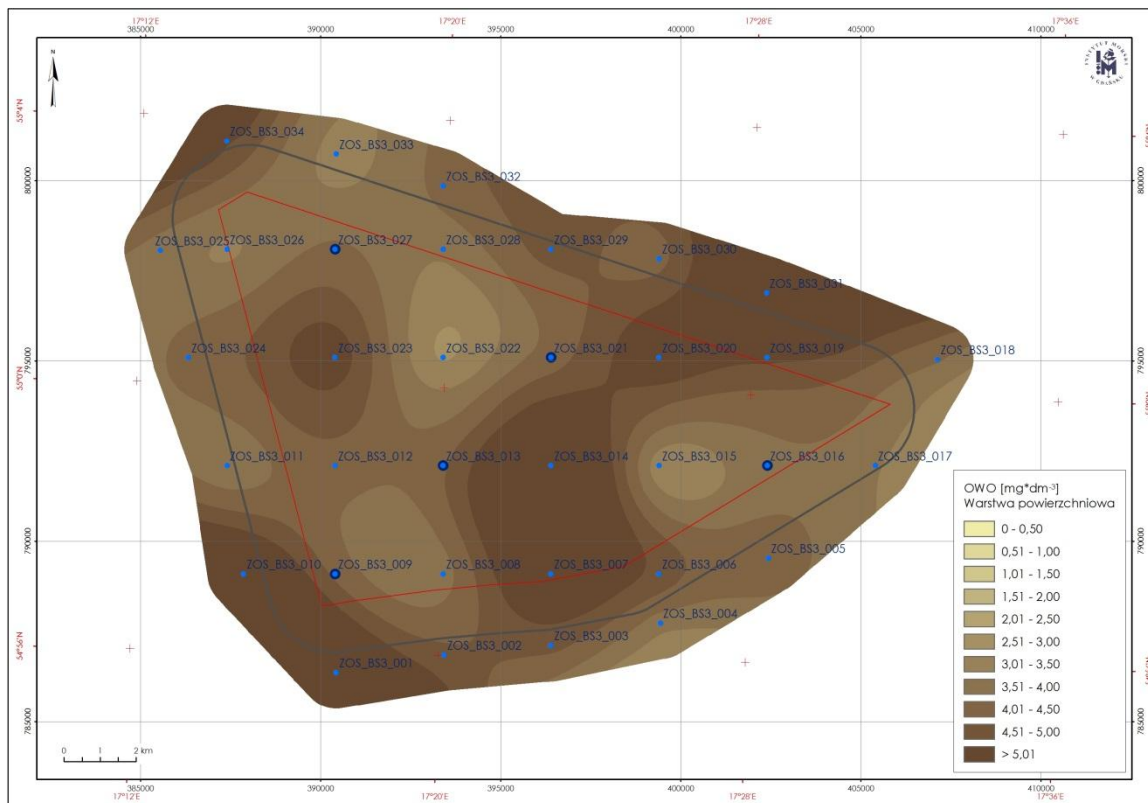
Rysunek 42. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.



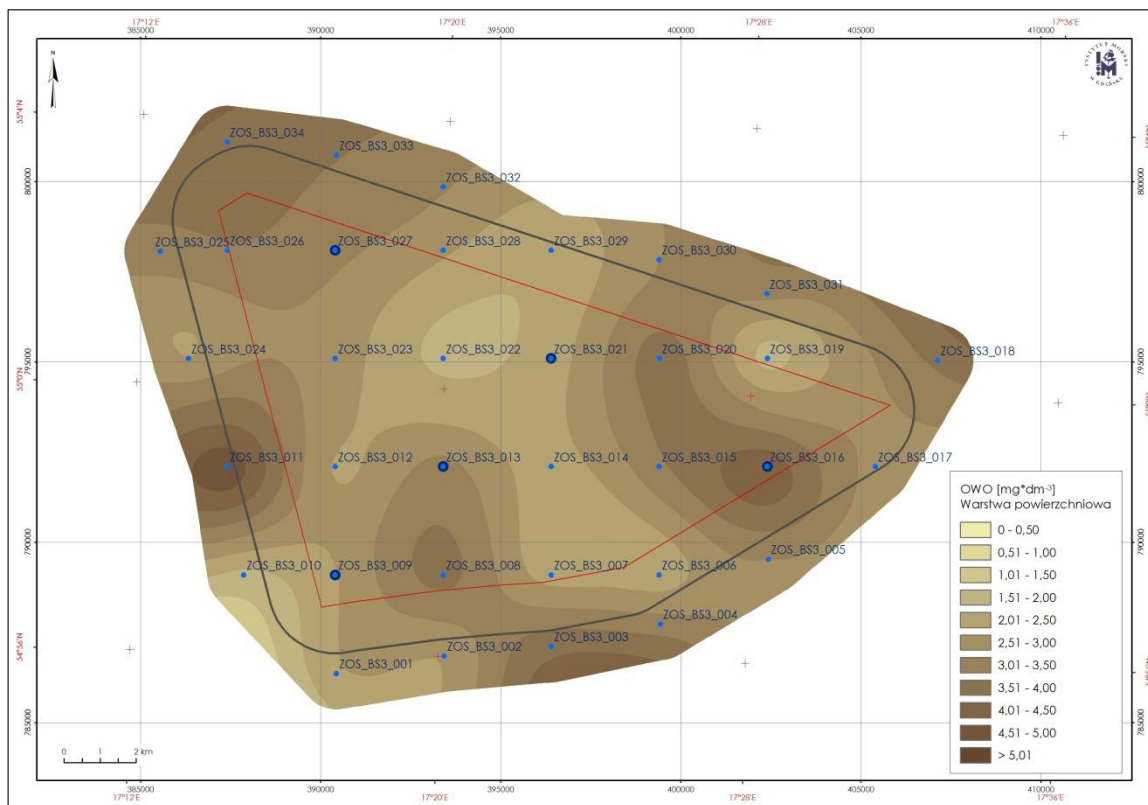
Rysunek 43. Przestrzenny rozkład OWO w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.



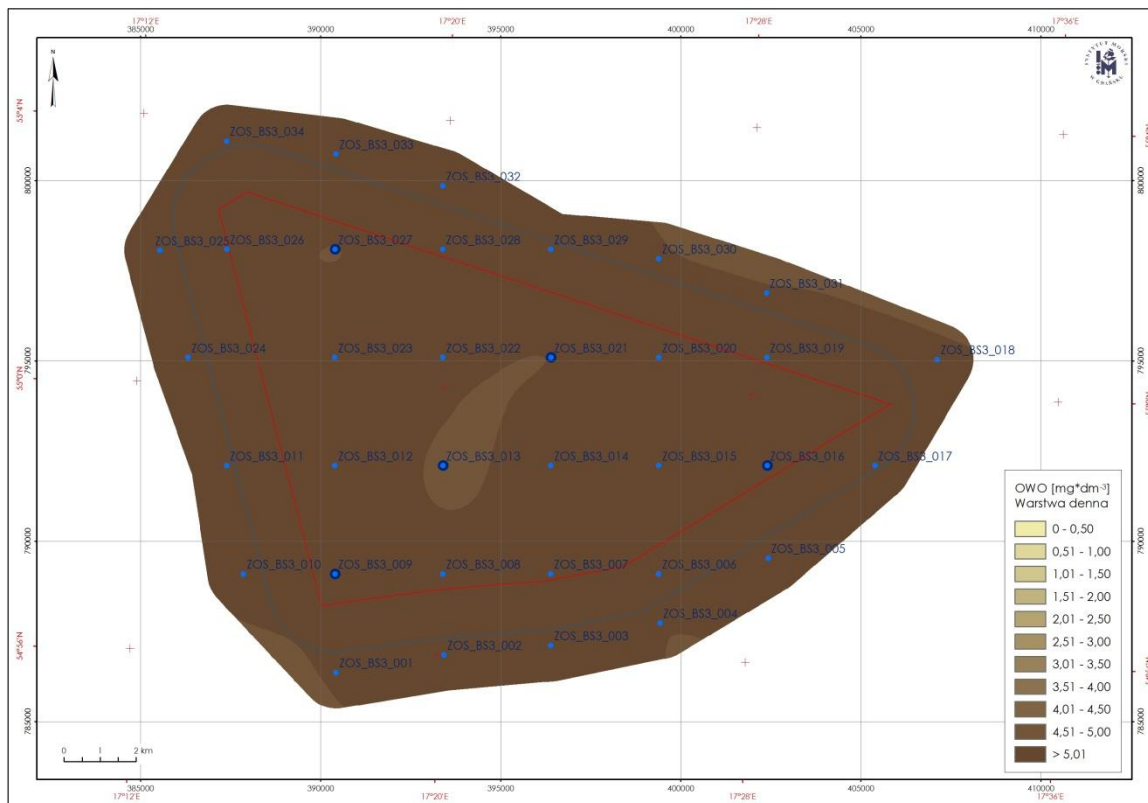
Rysunek 44. Przestrzenny rozkład OWO w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.



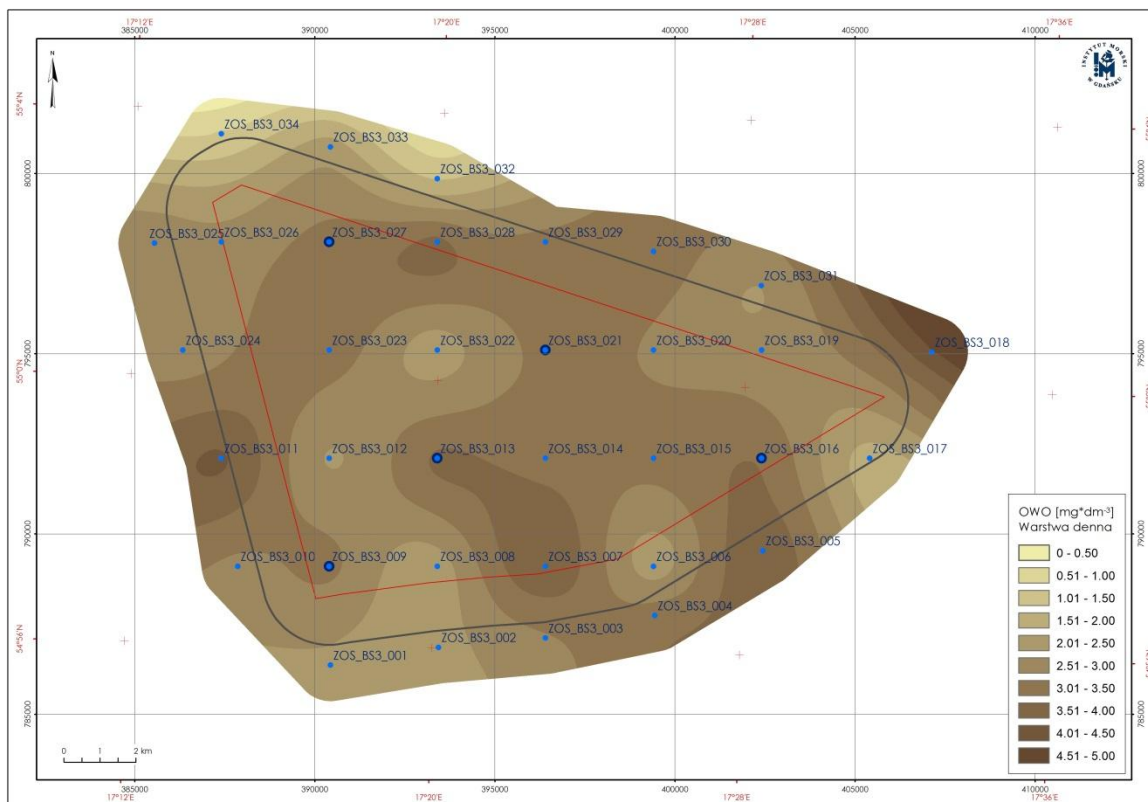
Rysunek 45. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.



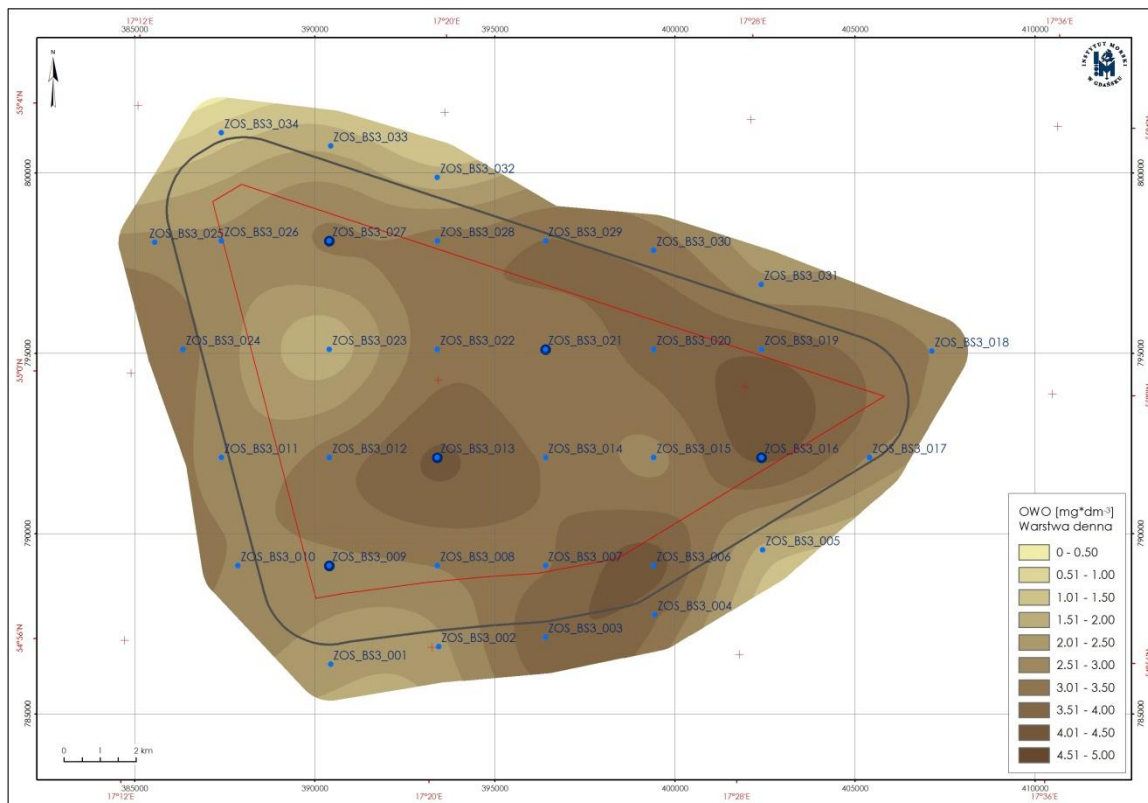
Rysunek 46. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.



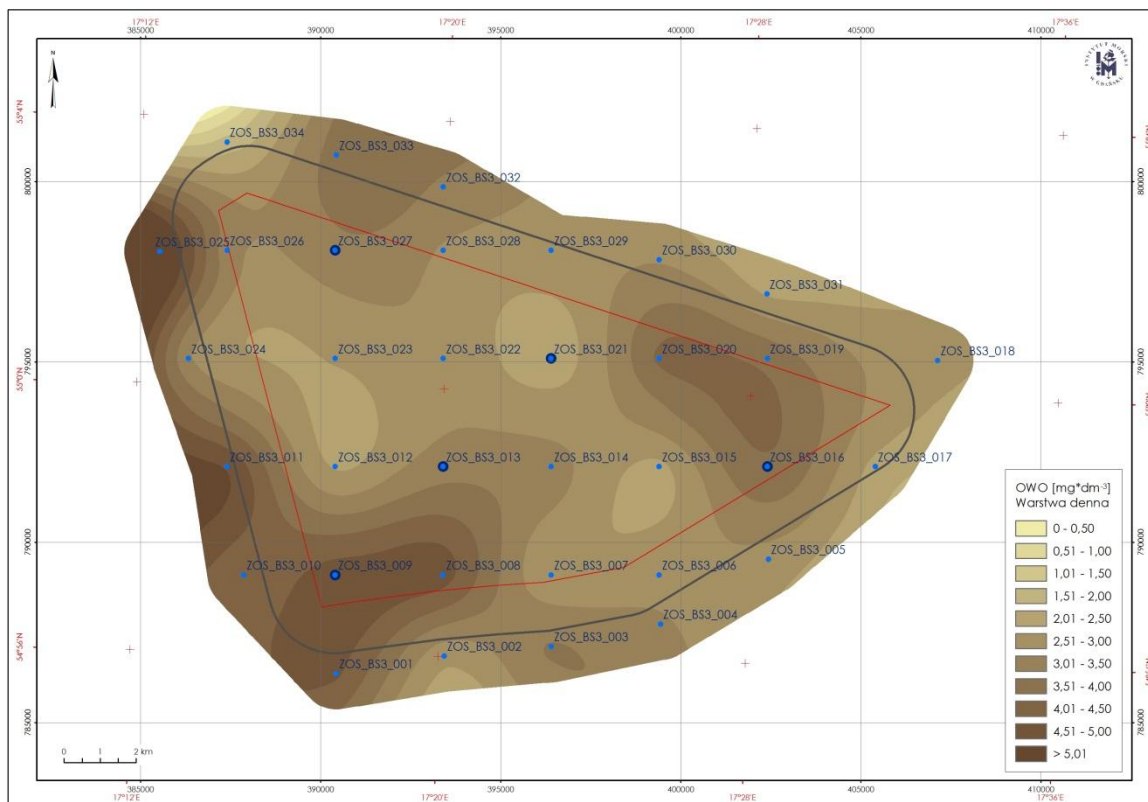
Rysunek 47. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w październiku 2012r.



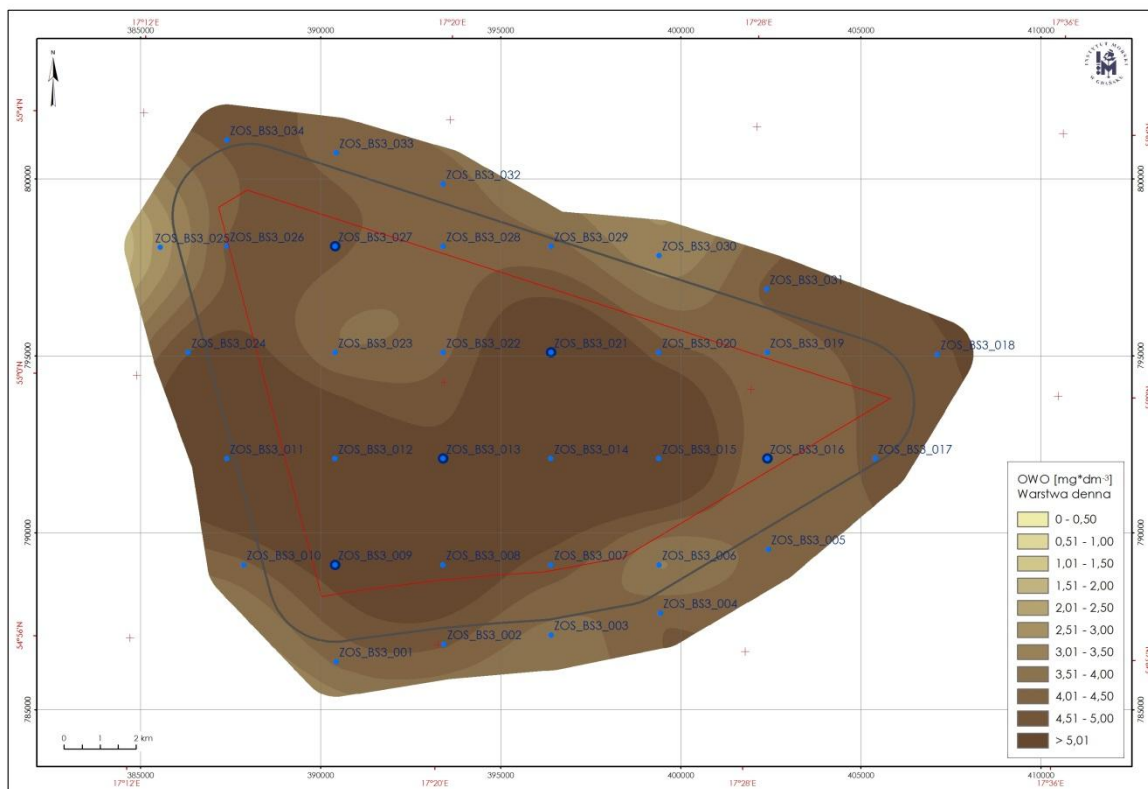
Rysunek 48. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w lutym 2013 r.



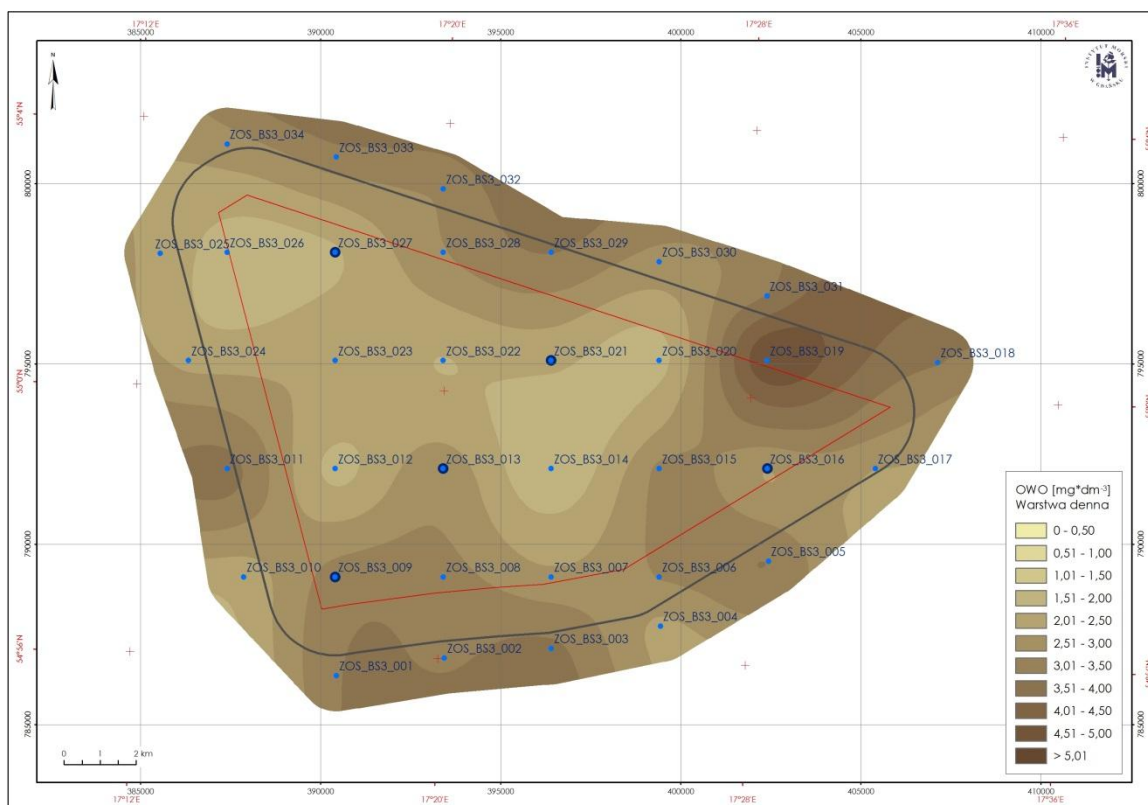
Rysunek 49. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.



Rysunek 50. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.



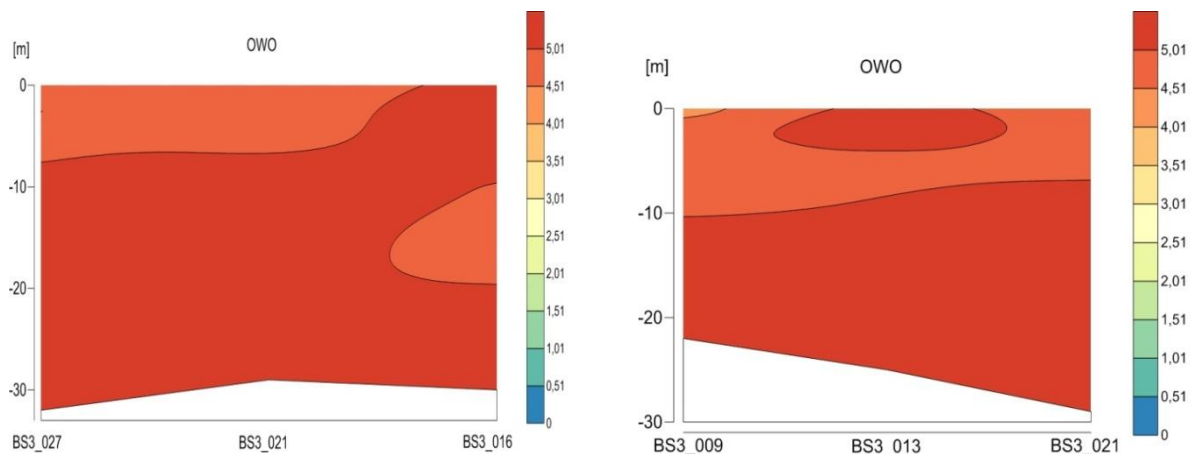
Rysunek 51. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.



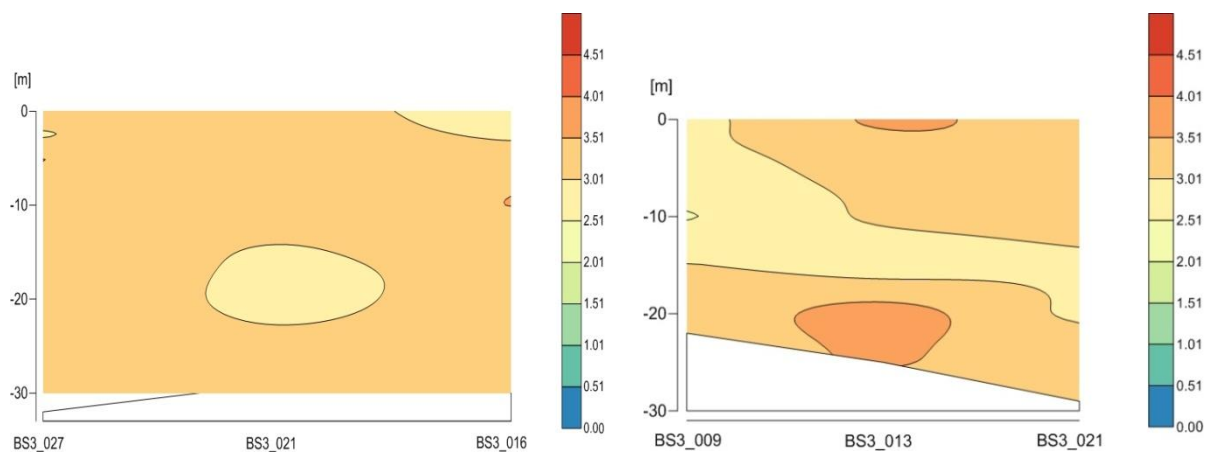
Rysunek 52. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.

Na rysunkach poniżej (Rysunek 53 oraz Rysunek 54) przedstawiono pionowy rozkład stężenia OWO (od powierzchni do dna) w dwóch przekrojach BS3_9, BS3_13, BS3_21 oraz BS3_27, BS3_21, BS3_16, w sześciu okresach pomiarowych.

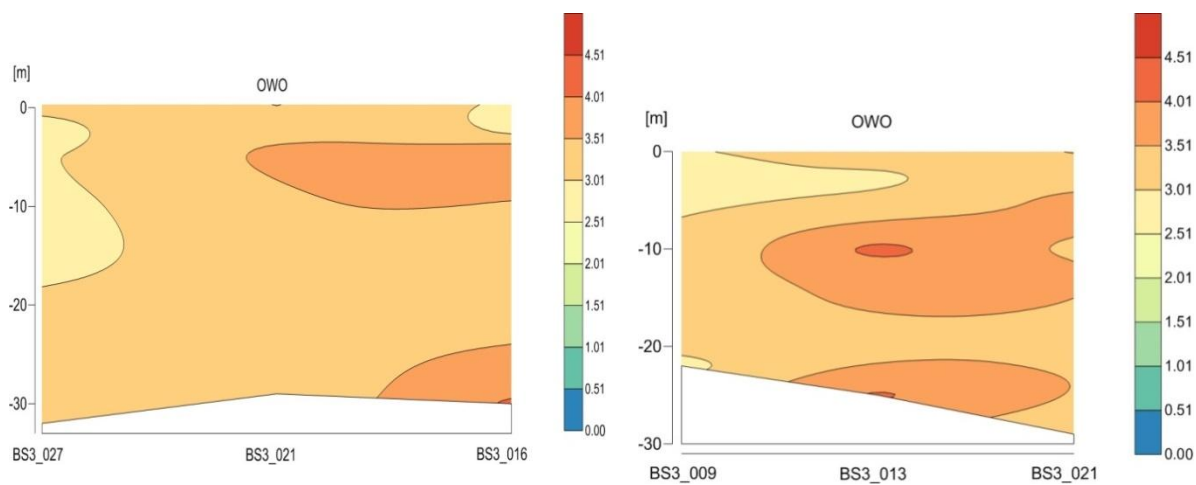
a) X. 12



b) II. 13

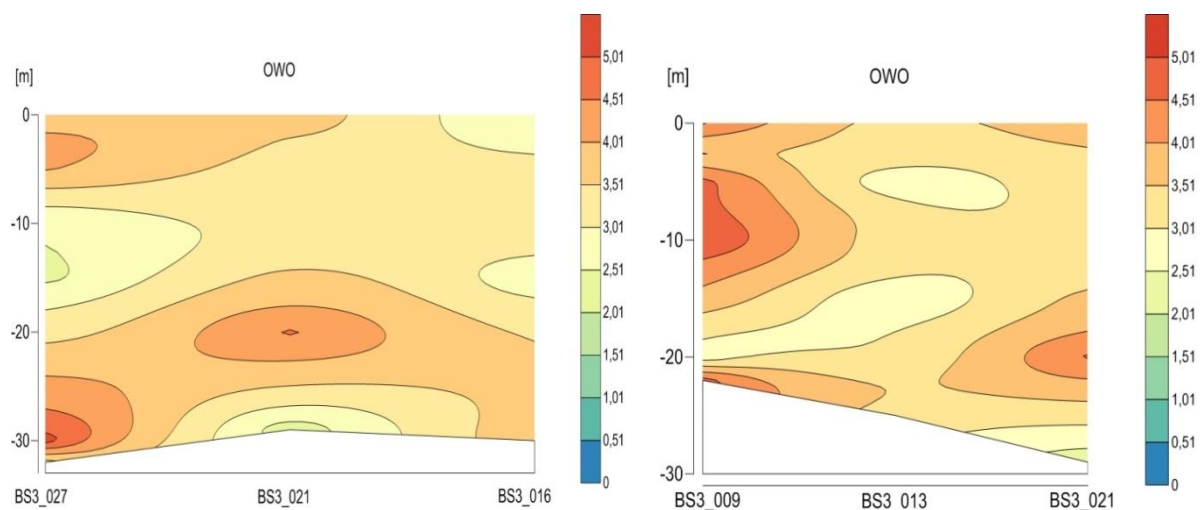


c) IV.13r.

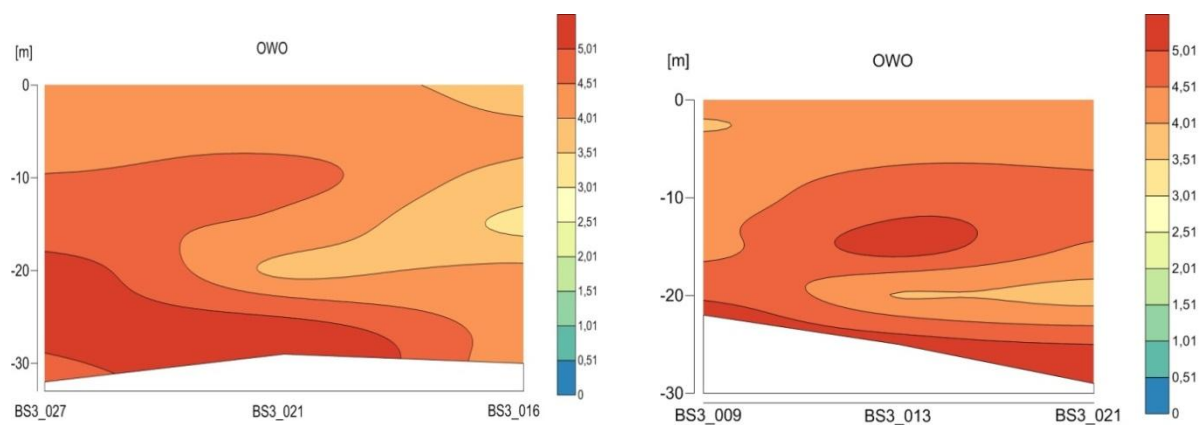


Rysunek 53. Zmiany zawartości stężenia OWO z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 12r. (a), lutym (b) oraz kwietniu 2013 r. (c)

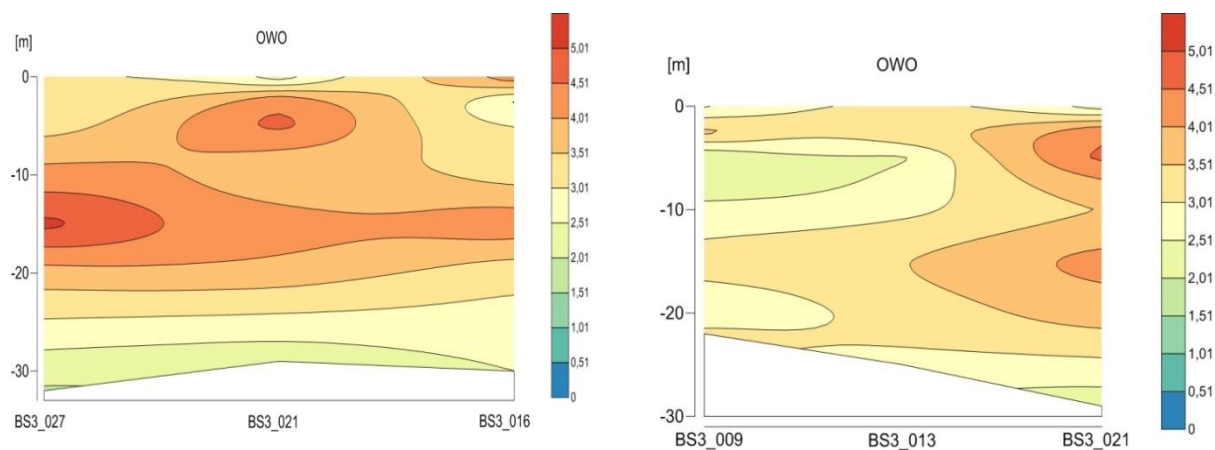
d) VII.13



e) IX.13



f) XI.13

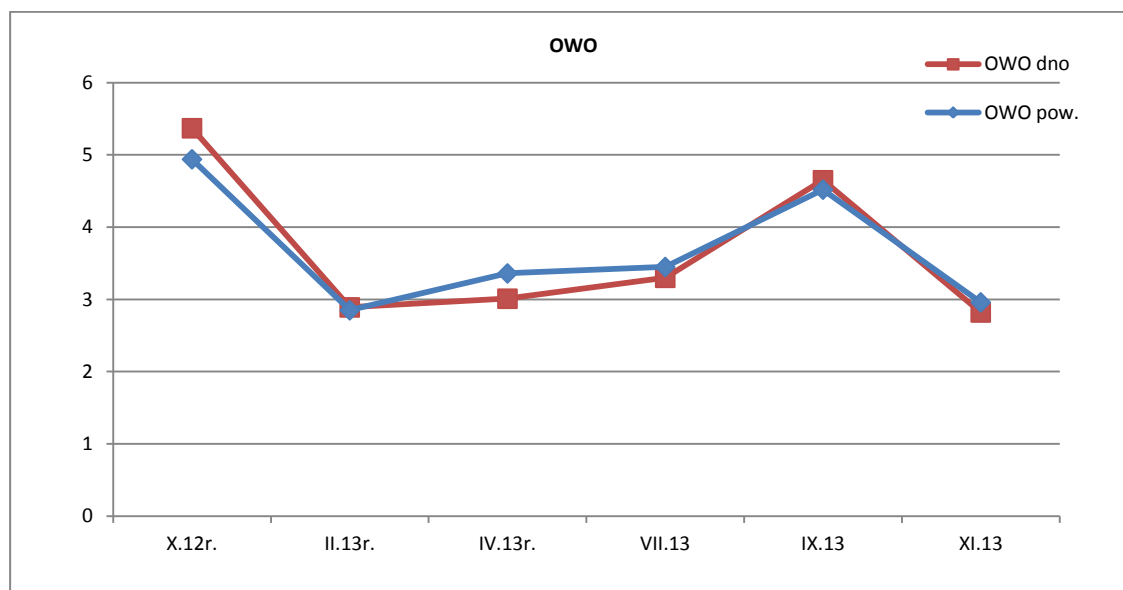


Rysunek 54. Zmiany zawartości stężenia OWO z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d), wrześniu (f) oraz listopadzie 2013 r. (f)

Najmniejsze zróżnicowanie w poziomym rozkładzie stężeń OWO (zarówno w warstwie powierzchniowej jak i przydennej) obserwowano w okresie jesiennym, najbardziej zróżnicowany rozkład stężeń obserwowano zaś w okresie letnim, przy ogólnie niskim poziomie stężeń.

Najwyższe stężenia w profilach pionowych stwierdzono w październiku 2012r. oraz we wrześniu 2013r. W tych okresach też zaobserwowano podwyższone stężenia OWO w warstwie przydennej, co jest typowe dla sezonu jesienno-zimowego.

W całym okresie pomiarowym (październik 2012 – listopad 2013) średnia wartość OWO w próbkach wód pobranych z obszaru MFW BŚ III w poszczególnych okresach pomiarowych, zawierała się w przedziale od 2,82 do 5,37 mg·dm⁻³ (Rysunek 55).



Rysunek 55. Średnia zawartość OWO [mg·dm⁻³] w warstwie powierzchniowej i przydennej w poszczególnych okresach pomiarowych

W okresie pomiarowym od lutego do listopada 2013r., średnia zawartość OWO występowała w przedziale ≤ 5 mg C·dm⁻³, jedynie w październiku 2012r. średnia wartość OWO w warstwie przydennej (5,37 mg·dm⁻³) w niewielkim stopniu wykraczała poza przedział ≤ 5 mg C·dm⁻³, Zaobserwowane lekko podwyższone stężenia OWO jest typowe dla sezonu jesienno-zimowego. Zwykle stężenia rozpuszczonej frakcji materii organicznej są wyższe w sezonie zimnym niż ciepłym (Pęcherzewski i Ławacz 1975). Porównując otrzymane wyniki zawartości OWO w miesiącach letnich z wartościami granicznymi (≤ 5 mg C·dm⁻³) określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545), można badany obszar MFW BŚ III zaliczyć do I klasy jakości wód, co odpowiada stanowi bardzo dobremu (wyłącznie na podstawie wartości OWO).

Ponieważ generalnie nie stwierdzono dobrej korelacji pomiędzy parametrem OWO a zawiesiną, można przypuszczać, że w ogólnym węglu organicznym występującym w badanych wodach, dużą część stanowi węgiel rozpuszczony.

5.1.4 Zawiesina

W literaturze, zawiesinę (*Suspended matter -SPM*) definiuje się jako frakcję cząstek większych od 0,45 μm , tworzących w wodzie fazę zawieszoną (Aminot 1995, Stroomberg i in. 1995, Salbu i Oughton 1995, Font i in. 1996).

Zawiesinę tworzą cząstki organiczne i nieorganiczne unoszące się w masie wody. Cząstki organiczne składają się z bakterii, drobnych organizmów lub ich fragmentów, a także przeniesionych z brzegu pyłków roślin tworzących zawieszoną materię organiczną. Natomiast cząstki nieorganiczne składają się z materiału pylastego i ilastego, cząstek piasku i skał, a także cząstek koloidalnych różnych związków chemicznych. Materiał nieorganiczny zostaje przyniesiony przez wodę rzeczną, atmosferę, podniesiony z dna zbiornika lub zmyty z brzegów (Leksykon Ochrony środowiska 1995).

Ze względu na duże własności sorpcyjne zawiesina charakteryzuje się zdolnością do gromadzenia hydrofobowych zanieczyszczeń organicznych i śladowych ilości metali. Niekiedy osiąga się wartości współczynnika wzbogacania tych zanieczyszczeń rzędu kilku tysięcy lub więcej (Stroomberg 1995, Aminot 1995, Namieśnik i in. 1997, Dojlido 1987, Galer i in. 1998, Galer i in. 2001).

Istotne znaczenie materii zawieszanej w rzeczonym transporcie zanieczyszczeń jest szeroko opisane w literaturze (Muller i Sigg 1990, Sung 1995, Luomai Davies 1983, Eisma 1993). Transport zanieczyszczeń zależy od cech cząstek, zwłaszcza od ich natury, składu i rozmiaru, które określają ich właściwości fizyko-chemiczne, zwłaszcza adsorpcyjne. Sugeruje się, że skład powierzchniowy i rozmiar cząstek odgrywają kluczową rolę w określaniu ich zdolności do pobierania zanieczyszczeń oraz ich agregacji. Zachowanie materii zawieszanej w istotnym stopniu zależy od wymiarów cząstki. W systemach wodnych można rozróżnić dwie główne frakcje:

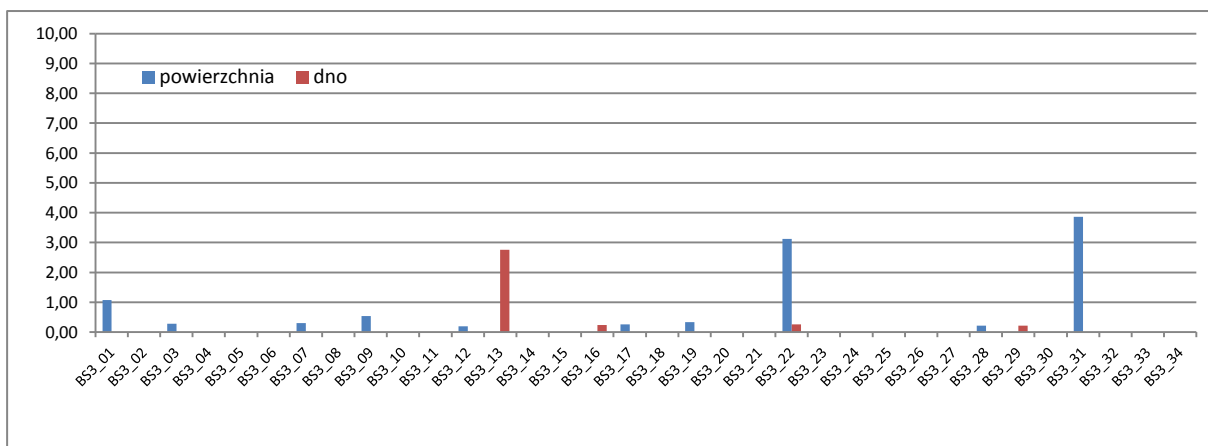
- średnicy $> 1 \mu\text{m}$ cząstki, które szybko podlegają procesom sedymentacji,
- średnicy $< 1 \mu\text{m}$ cząstki koloidalne, które dłużej pozostają w stanie zawieszonym i sprzyjają transportowi zaadsorbowanych zanieczyszczeń na znaczne odległości.

Koloidy obecne w wodach składają się z cząstek nieorganicznych (gliny, tlenki, metale), cząstek organicznych (węgiel organiczny w postaci cząstek, sadza, polimery), organicznych makromolekuł (makromolekuły-polimery, kwasy humusowe, proteiny) oraz elementów biologicznych.

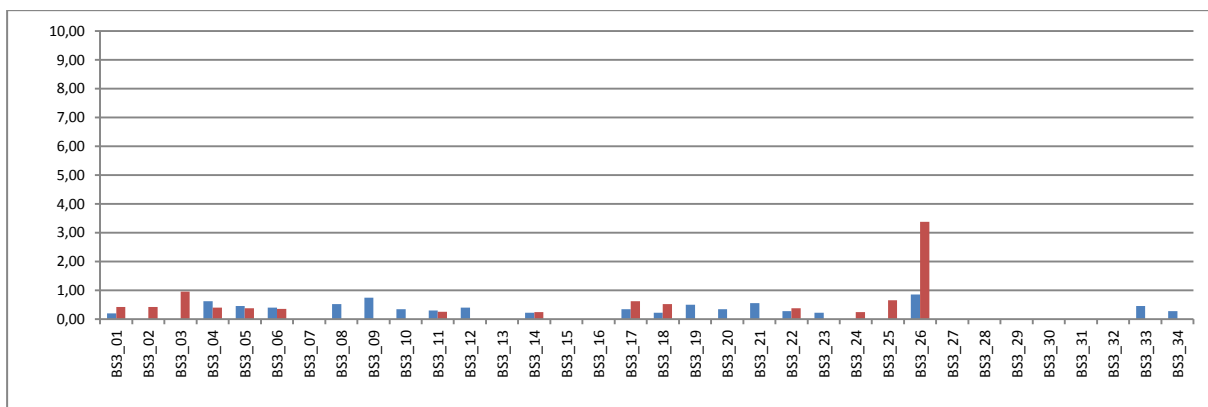
W badanych próbkach wody morskiej z obszaru MFW BŚ III, pobranej w październiku 2012r. oraz w lutym 2013r. stwierdzono bardzo niskie stężenia zawiesiny. Średnia zawartość zawiesiny w październiku wynosiła poniżej $0,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, natomiast w próbkach wody morskiej pobranych w lutym stwierdzono stężenie zawiesiny w granicach od poniżej $0,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $0,96 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Wyjątek stanowiła woda pobrana w dwóch punktach pomiarowych: BS3_21 (na głębokości 5 i 20 m) oraz BS3_26 w warstwie przydennej, gdzie stężenie zawiesiny wynosiło odpowiednio: $5,28 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; $3,20 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ oraz $3,38 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. W okresie wiosennym zaobserwowano wzrost zawiesiny w toni wodnej. W próbkach wody morskiej pobranej w kwietniu zawartość zawiesiny kształtowała się na poziomie od poniżej $0,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $45,7 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Średnie stężenie zawiesiny w badanym obszarze wynosiło $4,48 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Podwyższone stężenia zawiesiny zaobserwowane w punktach pomiarowych (BS3_15/pow.; BS3_16/10; BS3_16/15; BS3_16/20; BS3_16/dno; BS3_17/pow.; BS3_17/dno; BS3_26/dno) mogły być spowodowane rozpoczęciem produkcji pierwotnej (na sączkach obserwowano zielonkawą warstwę zawiesiny).

W badanych próbkach wody morskiej pobranej w okresie od lipca do listopada 2013r. średnia zawartość zawiesiny utrzymywała się na poziomie od 1,83 do 2,53 mg·dm⁻³. Szczegółowe wyniki zawartości zawiesiny w poszczególnych okresach i punktach pomiarowych w warstwie powierzchniowej i przydennej przedstawiono na rysunkach poniżej (Rysunek 56 oraz Rysunek 57).

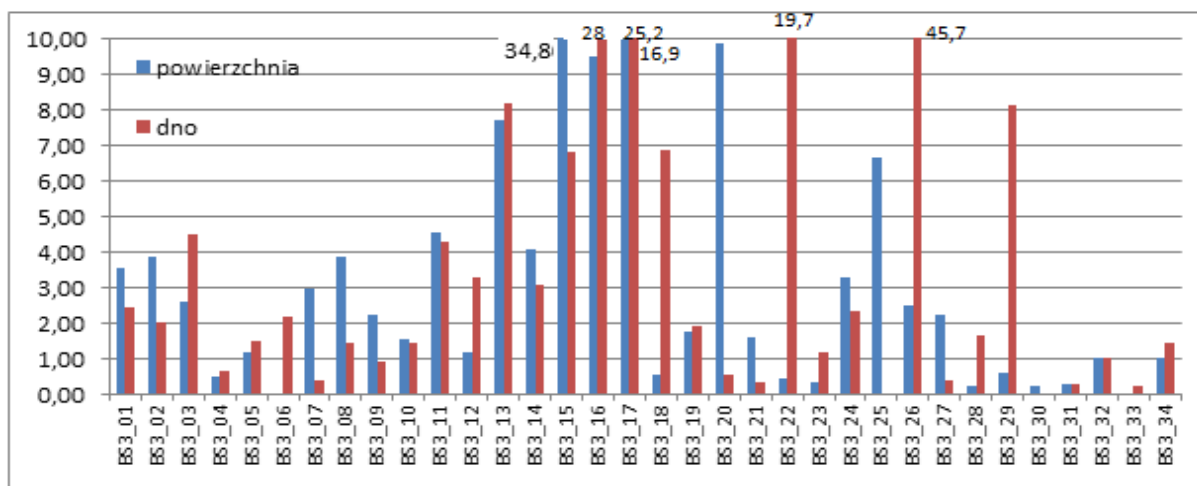
X.12r.



II.13r.

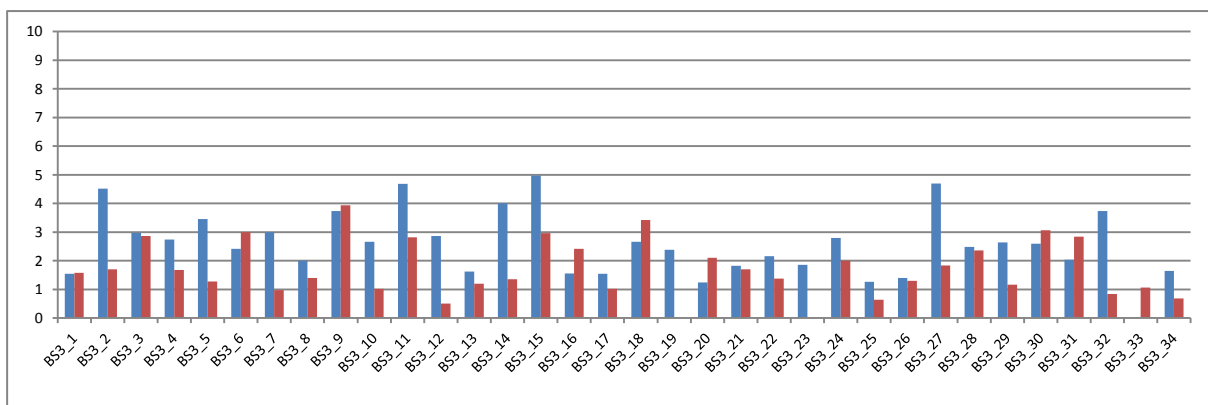


IV.13r.

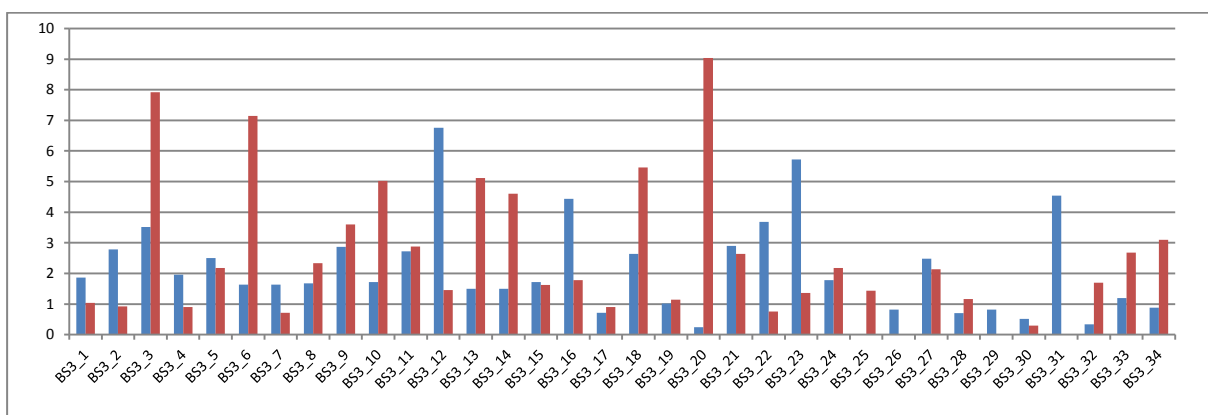


Rysunek 56. Zawartość zawiesiny [mg-dm⁻³]w powierzchniowej i przydennej warstwie wód z obszaru MFW BŚ III w październiku 2012r. oraz lutym i kwietniu 2013 r.

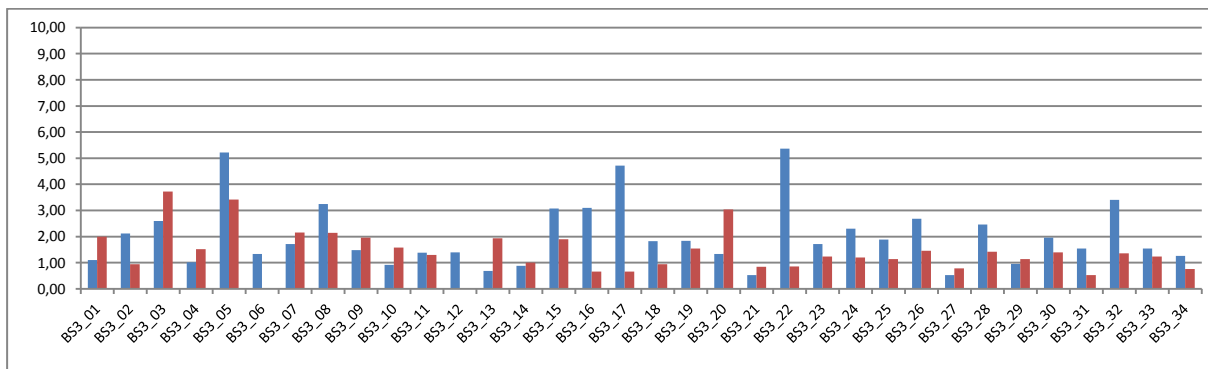
VII.13



IX.13r.

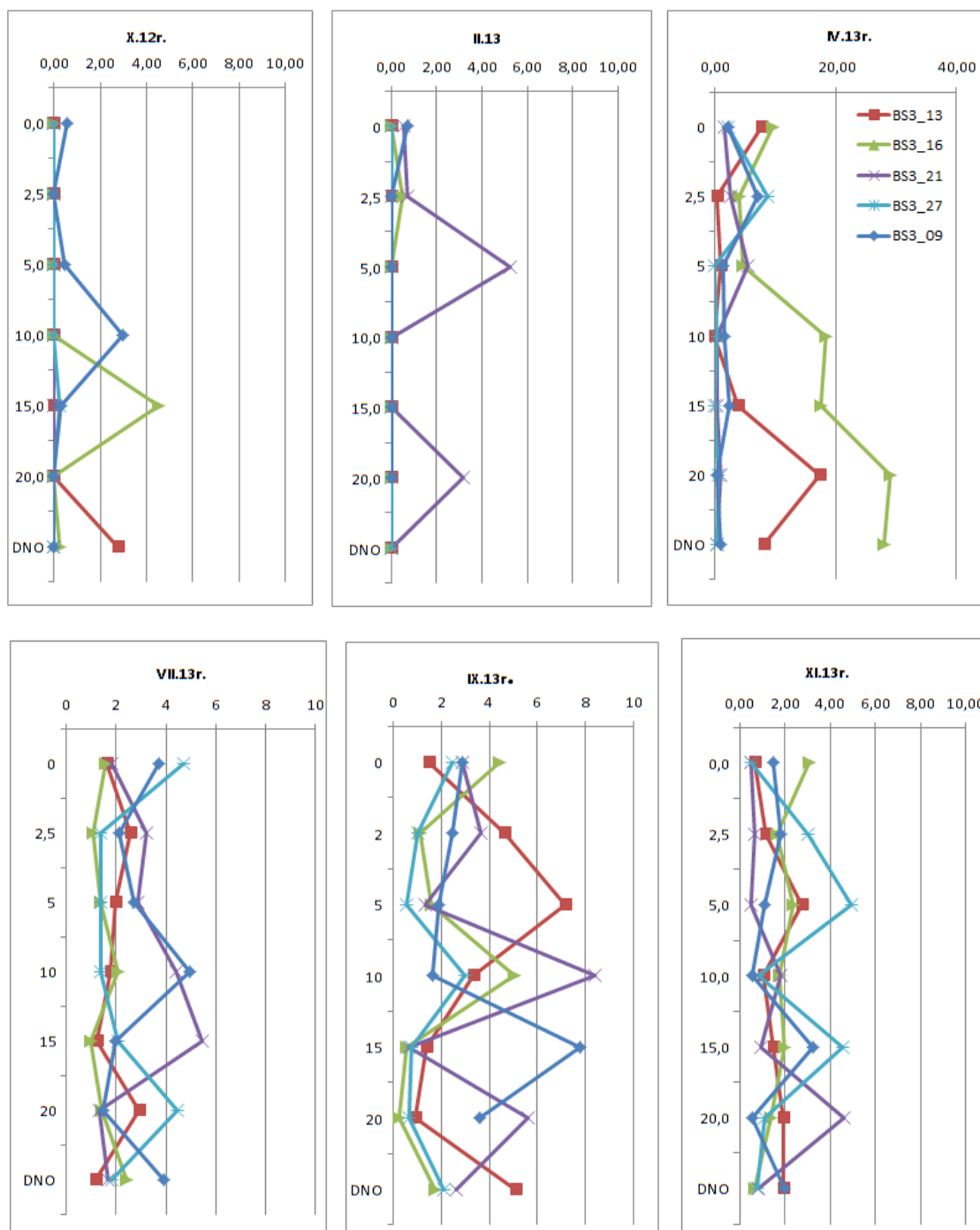


XI.13



Rysunek 57. Zawartość zawiesiny [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w powierzchniowej i przydennej warstwie wód z obszaru MFW BŚ III w okresie od lipca do listopada 2013 r.

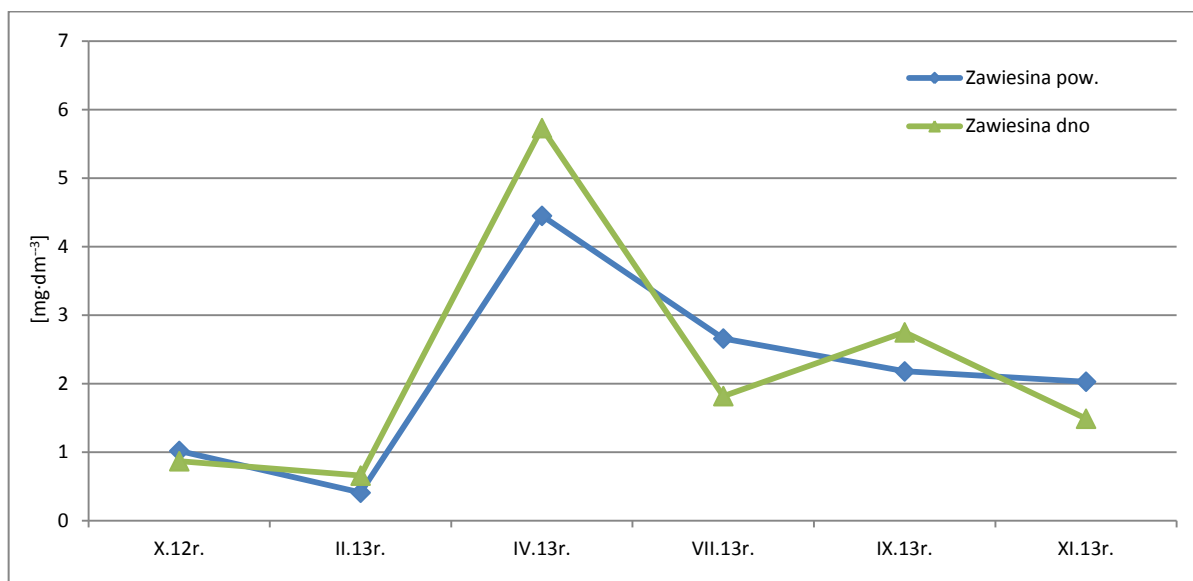
Na rysunku poniżej (Rysunek 58) zostały przedstawione rozkłady stężenia zawiesiny w profilach pionowych na pięciu stacjach pomiarowych w okresie od października 2012 do listopada 2013r.



Rysunek 58. Pionowe rozkłady stężeń zawiesiny [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w toni wodnej na stacjach pomiarowych BS3_13, BS3_16, BS3_21, BS3_27 oraz BS3_09 obszaru MFW BŚ III, w okresie pomiarowym od października 2012 r. do listopada 2013 r.

Jak wykazała analiza rozkładu stężenia zawiesiny w profilach pionowych najwyższe stężenia zaobserwowano w kwietniu na głębokości poniżej 10m w punktach pomiarowych BS3_16 i BS3_13 (od 17,32 do 29,0mg·dm⁻³). W pozostałych okresach pomiarowych stężenia te nie przekraczały 6,0mg·dm⁻³. Jedynie we wrześniu obserwowano występowanie zawiesiny na poziomie ok. 8,0mg·dm⁻³ (na stacjach BS3_09, BS3_21, BS3_13).

Średnie stężenie zawiesiny w wodach z rejonu MFW BŚ III w poszczególnych okresach pomiarowych przedstawiono na rysunku poniżej (Rysunek 59).



Rysunek 59. Średnia zawartość zawiesiny [mg·dm⁻³] w warstwie powierzchniowej i przydennej wód w poszczególnych okresach pomiarowych

Najniższe średnie stężenia zawiesiny w badanym obszarze występowały w okresie jesienno-zimowym, zaś najwyższe w kwietniu co mogło być spowodowane rozpoczęciem wzmożonej produkcji pierwotnej. Otrzymane stężenia są typowe dla wód Morza Bałtyckiego w poszczególnych okresach pomiarowych. Dla porównania w wodach otwartego Bałtyku zawartość zawiesiny wynosi od poniżej 0,01 do 2,6 mg·dm⁻³ (Bernard i in., 1989; Burska i in., 2005) zaś średnie stężenia zawiesiny w Zatoce Gdańskiej wynoszą od 1,3 do 10,1 mg·dm⁻³ (Kruk-Dowgiałło, 2010).

5.1.5 Substancje biogeniczne

Substancje biogeniczne pełnią istotną rolę w procesach produkcji biologicznej. Ważną rolę soli azotu i fosforu jest stymulacja produkcji pierwotnej - fitoplanktonu. Stężenia związków azotu i fosforu podlegają znacznym wahaniom sezonowym wynikającym z cykli biogeochemicznych oraz dopływu tych substancji z lądu. Wskutek wzmożonego dopływu biogenów następuje stopniowe wzbogacanie zbiornika wodnego w substancje pokarmowe, a w rezultacie eutrofizacja. Nadmierna eutrofizacja prowadzi do zachwiania równowagi ekosystemu. Zagrożenia wynikające z eutrofizacji, to przede wszystkim intensywny wzrost i masowe zakwity fitoplanktonu, wzrost zawartości materii organicznej w wodzie, wzrost sedimentacji materii organicznej, spadek zawartości tlenu w wodach przydennych oraz na skutek tego śmierć organizmów bentosowych i ryb przydennych.

Najpoważniejszymi producentami zanieczyszczeń biogenami są nieoczyszczone ścieki komunalne i wyłukiwanie nawozów mineralnych z obszarów rolniczych. Poważny wkład ma również przemysł spożywczy, chemiczny i hodowla zwierząt (drobiu, świń i krów).

Wyróżniamy trzy źródła substancji biogenicznych:

- 1) obszarowe źródła biogenów – związki biogenne pochodzące z użytków rolnych, leśnictwa, obszarów miejskich oraz z depozycji atmosferycznej w obrębie wód powierzchniowych leżących w głębi zlewni Bałtyku,
- 2) punktowe źródła biogenów – związki biogenne pochodzące z terenów miast, z przemysłu, gospodarstw rybnych, dostające się do Bałtyku bezpośrednio z tych źródeł albo pośrednio poprzez wody powierzchniowe,
- 3) naturalne źródła azotu i fosforu – azot i fosfor pochodzące z naturalnej erozji nie zarządzanych obszarów oraz z użytków rolnych niezależnie od rolniczej działalności.

Na ilość biogenów jaka dotrze do Morza Bałtyckiego znaczący wpływ mają procesy zachodzące w zlewisku Bałtyku, poziom opadów, stan rzek, napływ wód gruntowych do wód powierzchniowych (leżących w głębi lądu) oraz biologiczne, fizyczne, morfologiczne i chemiczne czynniki, które zatrzymują azot i fosfor lub/i zmieniają formy w jakich one występują. Na zwiększenie stężenia fosforu w morzu ma również wpływ uwalnianie się (w warunkach słabego natlenienia wody) fosforu zgromadzonego w osadach dennych (Bojanowska i in., 2004; Forsberg, 1993; Stańczykowska, 1997).

Azot występuje we wszystkich elementach środowiska, ale największe jego zasoby znajdują się w atmosferze. Cząsteczki N_2 są bardzo trwałe i dlatego też ich rozpad na atomy i wchodzenie do form nieorganicznych i organicznych jest zjawiskiem dość rzadkim. Ma ono miejsce w wysokoenergetycznych wyładowaniach elektrycznych, wytwarzających tlenki azotu (Migaszewski i Gałuszka, 2007). Wody oceaniczne zawierają około 22 920 mld ton azotu, z czego 95% występuje w rodzimej postaci N_2 . Pozostałe 5% stanowi azot organiczny (często w postaci koloidalnej), azotyny, azotany i amoniak. Ilość i formy azotu w wodach ulegają znacznym sezonowym wahaniom.

Rozmieszczenie związków azotu zależy od wielu czynników chemicznych, fizycznych i biologicznych. W ujęciu pionowym w Bałtyku zaznaczają się wyraźne warstwy wód, które charakteryzują się różną dynamiką i zawartością związków azotu. Strefą kontaktu wody i powietrza jest błona powierzchniowa, przez którą zachodzi wymiana gazowa. Tą drogą do morza przedostaje się azot w postaci rodzimej N_2 . Zanieczyszczenia powierzchni morza mogą wpływać na zwiększenie zawartości form azotu. Szczególnie ważną strefę stanowią wody prześwietlone, w których zachodzą procesy fotosyntezy. Miąższość tej warstwy Bałtyku jest różna i wynosi w zależności od akwenu i pory roku około 10-20 m głębokości. Zawartość azotu wykazuje tu różnice sezonowe (Bojanowska i in., 2004; Forsberg, 1993; Podbielkowski, 1996; Stańczykowska, 1997).

Źródła fosforu to (Migaszewski i Gałuszka, 2007):

- podłoże geologiczne, z którego uwalnia się on dzięki procesom wietrzenia i erozji,
- procesy rozkładu szczątków roślinnych i zwierzęcych (główne źródło fosforu w ciekach powierzchniowych i zbiornikach wodnych),
- odpływy z pól, na których stosowano nawozy fosforowe lub/i pestycydy fosfoorganiczne,
- zrzuty bezpośrednie ścieków (w tym detergentów).

W wodach powierzchniowych fosfor występuje w postaci nierozpuszczalnych związków mineralnych, w biomase organizmów żywych oraz w związkach uwalnianych z biomasy. Rośliny przyswajają fosfor z wody wprowadzając go tym samym do obiegu. Część fosforu wypada z obiegu i przedostaje się do osadów, tworząc niekiedy bogate złoża fosforytów (Bojanowska i in., 2004; Forsberg, 1993; Podbielkowski, 1996; Stańczykowska, 1997).

Cykl krążenia fosforu nie jest w pełni zrównoważony, ponieważ odkładanie fosforanów na dnie morskim odbywa się szybciej niż jego ponowne włączenie do obiegu (Emsley, 1980). Procesy wymiany fosforu między wodą i osadem zależą od wielu parametrów fizykochemicznych i chemicznych: temperatury (przebiegają szybciej w wyższej temperaturze), odczynu (przebiegają szybciej przy niskim pH), zawartości tlenu, potencjału redoks i powierzchni czynnej osadów dennych (Migaszewski i Gałuszka, 2007). Ocenia się, że rocznie do oceanów dostaje się z lądu około 20 mln ton, z czego 2 mln ton pochodzi z działalności człowieka i stanowi tę nadwyżkę naruszającą dotychczasową równowagę w bilansie fosforu. Należy przypuszczać, że roczne wzbogacenie Bałtyku w fosforany jest zbliżone do ich wartości dostarczanej przez ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe.

Stosunek molowy $\text{N}(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) : \text{P}(\text{PO}_4^{3-})$ jest często uważany do określenia potencjalnej wydajności produkcji pierwotnej w wodzie morskiej. W warstwie izohalinowej Morza Bałtyckiego stosunek ten wynosi 14-16:1 w zależności od składu fitoplanktonu (Falkowska i in., 1998; Graneli i in., 1990; Trzosińska 1990, 1992; Wulff i in., 1990).

Azotyny

W środowisku naturalnym azotyny stanowią pośredni produkt bakteryjnej redukcji azotanów lub utleniania amoniaku. Wczesną wiosną po okresie zimowej akumulacji występują jeszcze wysokie stężenia związków azotu, które stymulują zakwity glonów. Stężenia azotynów w wodzie morskiej są znacznie niższe niż stężenia azotanów i amoniaku. Średnie stężenie azotynów w dobrze natlenionych wodach otwartego morza wynosi około $0,1 \mu\text{mol NO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. W strefie głębokowodnej, gdzie mogą wystąpić warunki beztlenowe, stężenie azotynów wzrasta nawet do stężenia około $2 \mu\text{mol NO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Jednakże stężenie azotynów maleje podczas długotrwałego deficytu tlenowego. Wzrost stężeń azotynów obserwuje się również w strefach upwellingu, estuariach oraz rejonach pozostających pod silnym wpływem antropogenicznym (spływ zanieczyszczeń z lądu) (Falkowska i in., 1999).

W badanych próbkach z obszaru MFW BŚ III azotyny stwierdzono w nielicznych próbkach wód pobranych w lutym, kwietniu i wrześniu. W październiku 2012 oraz lipcu i listopadzie 2013 stężenia azotynów w badanym obszarze były poniżej granicy oznaczalności wynoszącej $0,2 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Najwięcej azotynów (w 14 próbkach) stwierdzono w próbkach pobranych we wrześniu 2013 r. Prawdopodobnie jest to wynik wzrostu zawartości biogenów po letnim zakwicie fitoplanktonu. Obecność azotynów stwierdzono głównie w północno-wschodniej części badanego obszaru.

Azotany

Azotany są końcowym produktem utleniania związków azotu. W strefie eufotycznej wielu akwenów morskich azotany decydują o wielkości produkcji pierwotnej i z tego względu zaliczane są do substancji limitujących wzrost fitoplanktonu. Jeśli promieniowanie słoneczne penetruje toń wodną do znacznej głębokości, to procesy asymilacji przez fitoplankton zachodzą intensywniej niż transport azotanów z głębszych warstw ku powierzchni. Dlatego stężenie azotanów w strefie eufotycznej wielu akwenów jest bliskie zera. Na wielkość stężeń azotanów w wodach powierzchniowych intensywnie

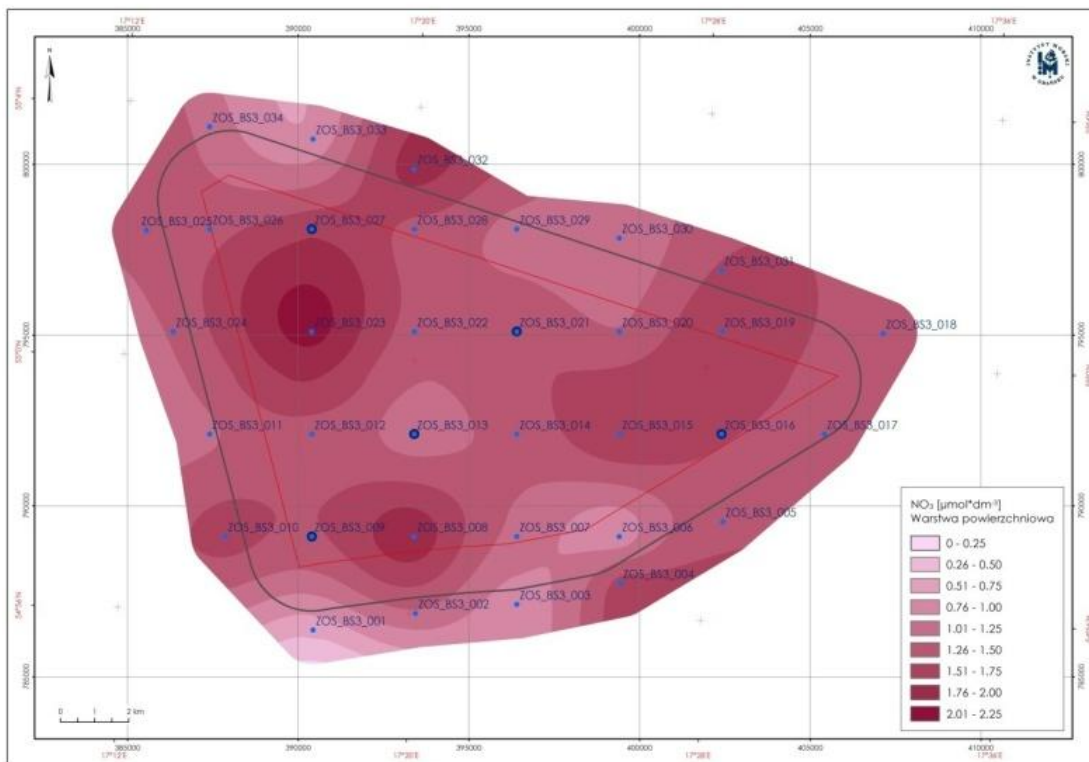
wpływają również procesy fizyczne, takie jak adwekcja, konwekcja, mikrobiologiczne utlenianie amoniaku oraz asymilacja przez organizmy fitoplanktonowe. W strefie klimatu umiarkowanego podczas zimowego ochłodzenia wód powierzchniowych następuje mieszanie w kolumnie wody co prowadzi do wzrostu stężeń azotanów. Cykl sezonowy azotanów charakteryzuje się wysokimi stężeniami w okresie jesieni, zimy i bardzo wczesnej wiosny oraz niską zawartością późną wiosną i latem. Wielkość stężenia azotanów wraz z temperaturą może stanowić wskaźnik występowania upwellingów, ponieważ w tych rejonach wynoszenie azotanów wraz z wodami głębinowymi przebiega szybciej niż ich asymilacja, co powoduje, że nawet w okresie największego zapotrzebowania na sole biogeniczne, w tych rejonach nie występuje deficyt azotanów. Wysokie stężenia azotanów w wodach powierzchniowych występują również w rejonach przyujściowych rzek. W natlenionych wodach głębinowych notuje się raczej wysokie stężenia azotanów. W warunkach deficytu tlenowego następuje proces denitryfikacji czyli redukcji azotanów do amoniaku i azotu cząsteczkowego (Falkowska i in., 1999).

W próbkach wód pobranych jesienią (październik 2012 r. - średnie stężenie $1,30 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$; listopad - 2013 r. średnie stężenie $0,280 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz zimą (luty 2013 r. - średnie stężenie $2,45 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) stwierdzono wyższe stężenia azotanów, co jest zgodne z cyklem zmian sezonowych azotanów w wodach morskich. W okresie wiosny i lata (kwiecień i lipiec) zaobserwowano spadek zawartości azotanów w badanych próbkach wód. Związane jest to z okresem wzmożonej wegetacji fitoplanktonu oraz produkcją pierwotną. W lipcu obecność azotanów stwierdzono jedynie w 3 próbkach pobranych z punktów zlokalizowanych we wschodniej części badanego obszaru.

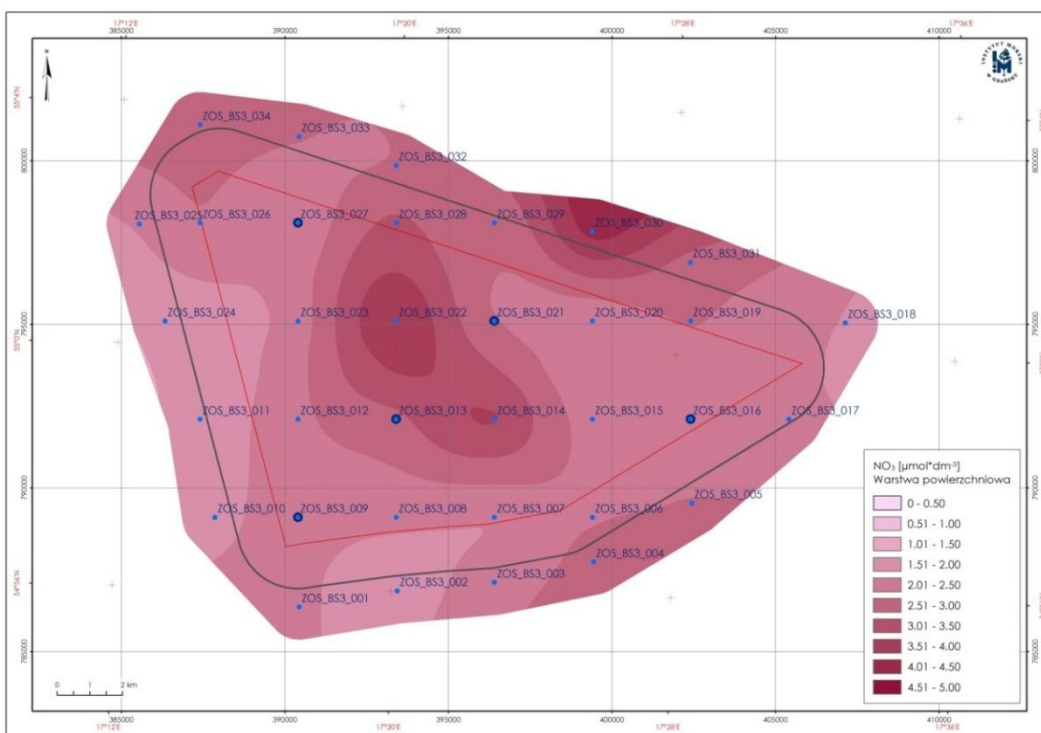
Przestrzenne rozkłady stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej oraz przydennej z obszaru MFW BŚ III dla analizowanego okresu przedstawiono na rysunkach poniżej (od Rysunek 60 do Rysunek 69).

Pionowy rozkład stężeń azotanów (od powierzchni do dna) w punktach BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 oraz BS3_27 przedstawiają kolejne dwa rysunki (Rysunek 70 oraz Rysunek 71). W październiku 2012 r. zauważa się spadek zawartości azotanów wraz z głębokością. W lutym największą koncentrację azotanów stwierdzono w warstwie wód od 10 do 20 m. W kwietniu stwierdzono niewielki wzrost zawartości azotanów w warstwie przydennej.

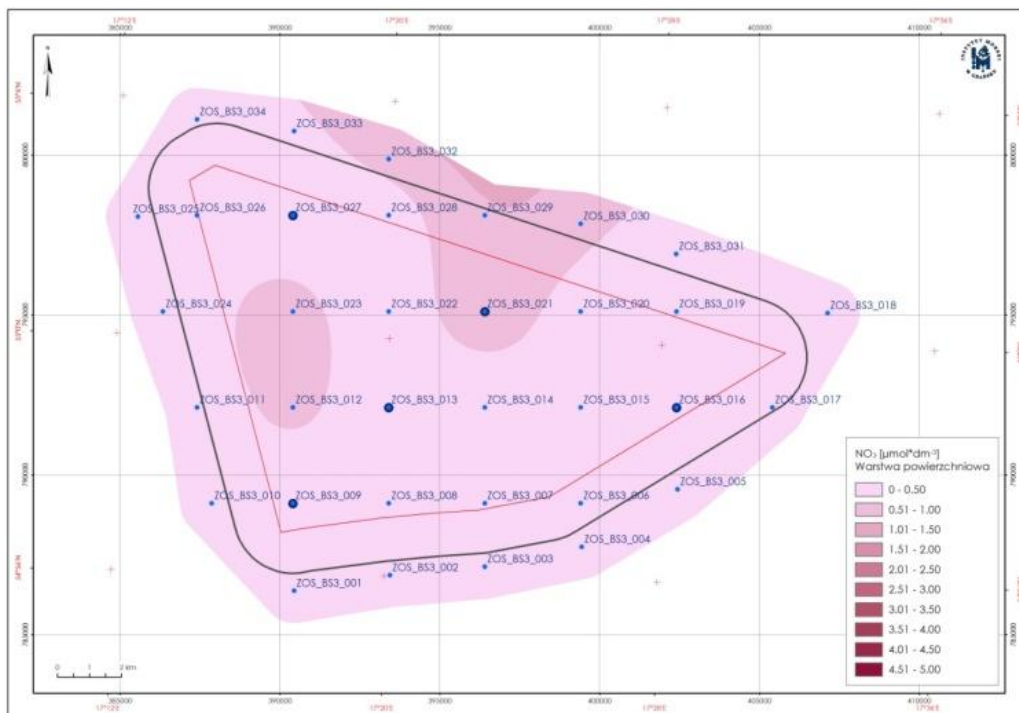
Zmierzone stężenia azotanów w próbkach wód z obszaru BŚ III nie przekraczają wartości granicznych ($3,569 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) dla I klasy jednolitych części wód powierzchniowych, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 9 listopada 2011 r. (Dz.U. Nr 257, poz. 1545).



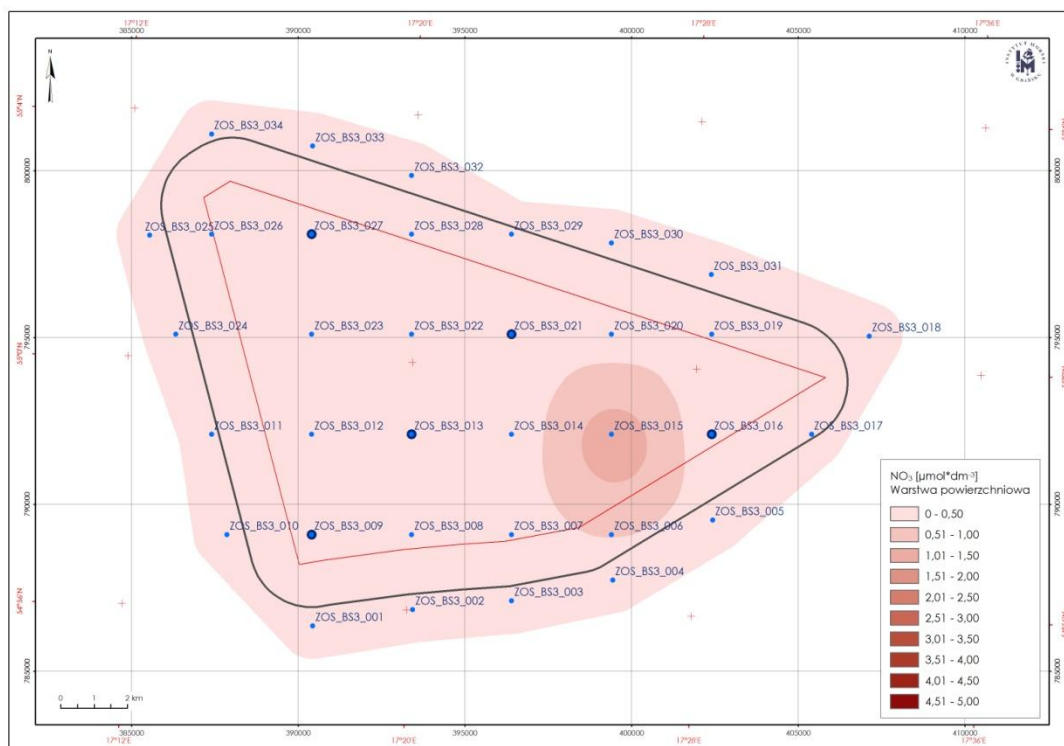
Rysunek 60. Przestrenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.



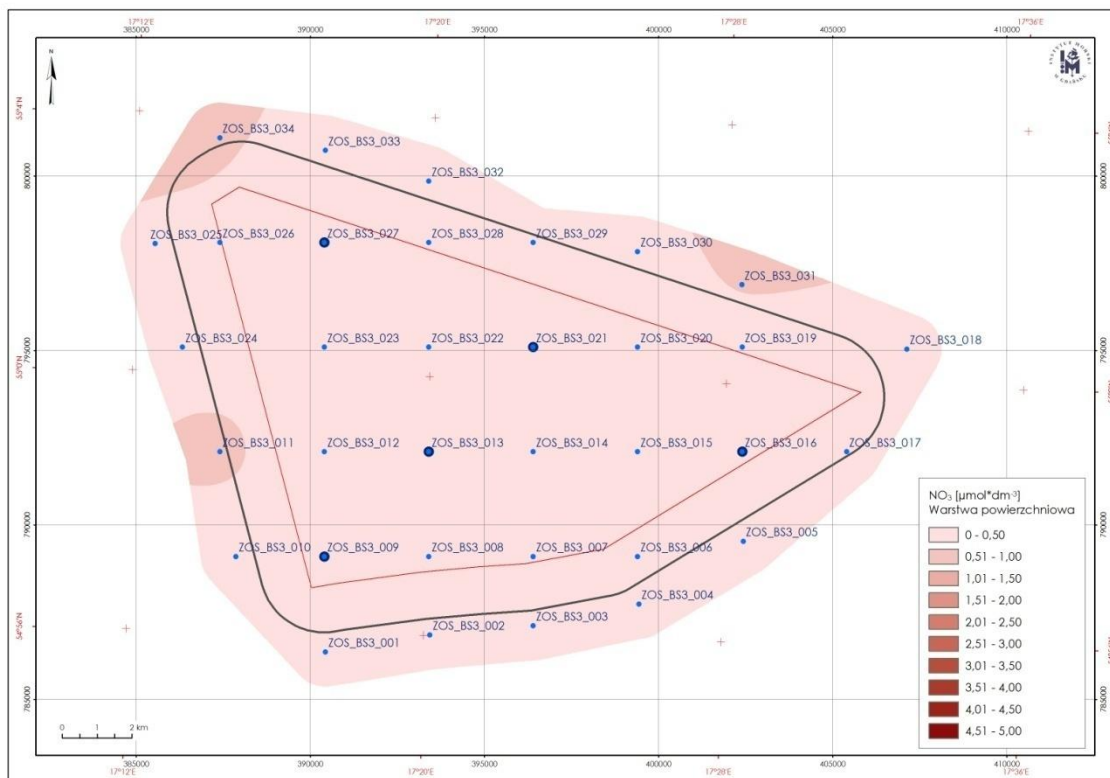
Rysunek 61. Przestrenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.



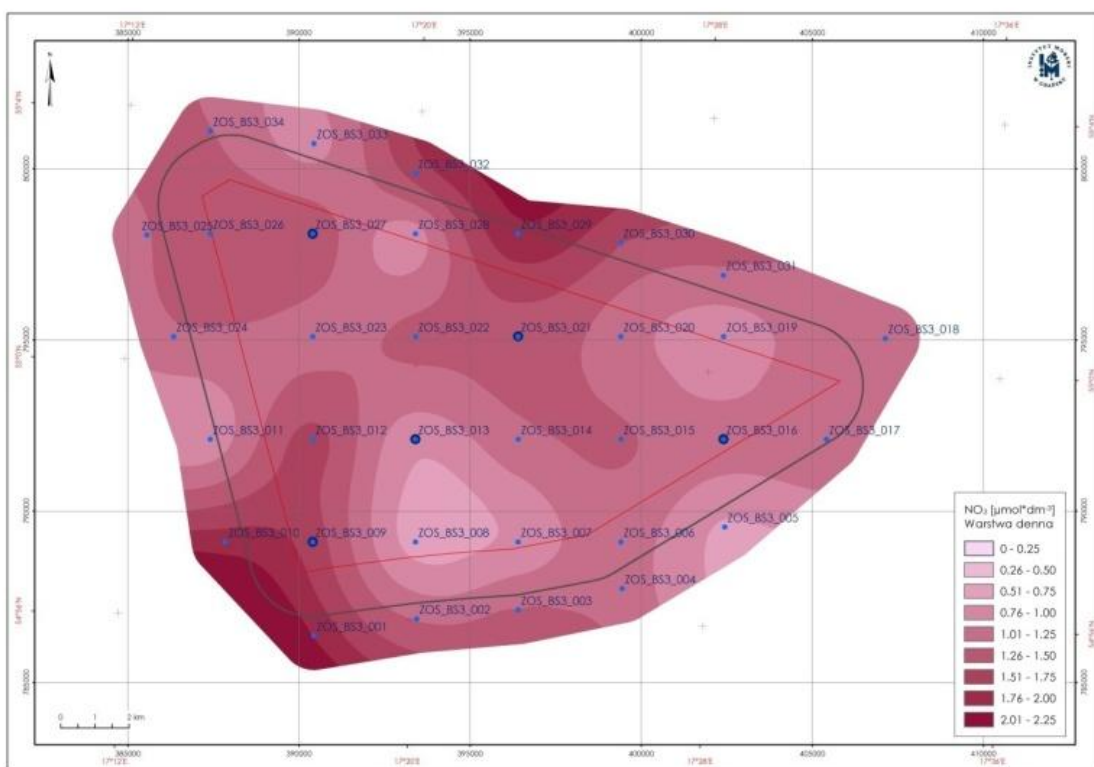
Rysunek 62. Przestrenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.



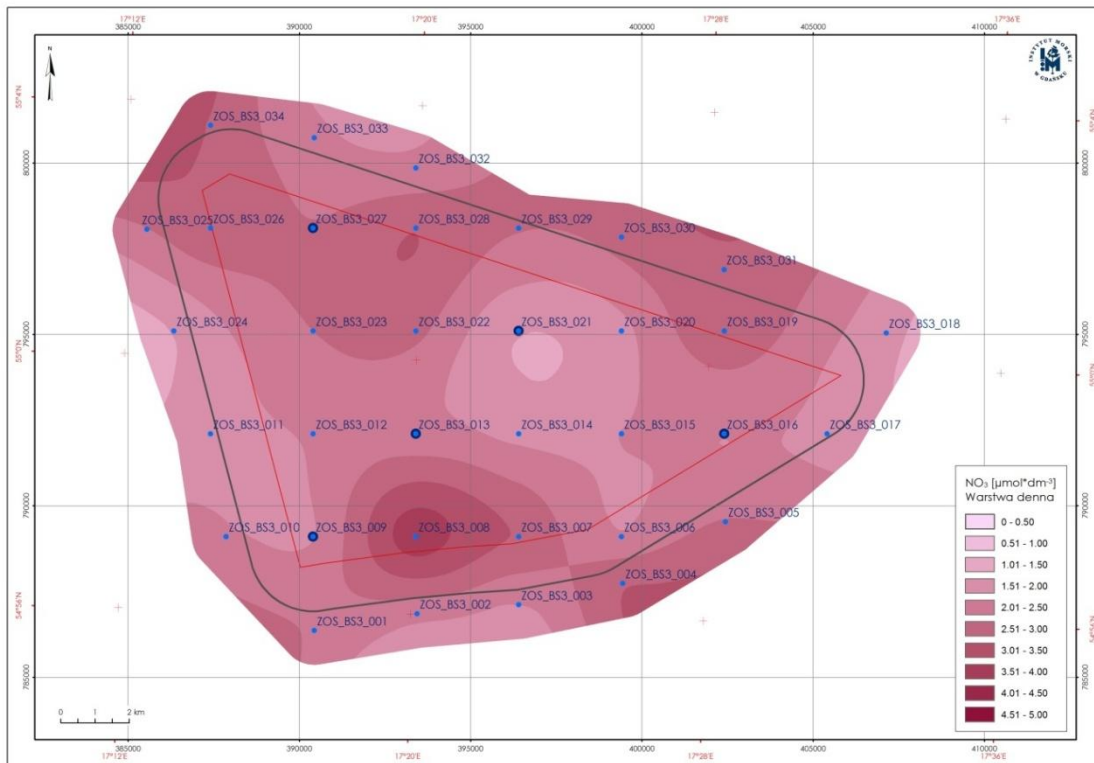
Rysunek 63. Przestrenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.



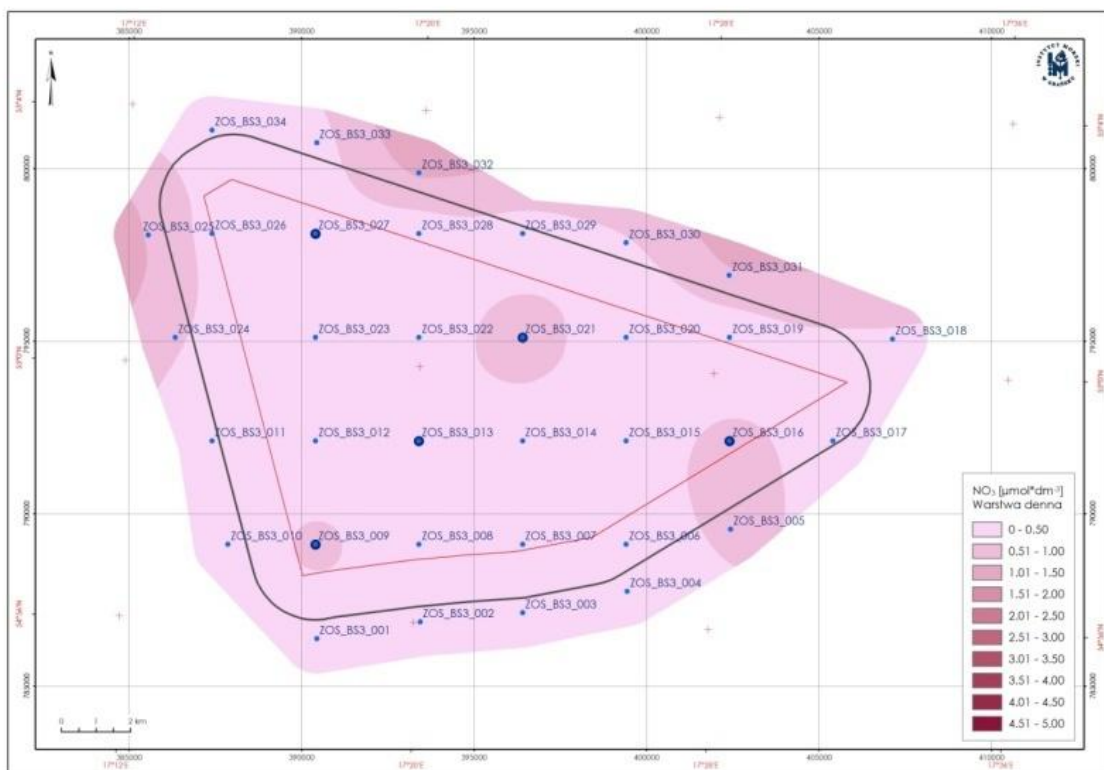
Rysunek 64. Przestrenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.



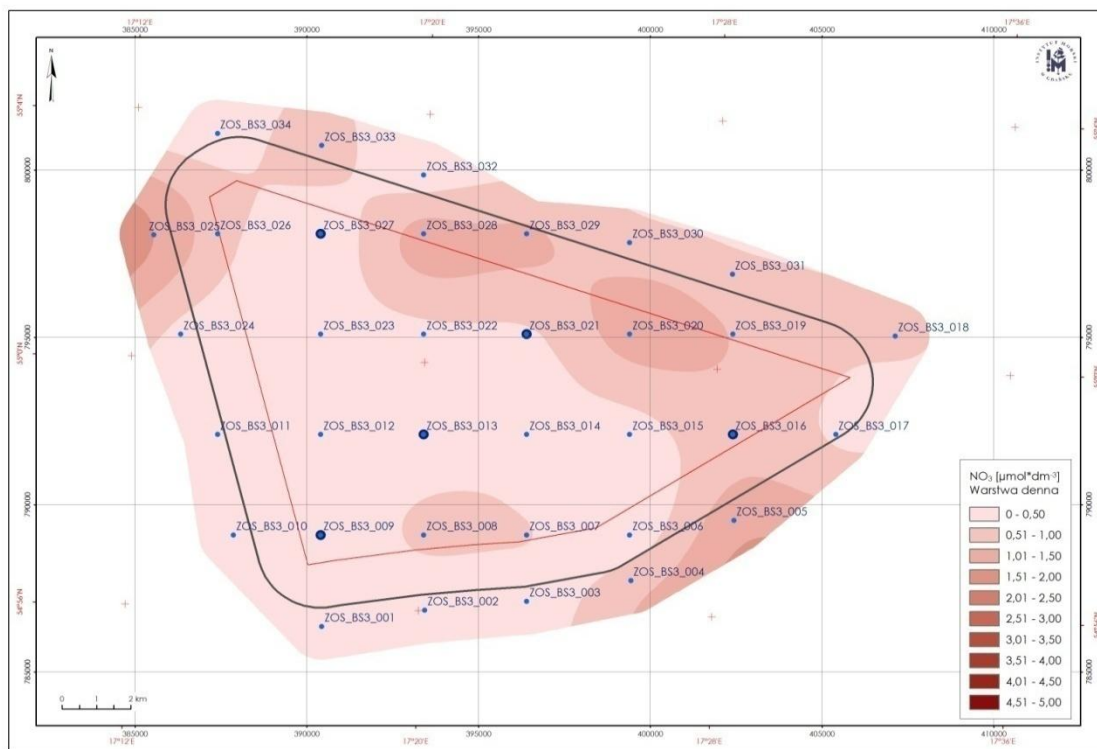
Rysunek 65. Przestrenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej w październiku 2012 r.



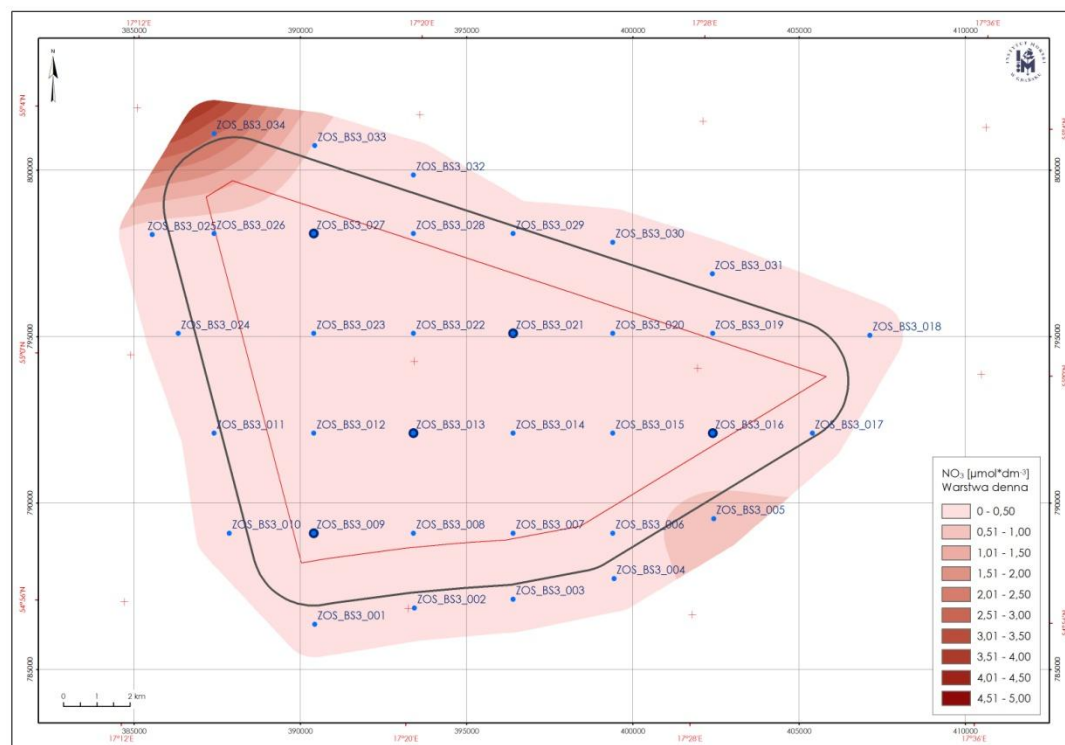
Rysunek 66. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej w lutym 2013 r.



Rysunek 67. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.

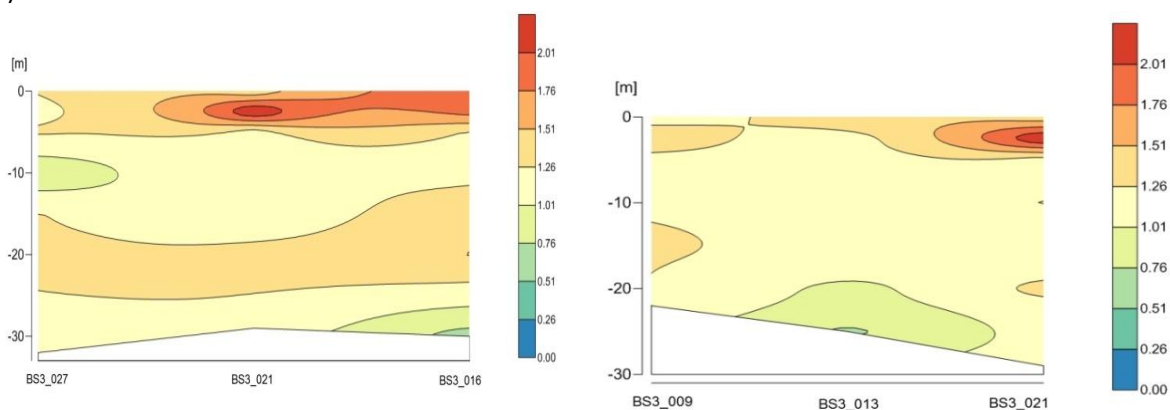


Rysunek 68. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.

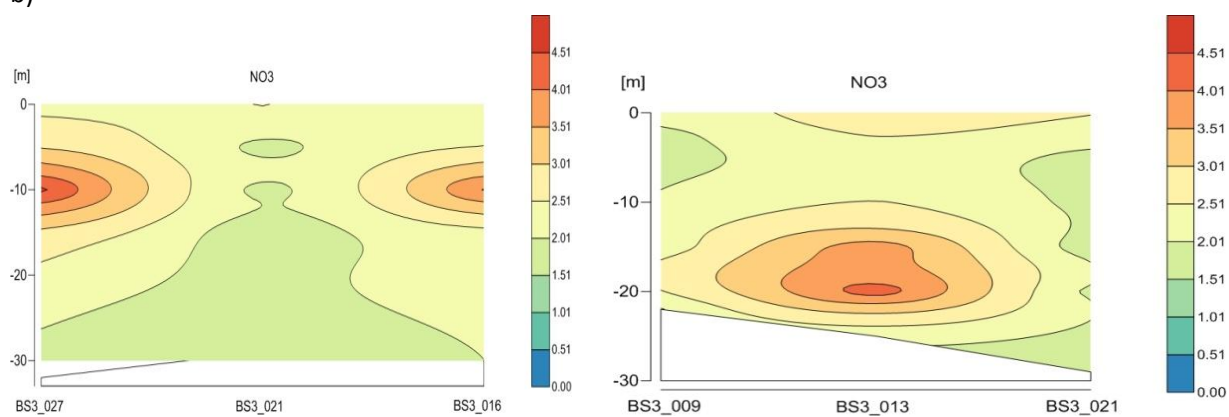


Rysunek 69. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.

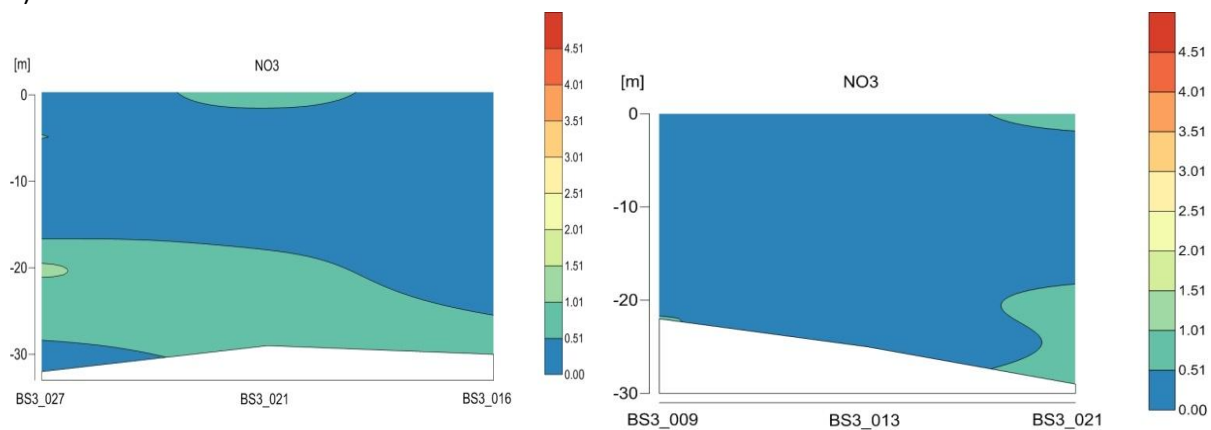
a)



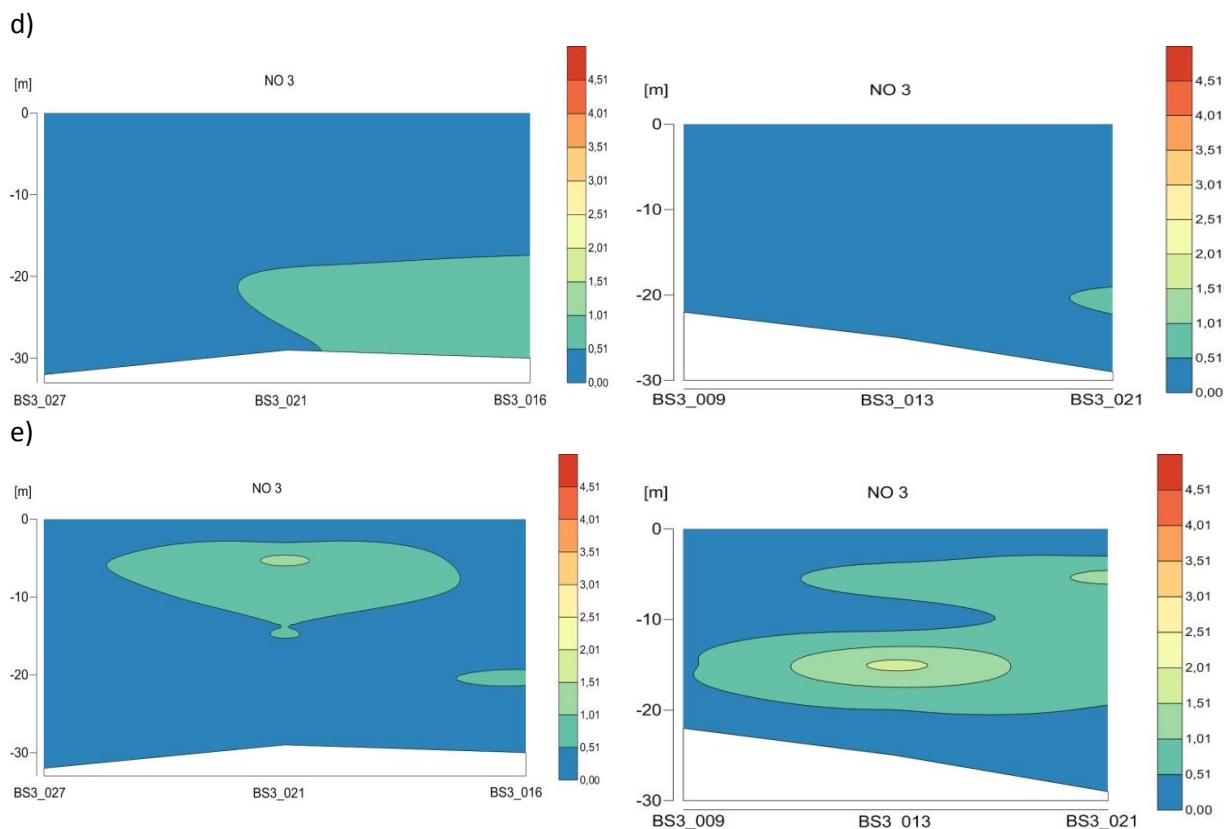
b)



c)



Rysunek 70. Zmiany zawartości azotanów z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) oraz kwietniu 2013 r. (c)



Rysunek 71. Zmiany zawartości azotanów z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 we wrześniu (d), oraz listopadzie 2013 r. (e)

Amoniak

Stężenia amoniaku w natlenionych i niezanieczyszczonych wodach rzadko przekraczają wartość $5 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Jednakże przy zmianie warunków na beztlenowe, stężenie amoniaku może osiągnąć wartość nawet $100 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. W warunkach beztlenowych następuje denitryfikacja jonów azotanowych, która prowadzi do powstania amoniaku i azotu cząsteczkowego. Również podczas bakteryjnej redukcji siarczanów w wodach głębinowych obok siarkowodoru produkowany jest amoniak. W środowisku morskim obok jonów amonowych występuje także NH_3 w postaci niezjonizowanych cząsteczek. Stężenie NH_3 uzależnione jest od zmian pH i temperatury. Przy pH 8,2 i temperaturze 5°C jedynie ok. 1,9% amoniaku występuje w postaci niezdysocjowanych NH_3 , ale przy tym samym odczynie wody i temperaturze 25°C udział tej formy rośnie do 8,1%. Stopień udziału poszczególnych form amoniaku jest niezwykle istotny, ponieważ forma NH_3 jest toksyczna np. dla ryb, w przeciwieństwie do NH_4^+ (Falkowska i in., 1999).

Jak podaje wykaz II substancji szczególnie szkodliwych według Dyrektywy 76/464/EWG stężenie śmiertelne amoniaku dla pstrąga tęczowego wynosi $5 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, a dla skorupiaków $8 \text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

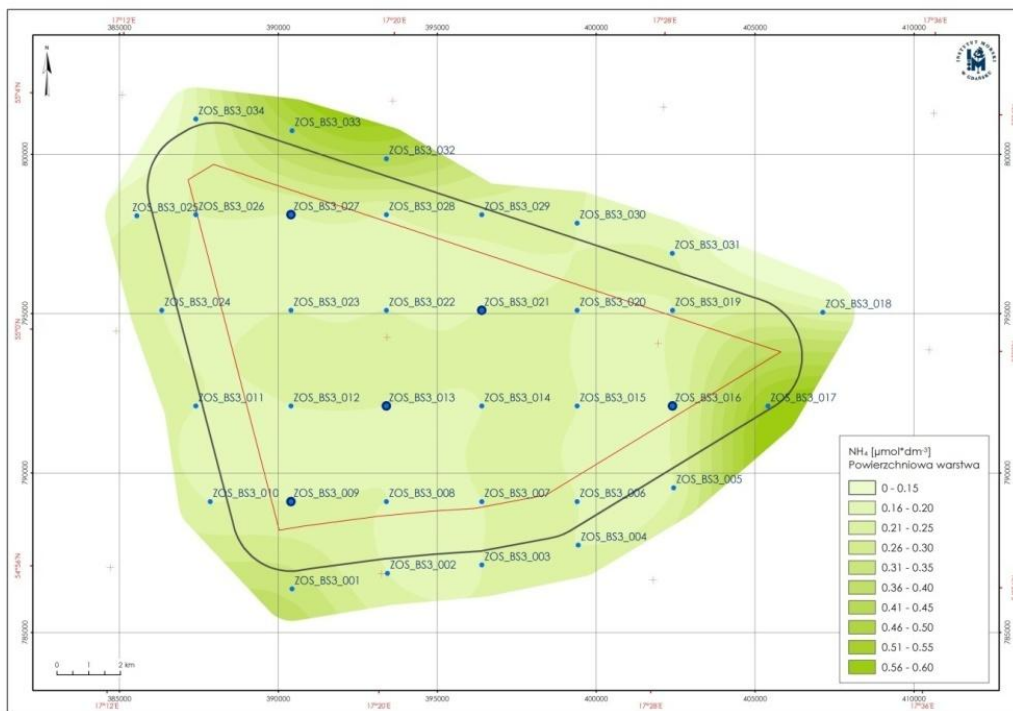
Stężenie jonów amonowych w wodzie morskiej może zmieniać się stosunkowo szybko. Po okresie największej produktywności, kiedy fitoplankton asymiluje znaczną część azotanów i fosforanów, jony amonowe stają się dominującą formą wśród nieorganicznych związków azotu. Remineralizacja materii organicznej także przyczynia się do wzrostu zawartości azotu amonowego w toni wodnej. Rozpuszczony i zawieszony azot organiczny, który powstaje w wyniku destrukcji szczątków organicznych oraz wydaliny fito- i zooplanktonu są przez bakterie proteolityczne rozkładane do NH_3 .

Ponadto amoniak wraz z moczniakiem i peptydami może być bezpośrednio wydalany przez zwierzęta morskie (Falkowska i in., 1999).

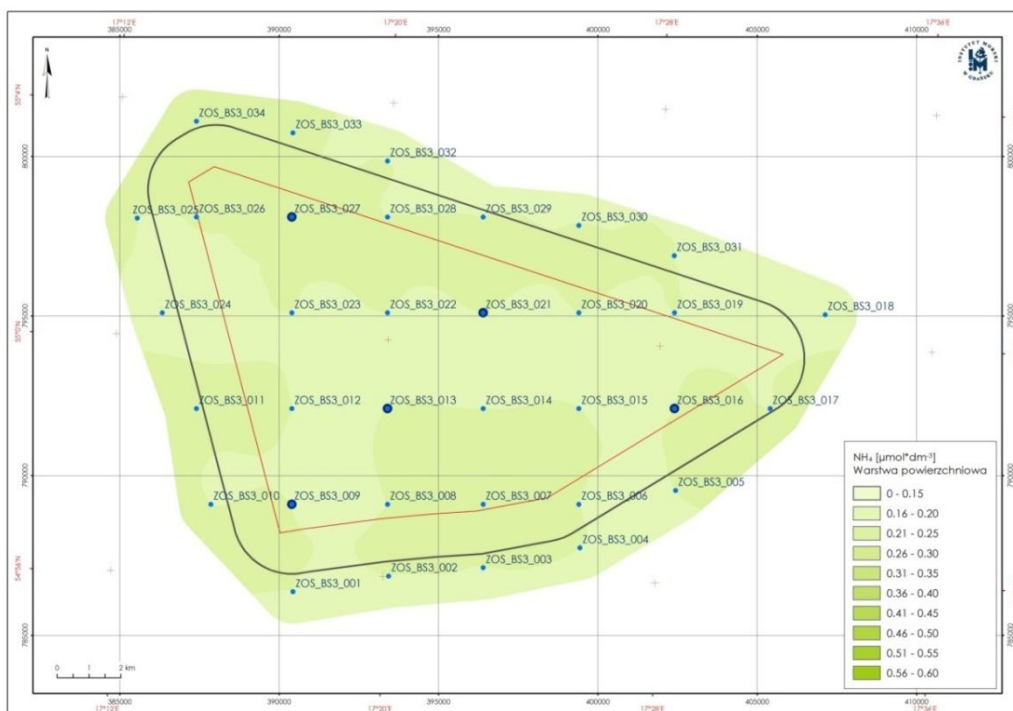
Amoniak w wodach pobranych z obszaru BŚ III w październiku 2012 r. oraz lutym i listopadzie 2013 r. stwierdzono w nielicznych próbkach. Oznaczone stężenia wahały się od wartości poniżej granicy oznaczalności $0,2 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $0,681 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w październiku, $0,51 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lutym i $1,97 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w kwietniu. Obecność amoniaku w większej ilości próbek stwierdzono w lipcu, wrześniu i listopadzie (średnio odpowiednio $0,258 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$; $0,565 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$; $0,353 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$). Stężenia stwierdzone w analizowanych próbkach wód powierzchniowych i przydennej nie odbiegają od wartości stężeń charakterystycznych dla wód Bałtyku. Podobną zawartość amoniaku w okresie letnim ($0,27 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) zaobserwowano w wodach Bałtyku Właściwego (Nausch i Nausch, 2011).

Analizując rozkłady przestrzenne stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w badanym obszarze stwierdzono, że w lipcu i listopadzie stężenia były rozłożone równomiernie na całym obszarze (Rysunek 72). W październiku 2012 r. większe stężenia koncentrowały się w północnym, wschodnim oraz południowo-zachodnim krańcu obszaru MFW BŚ III (Rysunek 72). W kwietniu większe stężenia uwidoczniły się w południowo-zachodnim krańcu (Rysunek 74), natomiast we wrześniu ponownie w północnej części obszaru BŚ III (Rysunek 76).

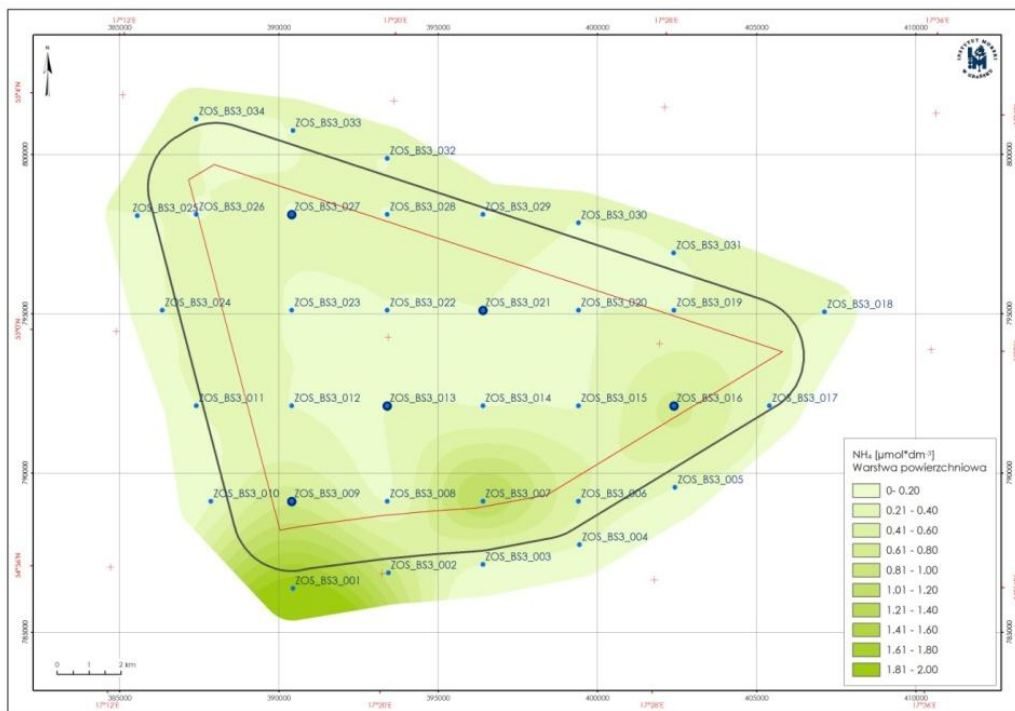
W warstwie przydennej największa koncentracja amoniaku uwidoczniła się w okresie jesiennym, kiedy następuje opadanie materii organicznej po intensywnym zakwicie fitoplanktonu (październik 2012 r. i listopad 2013 r.) (Rysunek 78 - Rysunek 83).



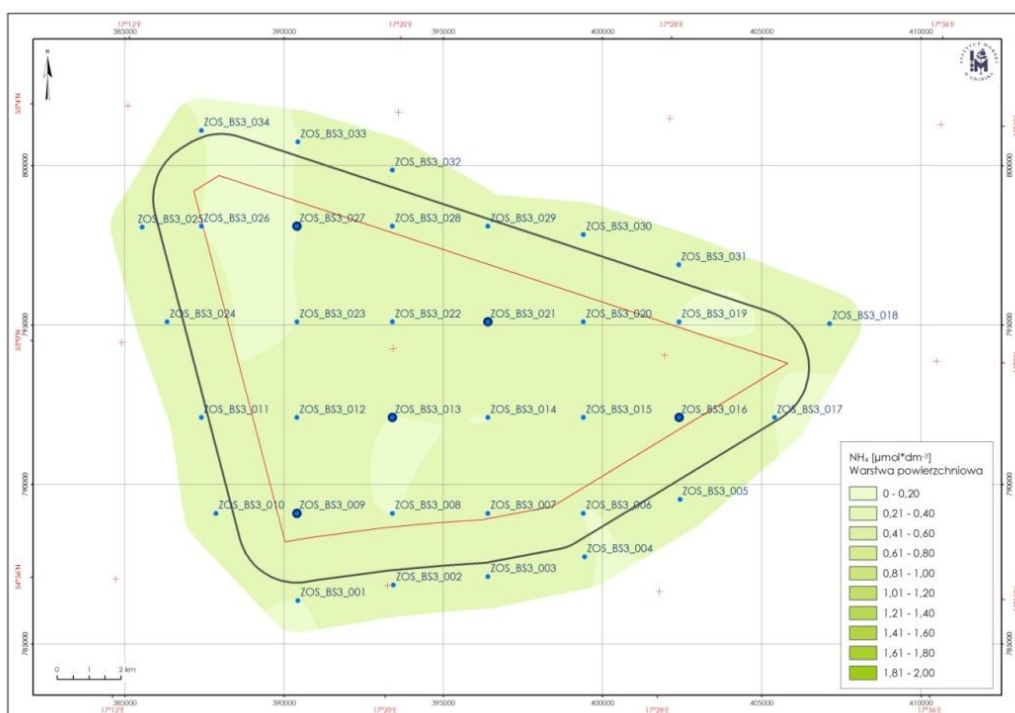
Rysunek 72. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.



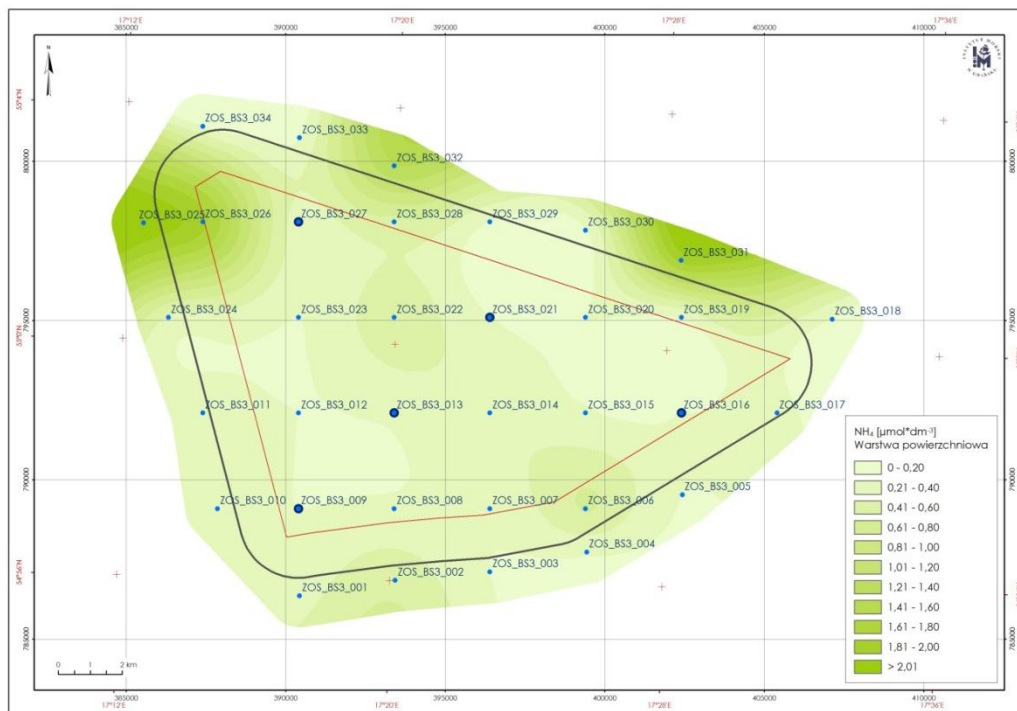
Rysunek 73. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.



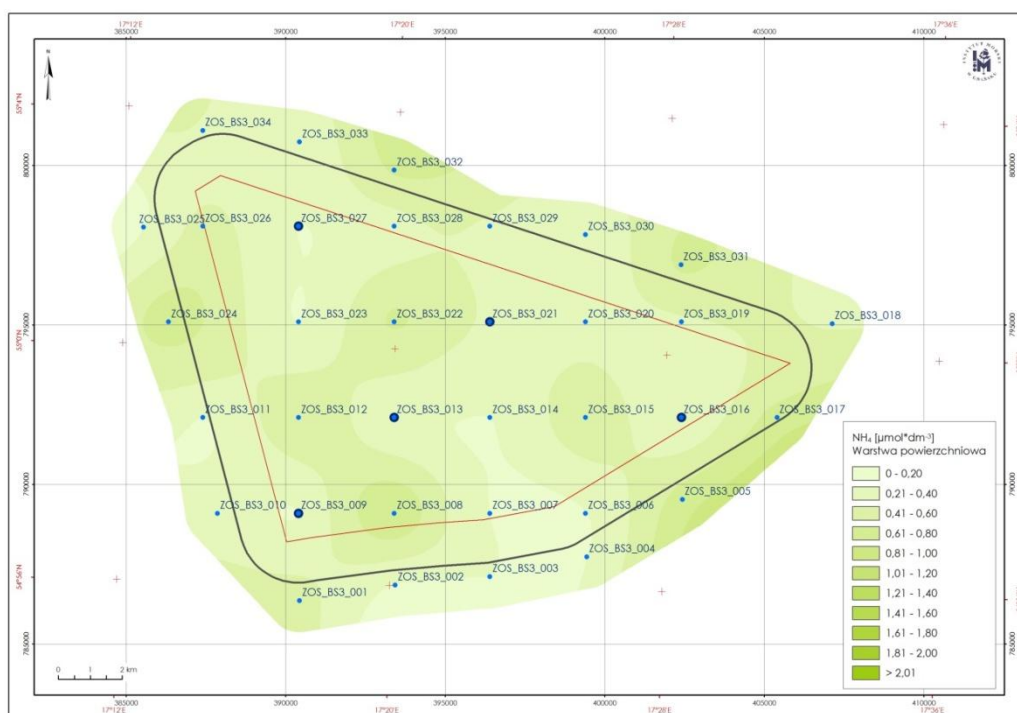
Rysunek 74. Przestrenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.



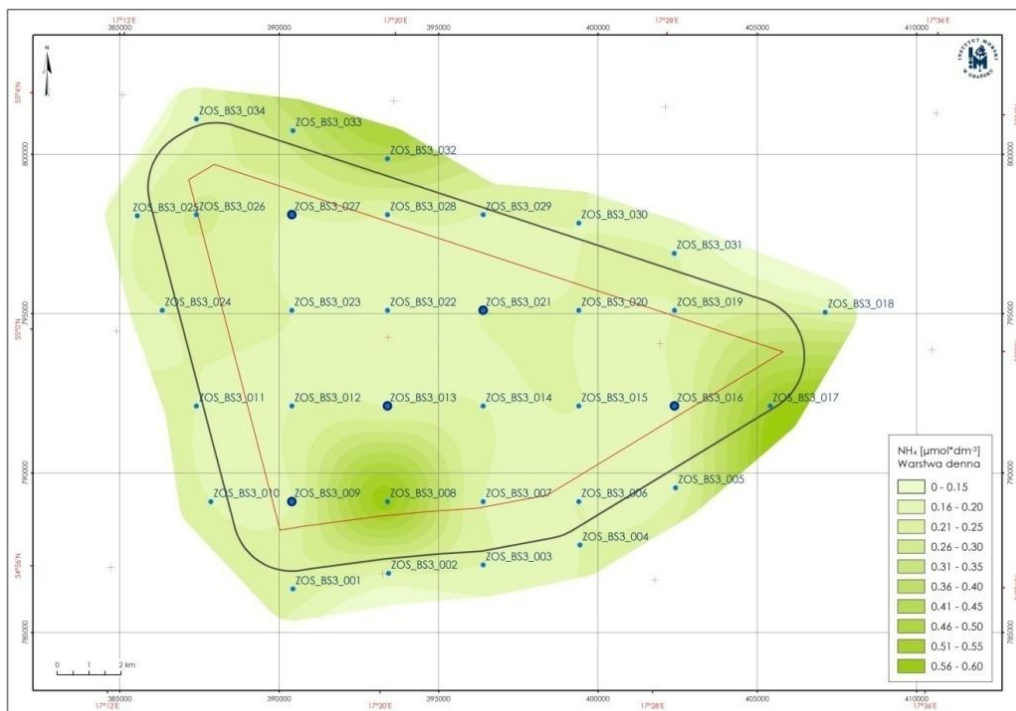
Rysunek 75. Przestrenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.



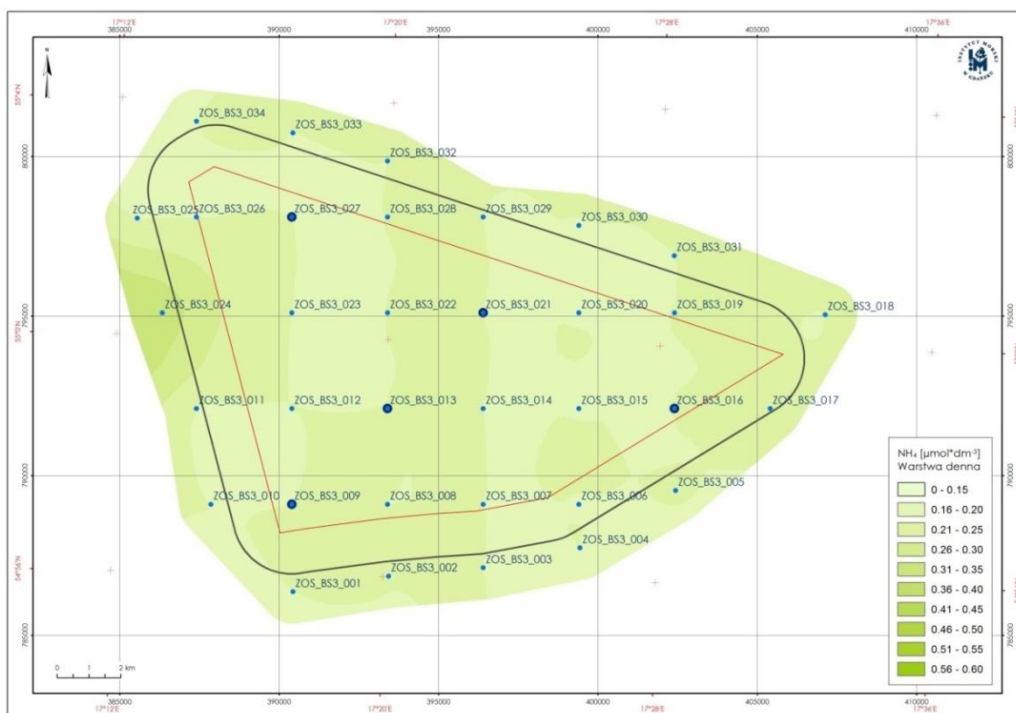
Rysunek 76. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.



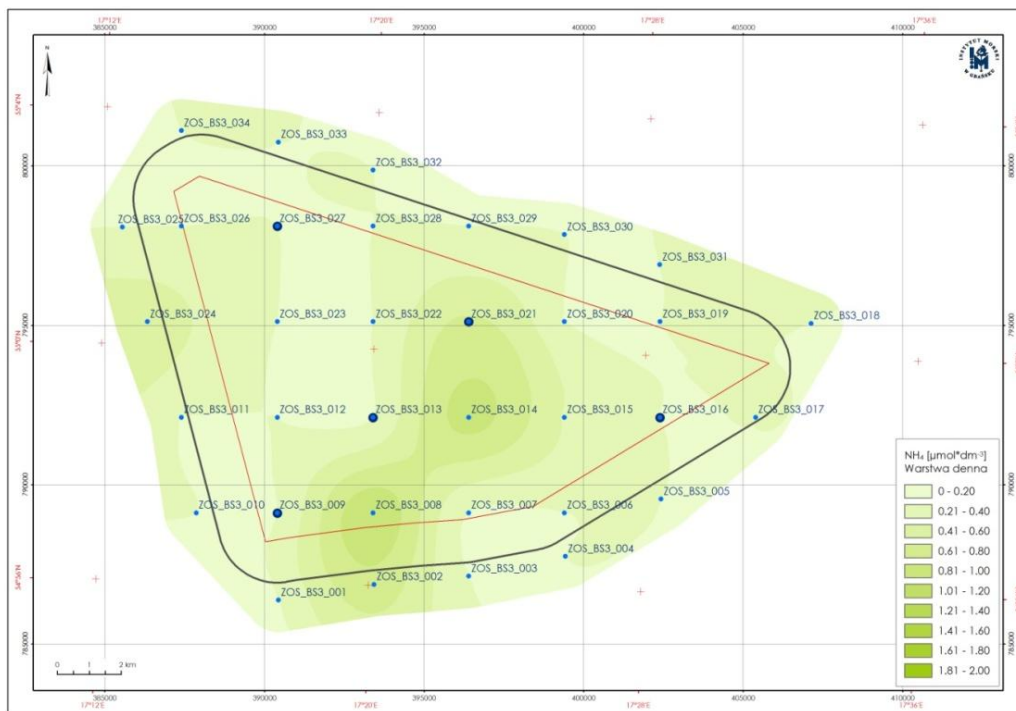
Rysunek 77. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.



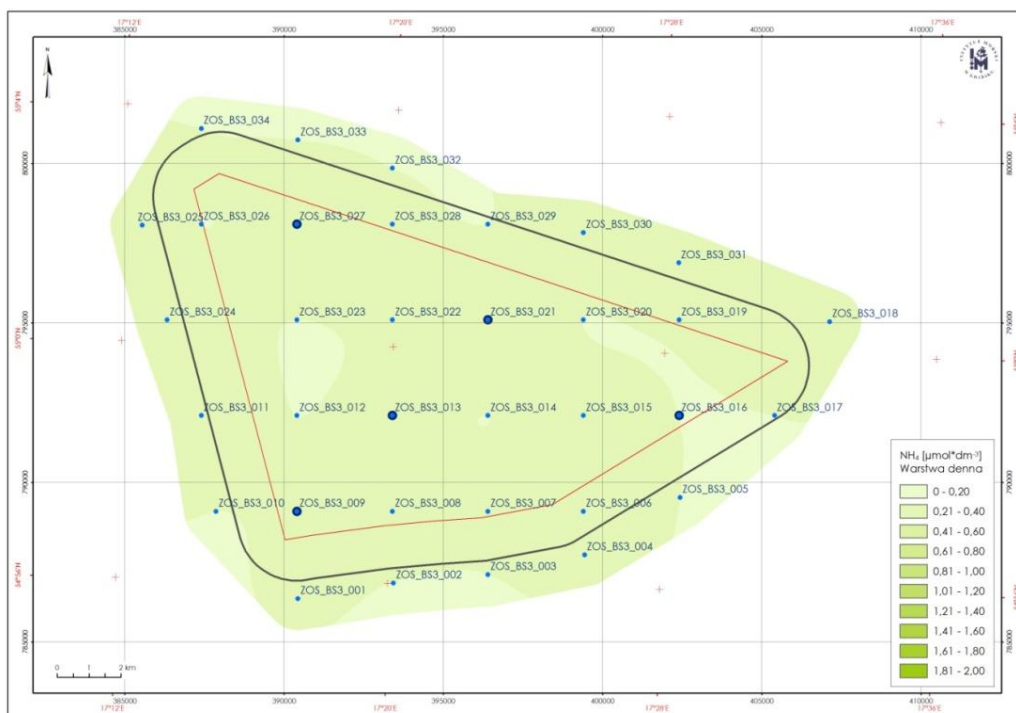
Rysunek 78. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w październiku 2012 r.



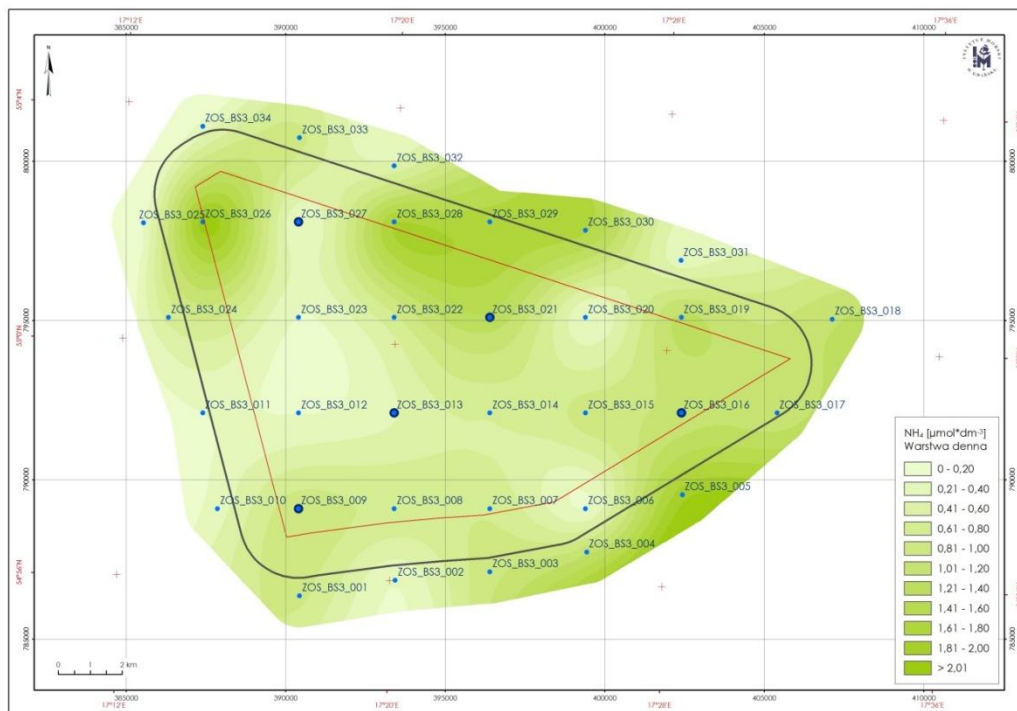
Rysunek 79. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w lutym 2013 r.



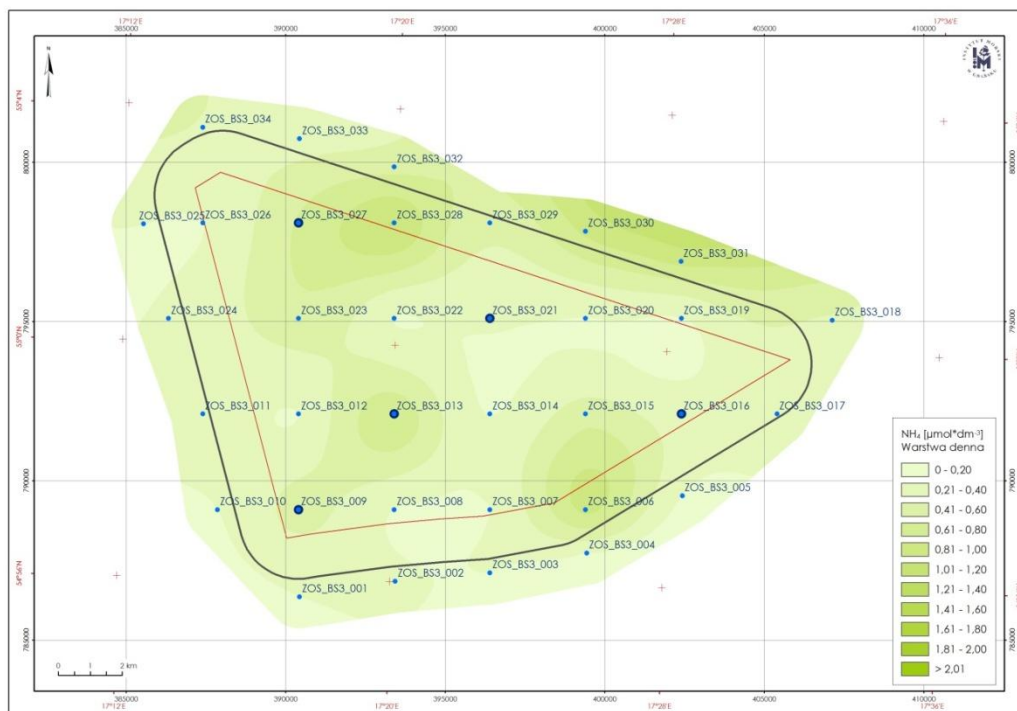
Rysunek 80. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.



Rysunek 81. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.



Rysunek 82. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.



Rysunek 83. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.

Azot mineralny (DIN)

Jako azot mineralny (DIN – Dissolved Inorganic Nitrogen) określa się sumę azotynów, azotanów oraz jonów amonowych.

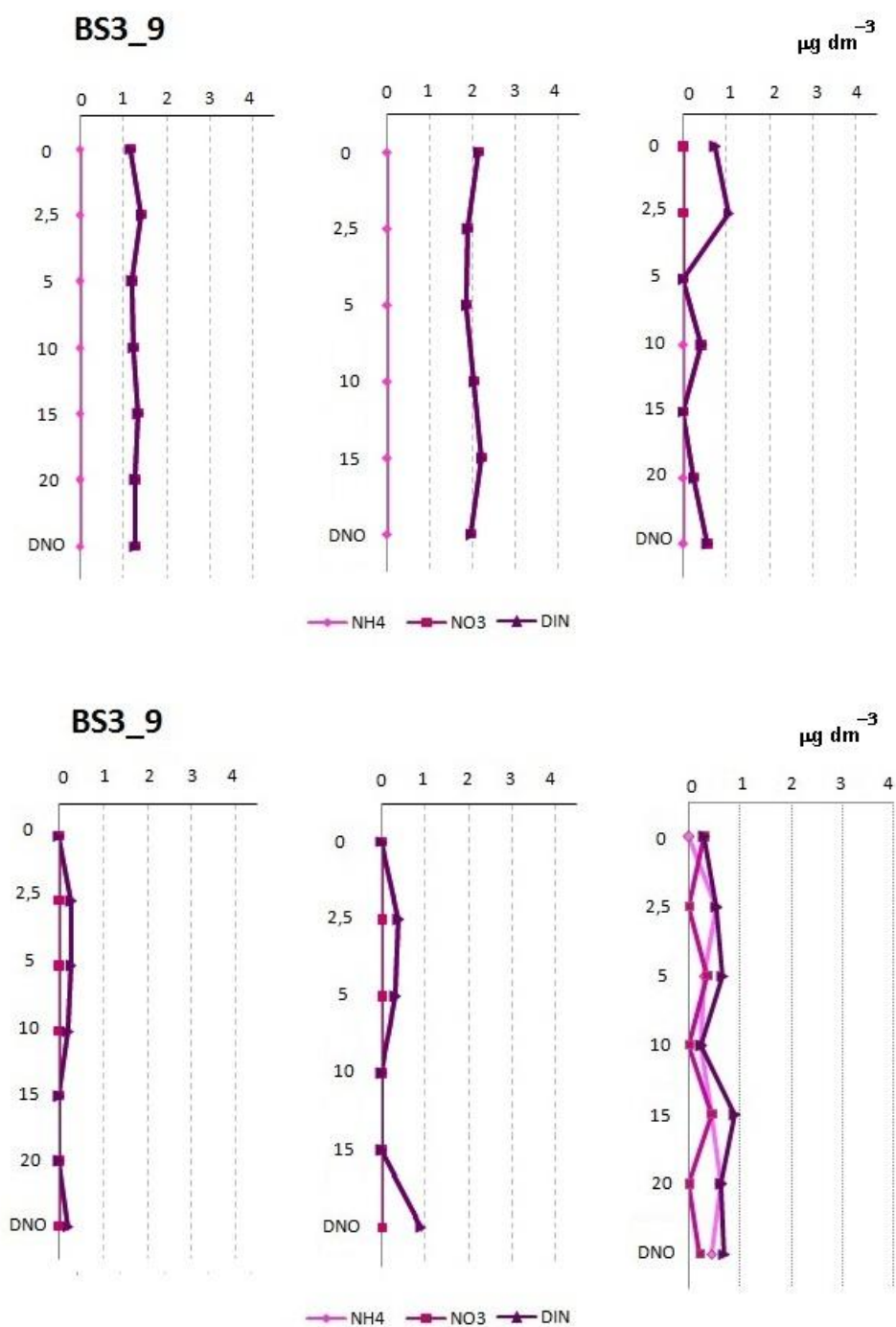
Sezonowe zmiany oraz pionowy rozkład stężeń sumy jonów azotowych (od powierzchni do dna) w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS_21 oraz BS3_27 przedstawia pięć rysunków poniżej (Rysunek 84 - Rysunek 88).

Analiza sezonowości oraz rozkładów pionowych azotu mineralnego (DIN) i składających się na niego jonów amonowych i azotanowych wykazuje, że najmniejsze stężenia wystąpiły w lipcu w próbkach wód pobranych ze wszystkich stacji (BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 oraz BS3_27). Na stacjach BS3_9 i BS3_13 tendencja spadkowa związana z produkcją pierwotną zaznacza się jeszcze we wrześniu. Na stacjach BS3_16, BS3_21 i BS3_27 następuje wzrost stężeń DIN z głębokością (szczególnie w warstwie przydennej) co może być wynikiem opadania materii organicznej po produkcji pierwotnej (Rysunek 85 - Rysunek 88). W miesiącach jesienno-zimowych (październik, listopad, luty) zauważa się wzrost zawartości DIN zgodnie z sezonową tendencją odbudowy substancji biogenicznych.

Średnia zawartość DIN w analizowanym okresie wyniosła odpowiednio $1,35 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w październiku 2012 r.; $2,014 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lutym; $0,317 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w kwietniu; $0,153 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lipcu; $0,825 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ we wrześniu oraz $0,633 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w listopadzie. Zmiany zawartości azotu mineralnego są zgodne z sezonowymi zmianami biogenów obserwowanymi w wodach Morza Bałtyckiego. Uzyskane stężenia nie przekraczają wartości granicznych dla I klasy ($4,283 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) dla jednolitych części wód powierzchniowych, takich jak wody przybrzeżne, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 9 listopada 2011 r. (Dz.U. Nr 257, poz. 1545).

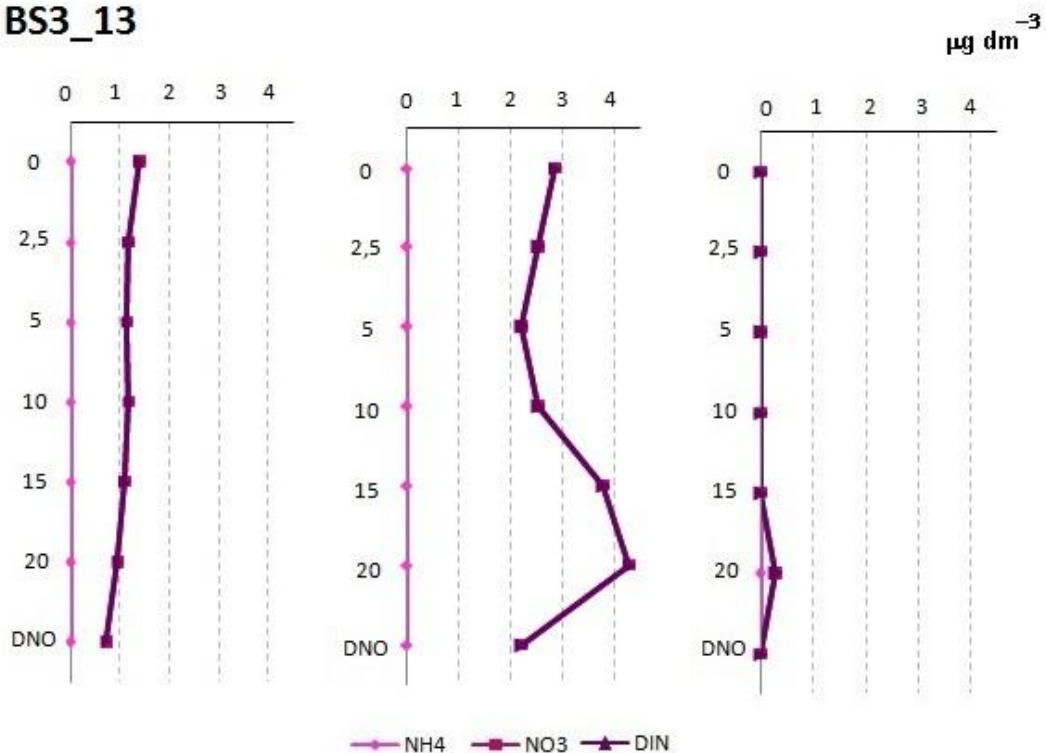
Analiza przestrzennego rozkładu stężeń DIN w warstwie powierzchniowej i przydennej generalnie pokrywa się z przestrzennym rozkładem azotanów w badanym obszarze. Wynika to z faktu, że główną składową DIN w analizowanych próbkach były azotany (Rysunek 89 - Rysunek 98).

Pionowy rozkład stężeń azotu mineralnego w próbkach pobranych ze stacji pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 oraz BS3_27 w listopadzie wykazuje spadek z głębokością. W lutym największą koncentrację DIN stwierdzono w warstwie wód od 10 do 20 m. Natomiast w kwietniu niewielkie ilości notowane są zarówno na powierzchni jak i w warstwie przydennej.

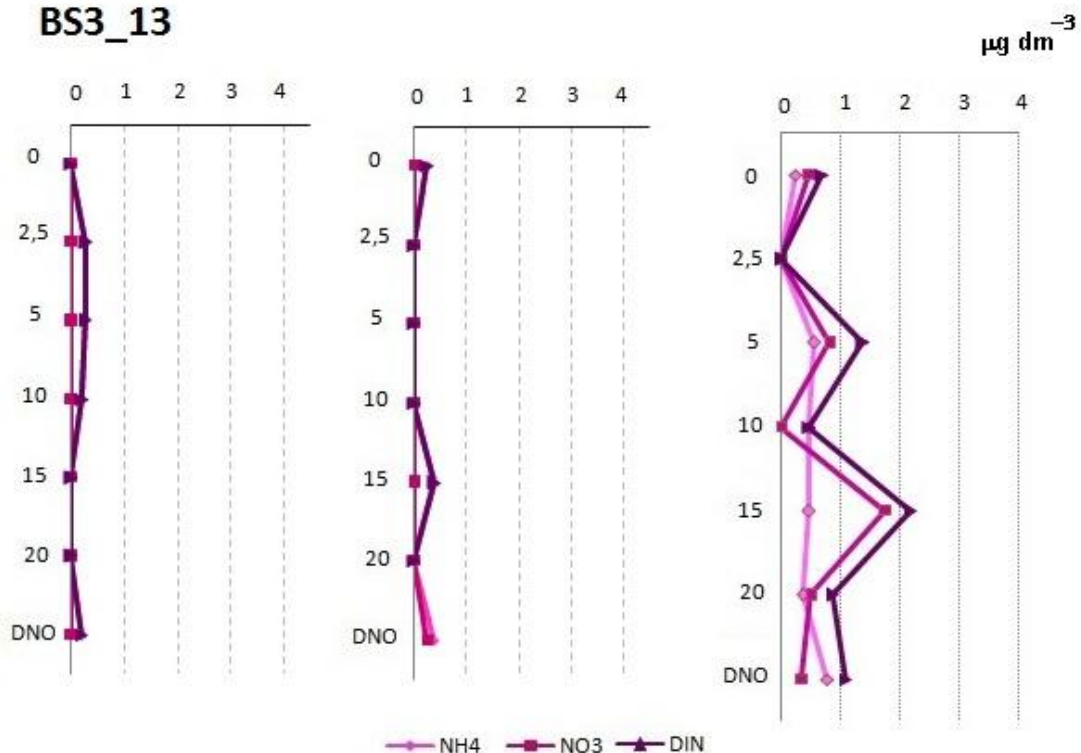


Rysunek 84. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_9

BS3_13

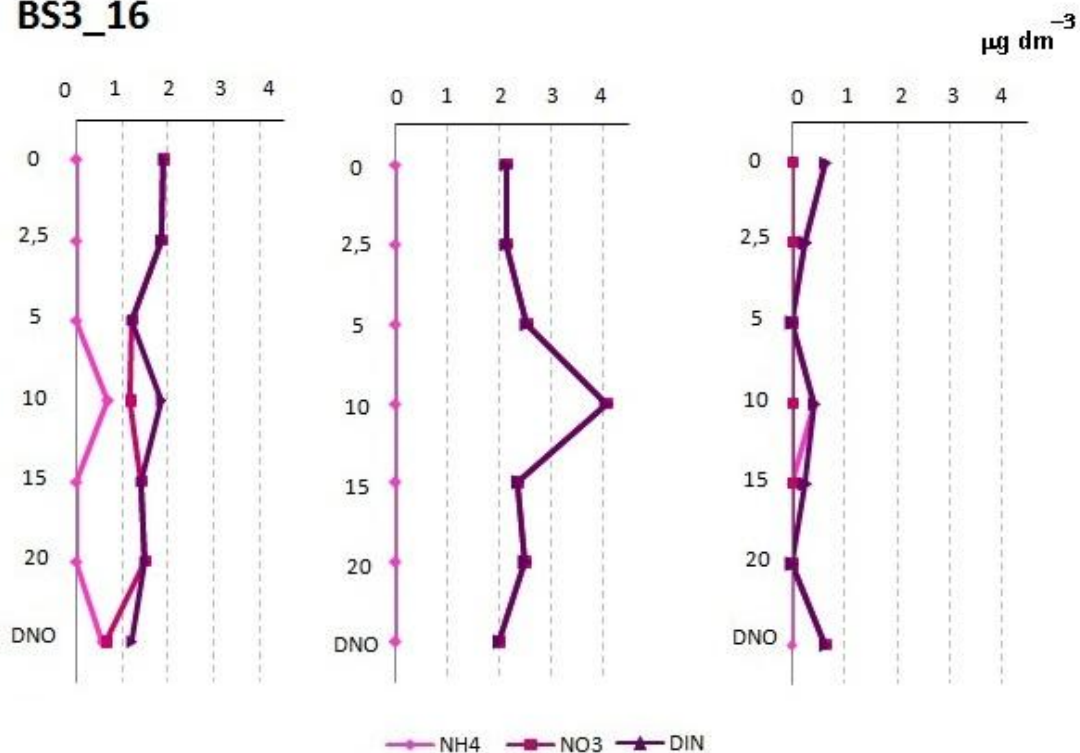


BS3_13

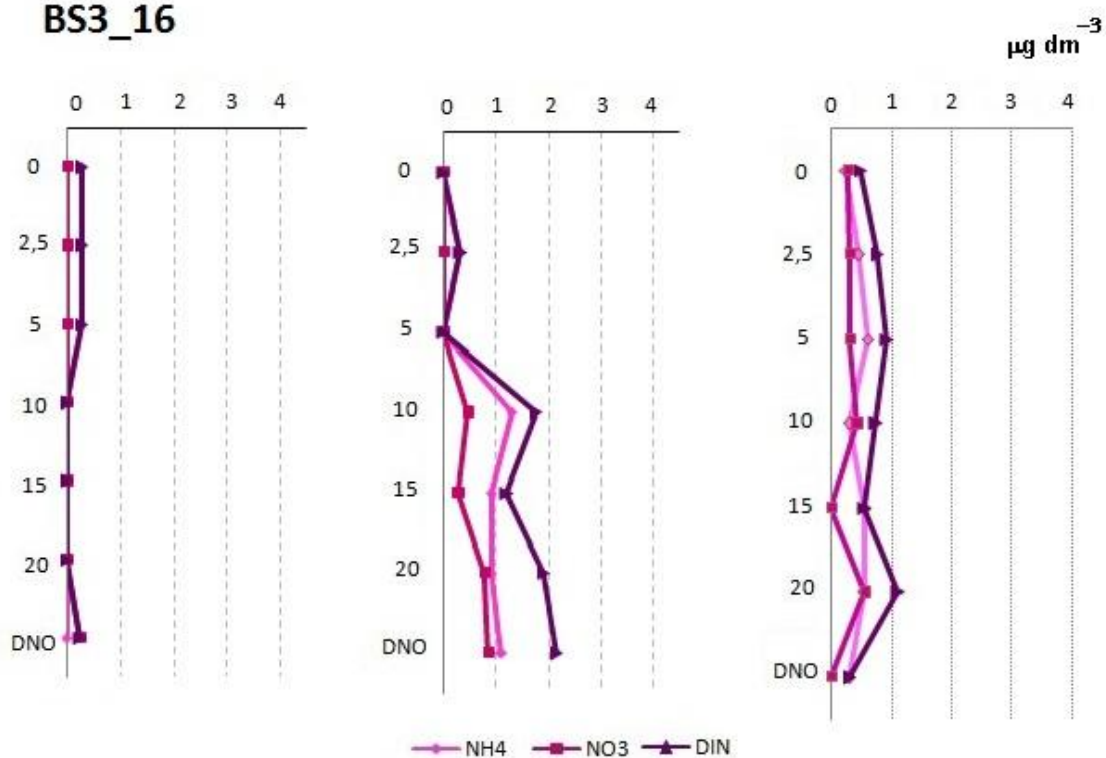


Rysunek 85. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_13

BS3_16

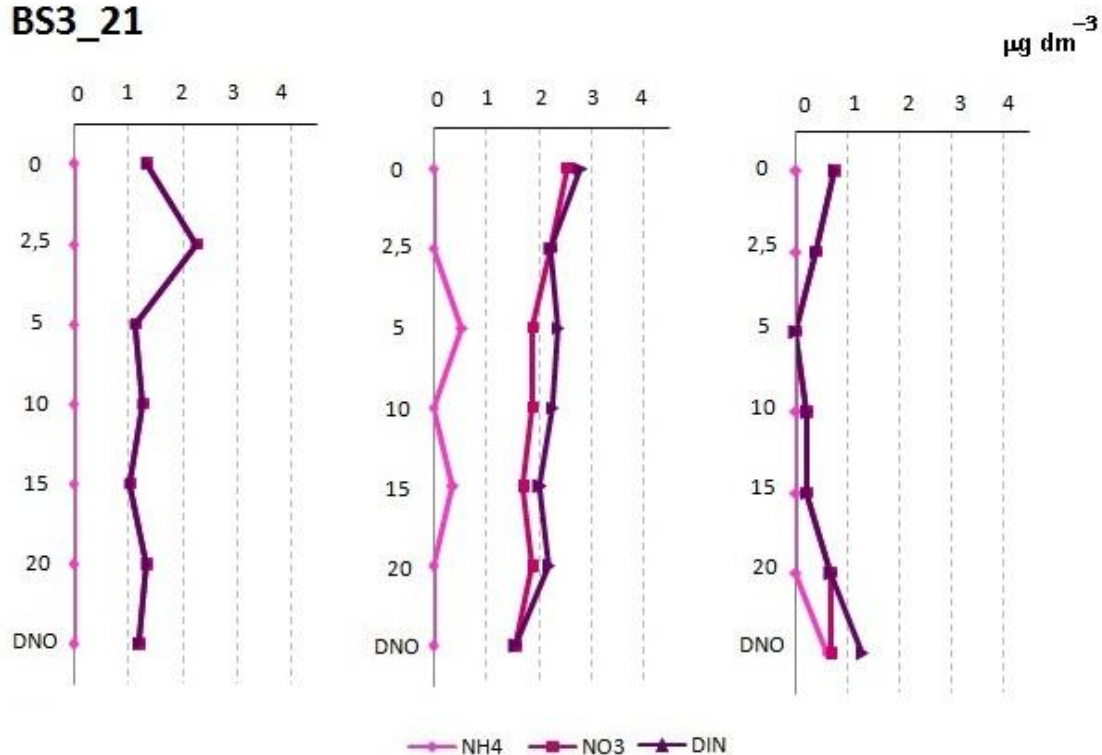


BS3_16

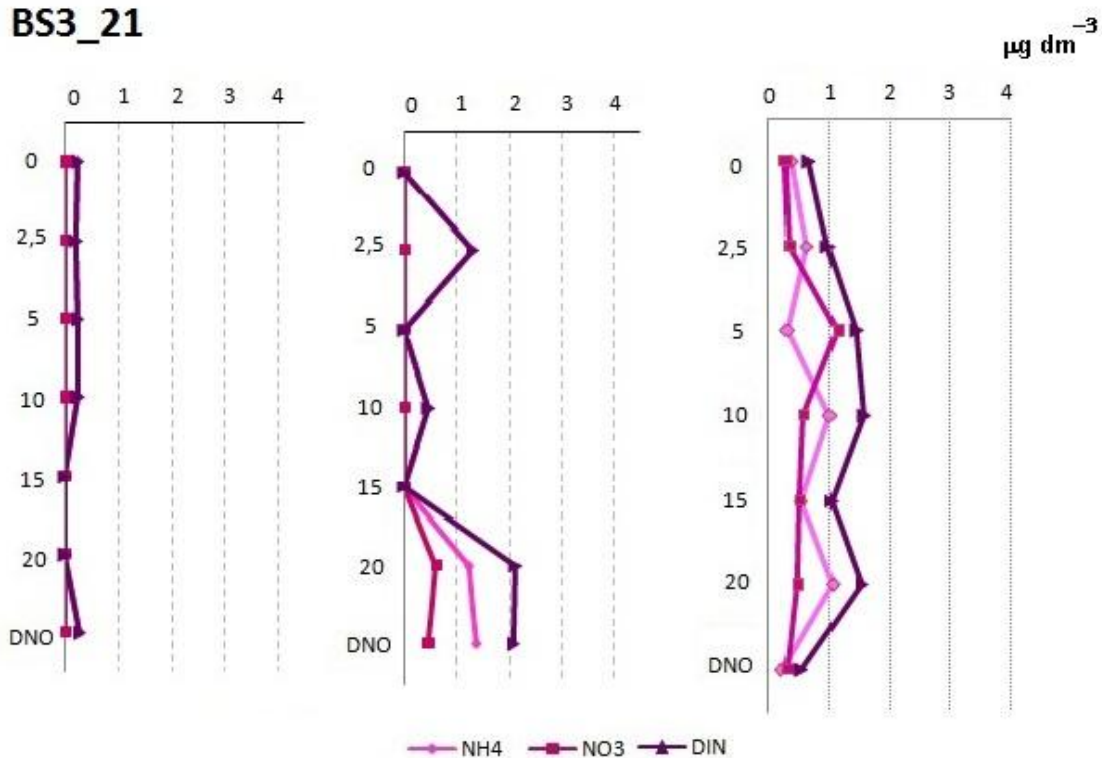


Rysunek 86. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_16

BS3_21

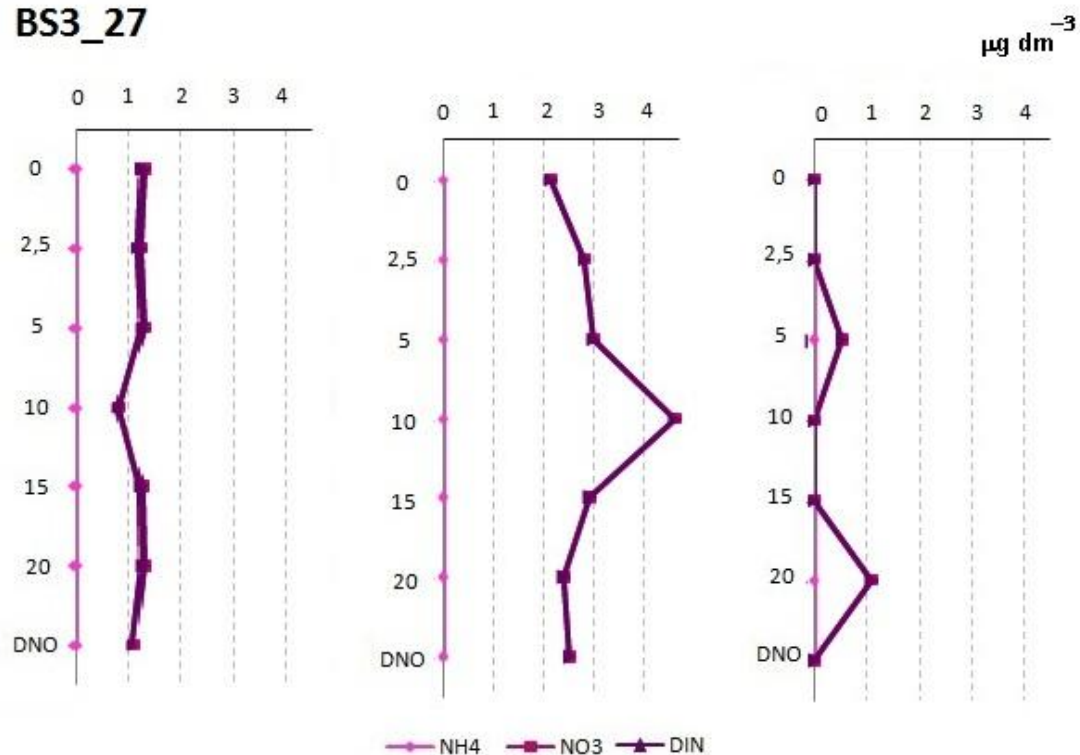


BS3_21

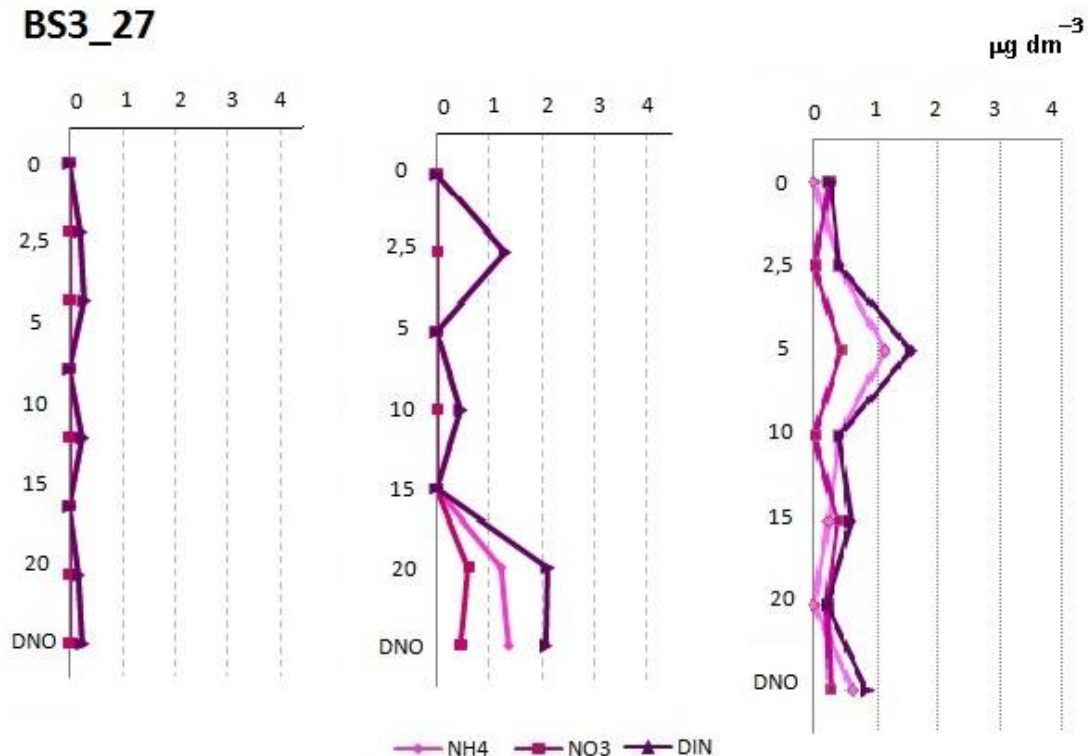


Rysunek 87. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_21

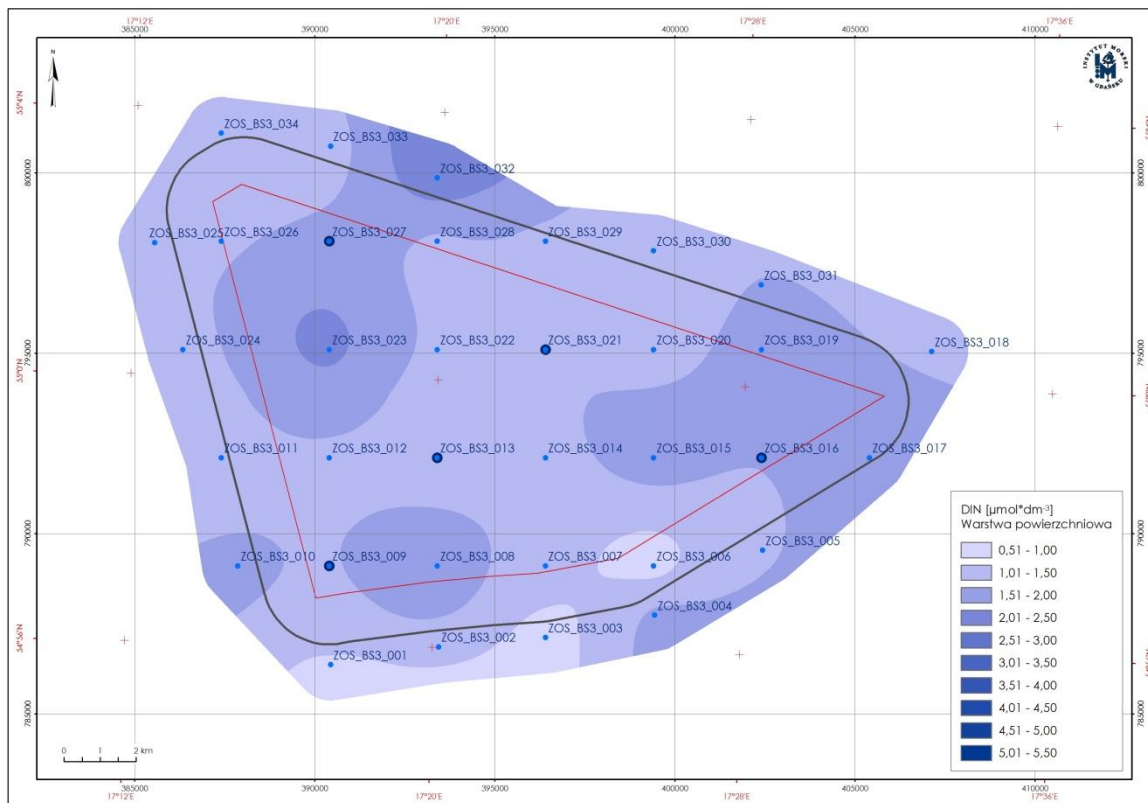
BS3_27



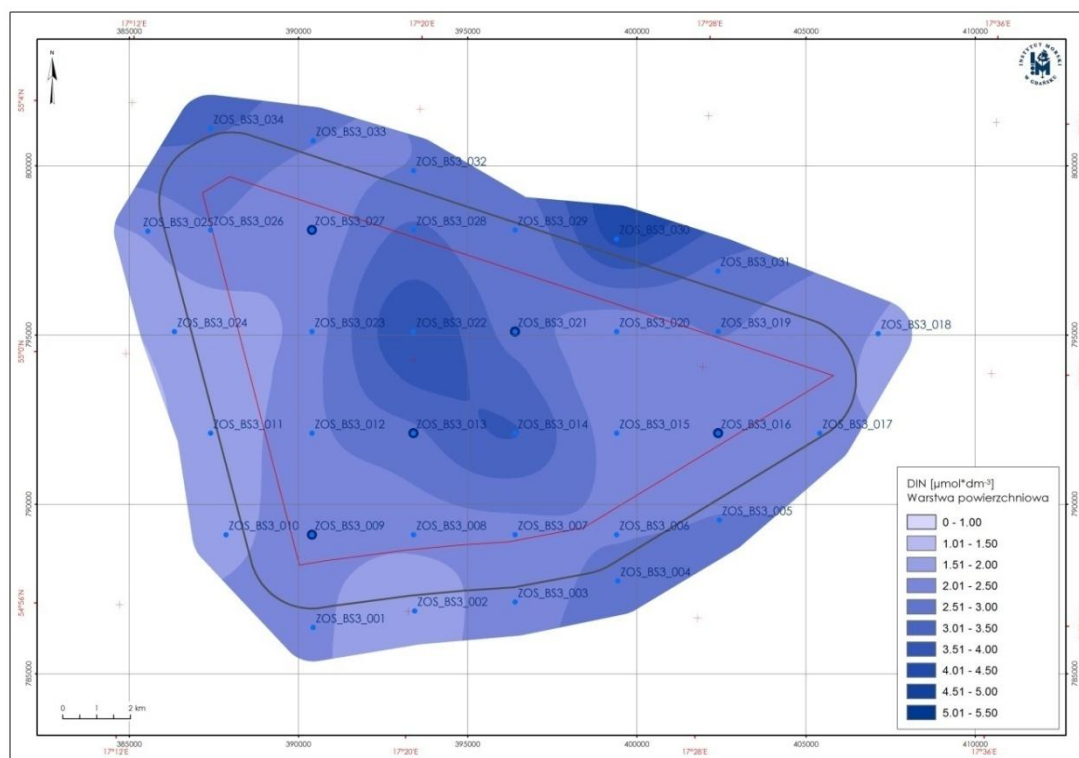
BS3_27



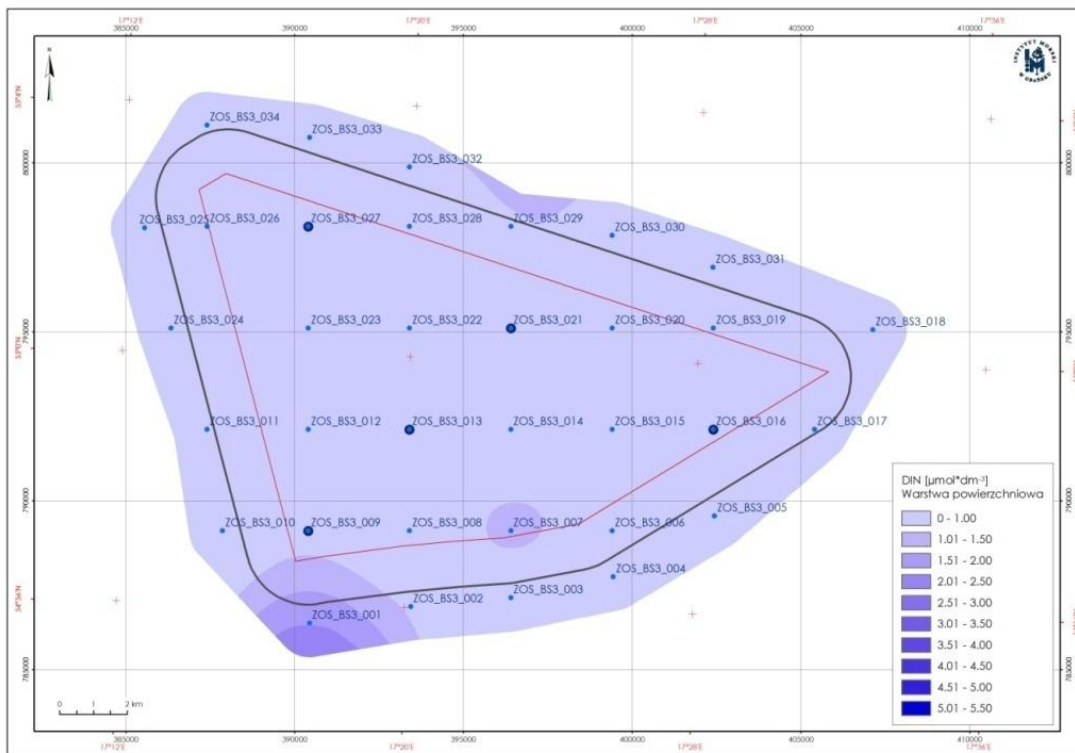
Rysunek 88. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_27



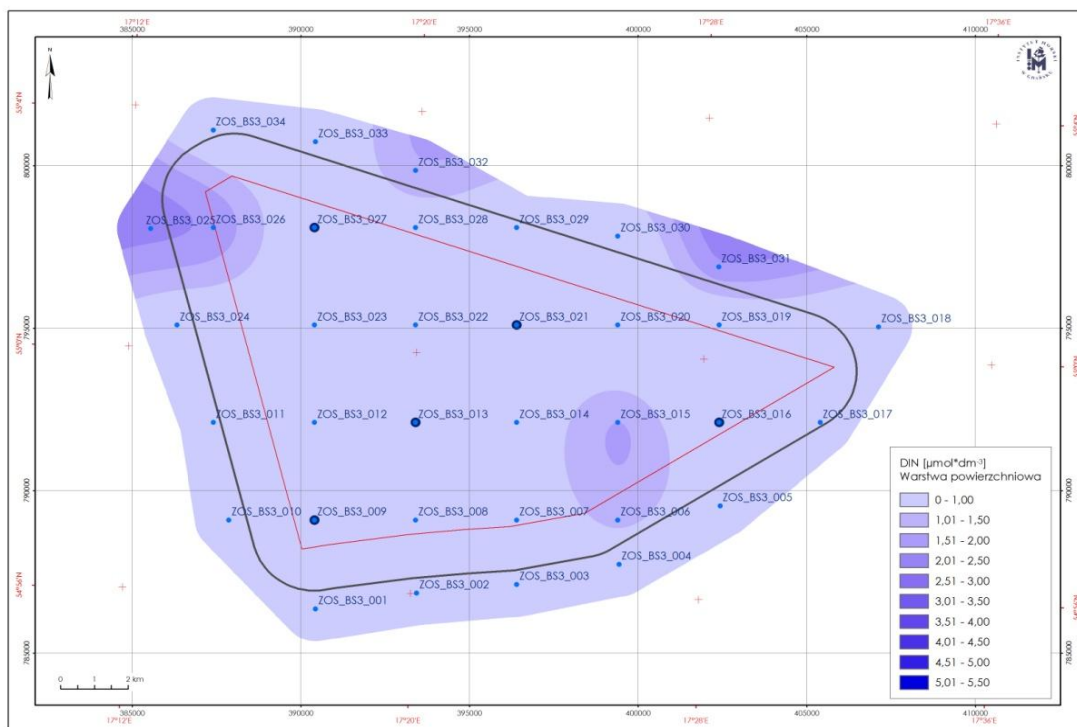
Rysunek 89. Przestrenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.



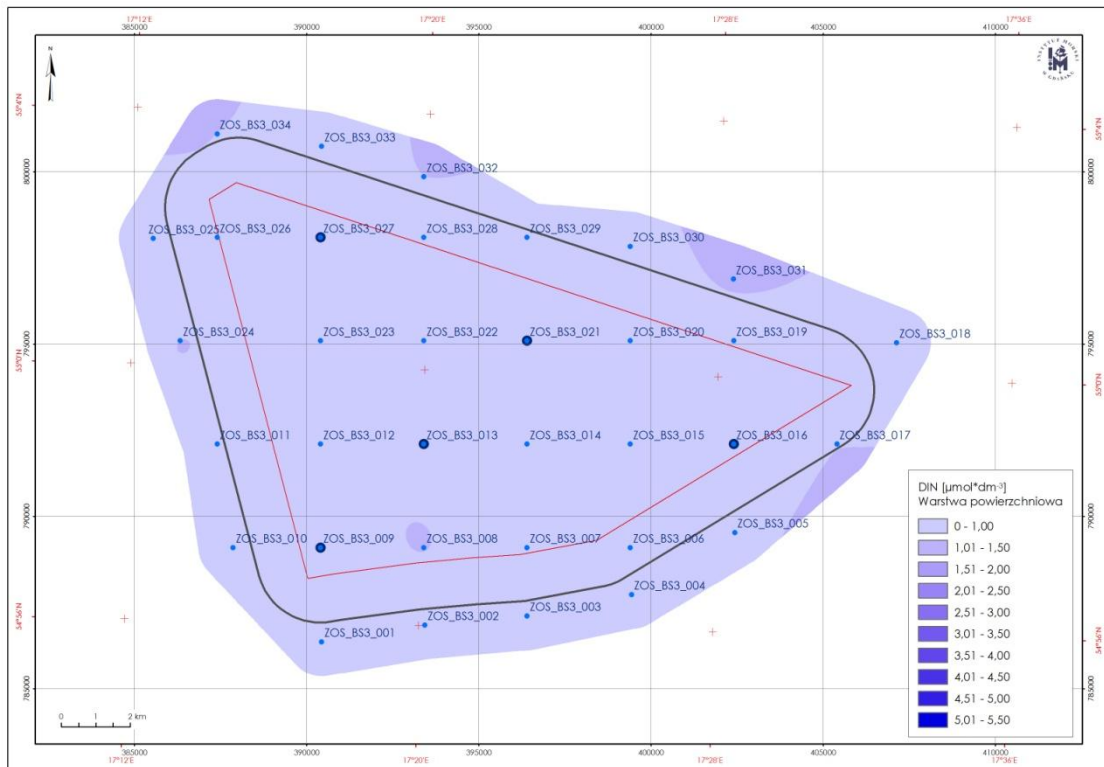
Rysunek 90. Przestrenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.



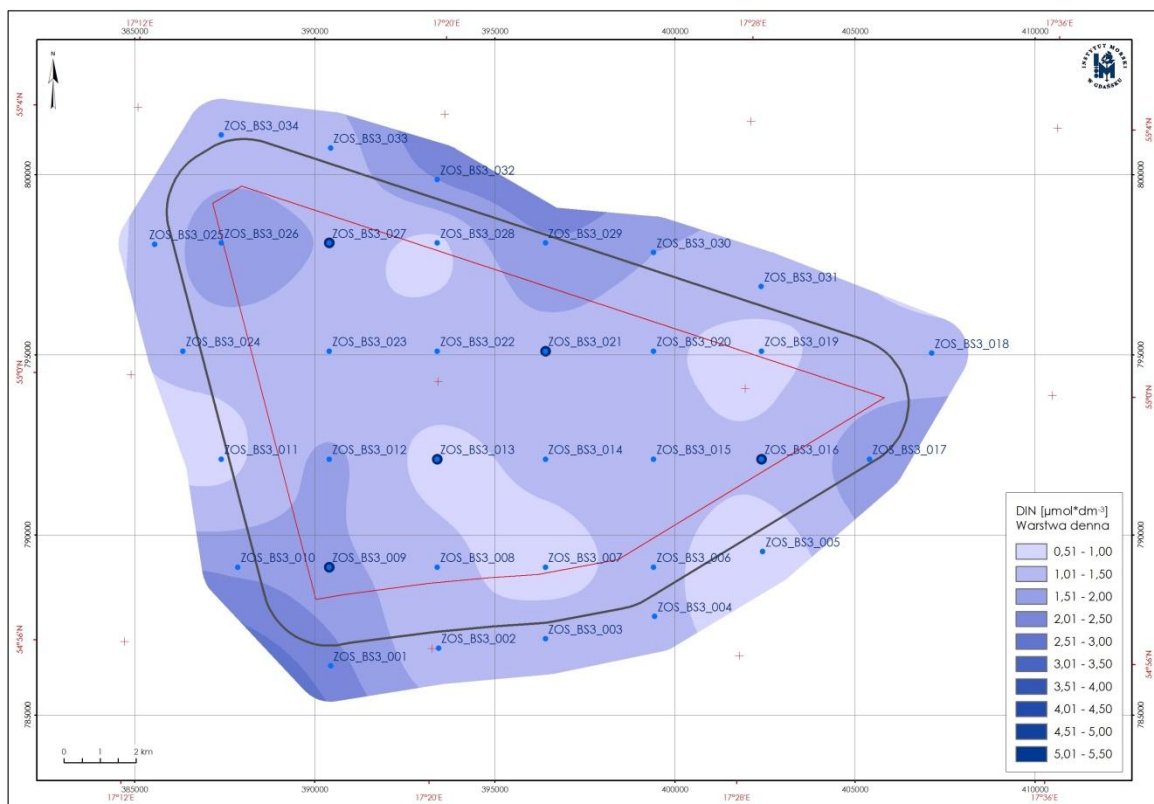
Rysunek 91. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013r.



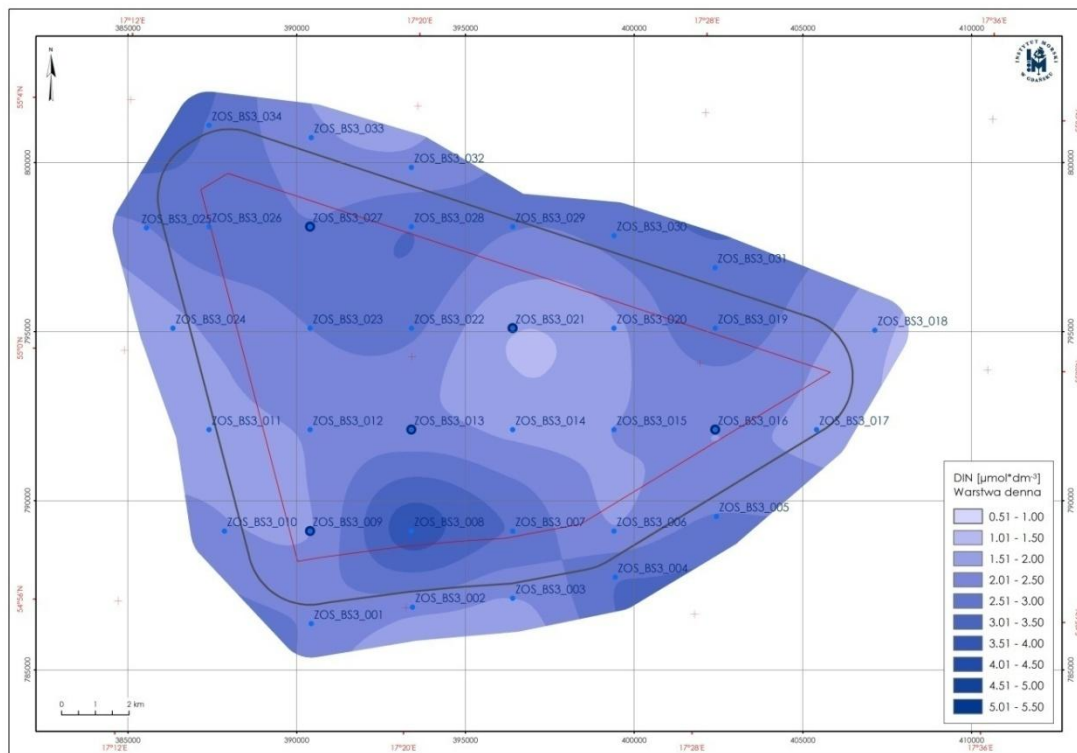
Rysunek 92. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.



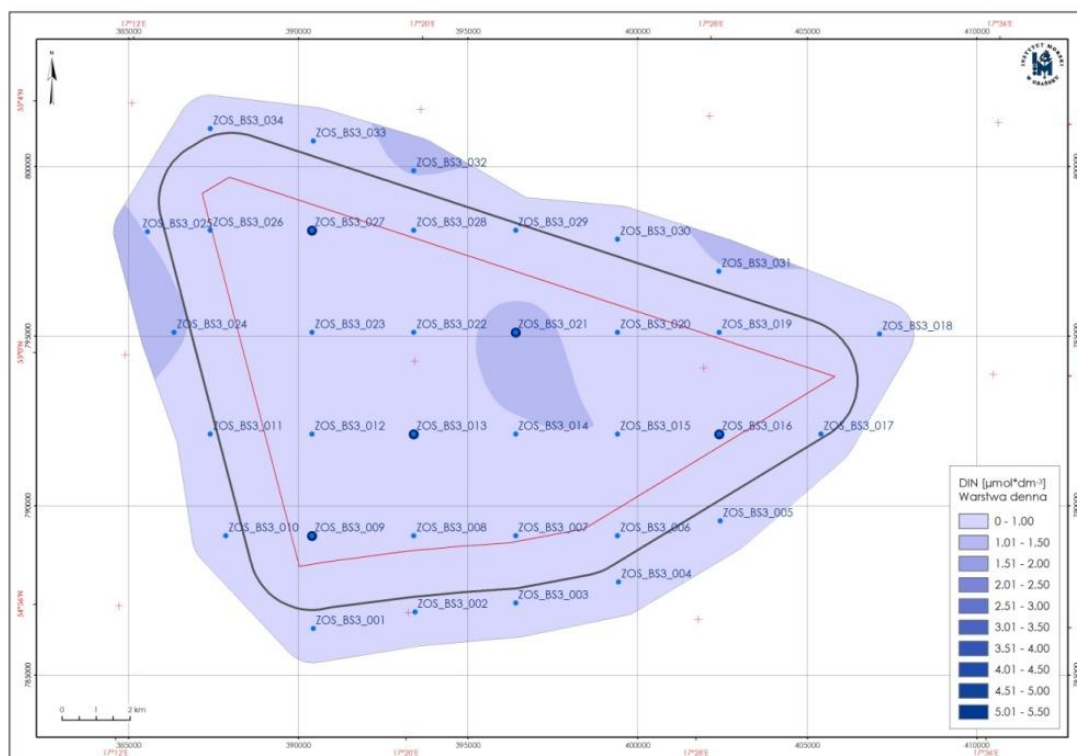
Rysunek 93. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.



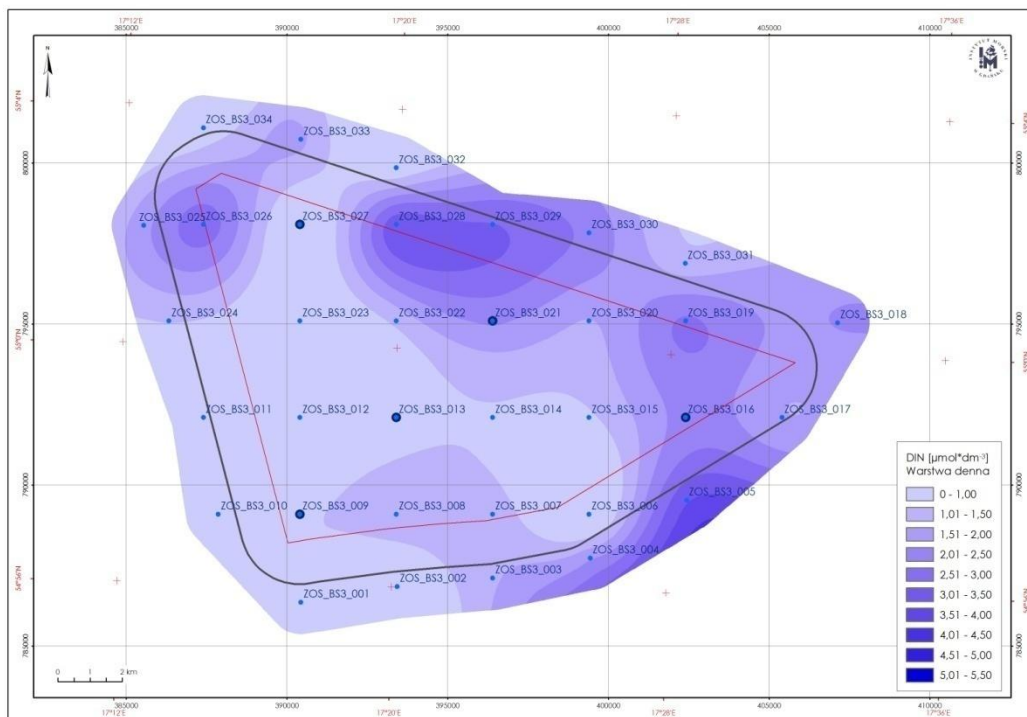
Rysunek 94. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej w październiku 2012 r.



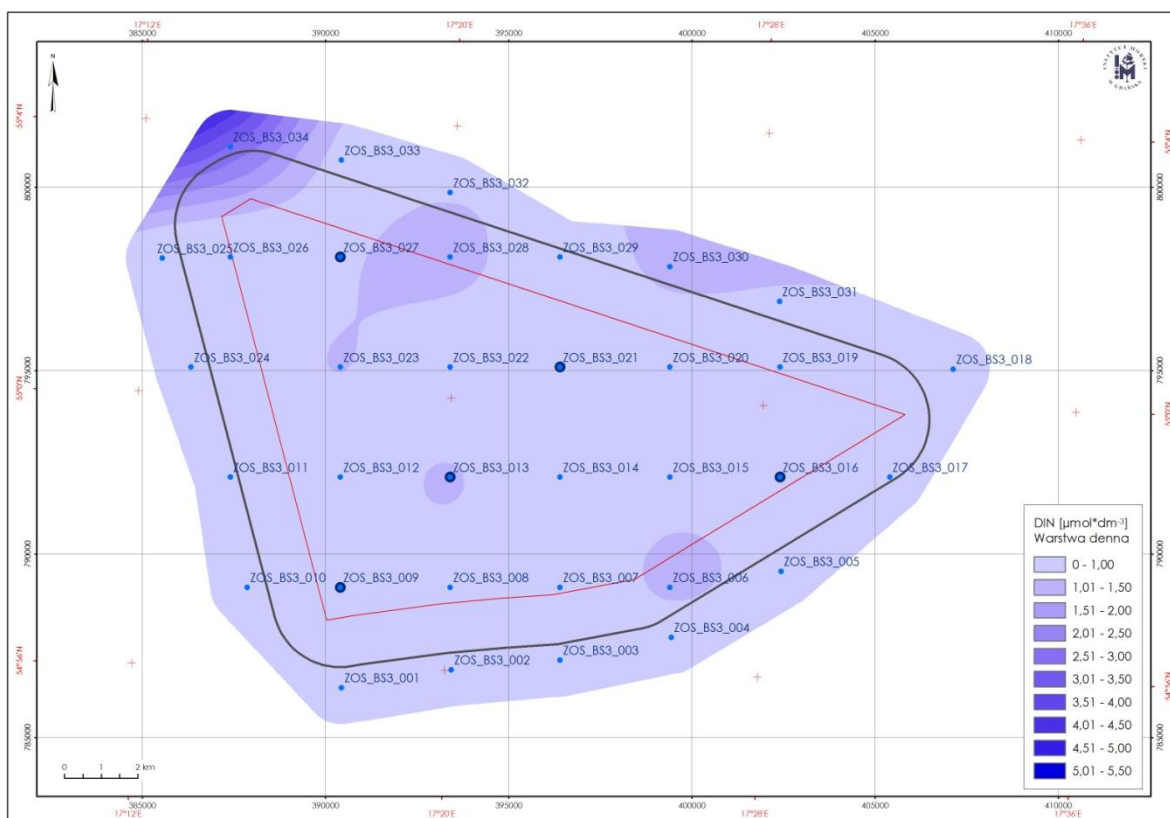
Rysunek 95. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej w lutym 2013 r.



Rysunek 96. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.

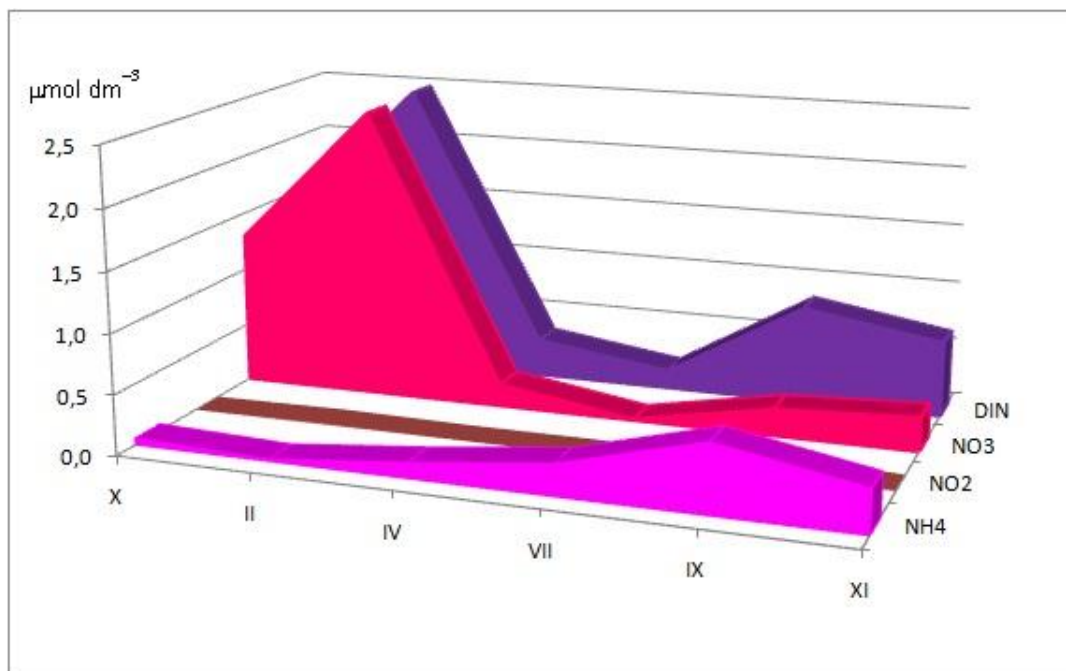


Rysunek 97. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.



Rysunek 98. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.

Analiza sezonowości oraz rozkładów pionowych azotu mineralnego (DIN) i składających się na niego jonów amonowych i azotanowych wykazuje, że najmniejsze stężenia wystąpiły w lipcu w próbkach wód pobranych ze wszystkich stacji. W miesiącach jesienno-zimowych (październik, listopad, luty) zauważa się wzrost zawartości DIN zgodnie z sezonową tendencją odbudowy substancji biogenicznych (Rysunek 99).



Rysunek 99. Zmiany sezonowe średnich stężeń amoniaku, azotynów, azotanów oraz azotu mineralnego w badanym okresie od października 2012 r. do listopada 2013 r.

Porównując otrzymane wyniki średnich zawartości azotanów oraz nieorganicznych związków azotu (w okresie zimowym I-III), z wartościami granicznymi określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545), można badany obszar MFW BŚ III zaliczyć do I klasy jakości wód (stan bardzo dobry) (ze względu na zawartość DIN oraz azotanów),

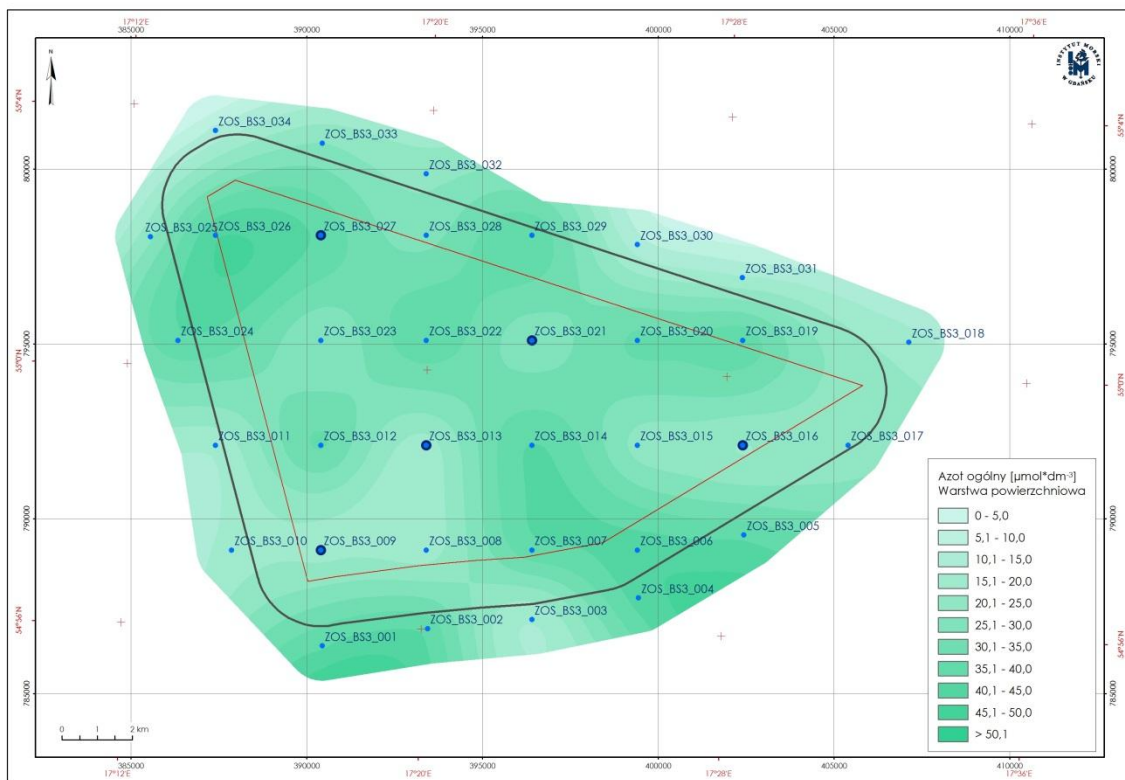
Azot całkowity

W naturalnej wodzie morskiej organiczne związki azotu występują w formie rozpuszczonej lub zawieszanej. W skład frakcji zawieszanej wchodzi komórki żywych mikroorganizmów oraz obumarła materia organiczna. Stężenie organicznego azotu występującego w formie zawieszanej waha się od śladowych ilości do około $5 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Natomiast stężenie rozpuszczonych organicznych związków azotu może osiągać wartość powyżej $100 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Niemal połowę tej sumy stanowi tzw. azot albuminowy, na który składa się azot niepodstawionych grup aminowych wielu aminokwasów, polipeptydów i białek. Część rozpuszczonych organicznych związków azotu stanowią połączenia zawierające azot pochodzący z ekskrementów zwierzęcych i związki uwalniane z detrytus. Niewielkie ilości azotu (około $2 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) pochodzą z mocznika, a jeszcze mniejsze z substancji humusowych (Falkowska i in., 1999).

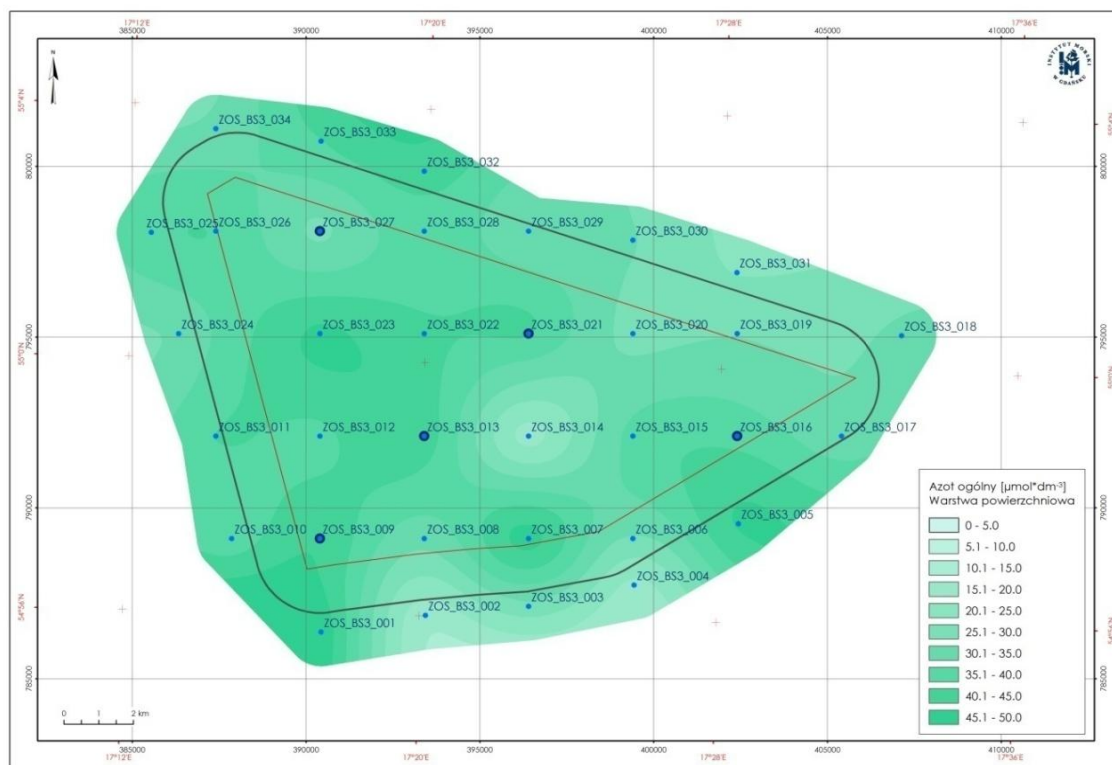
W wodach Morza Bałtyckiego stężenia azotu całkowitego w kolumnie wody rozkładają się raczej równomiernie i wykazują tendencję do wzrostu w warstwie przydennej, szczególnie w okresie późnego lata, gdy materia organiczna po okresie wegetacji opada na dno.

Zakres stężeń stwierdzony w analizowanych próbkach wód wahał się w zakresie od wartości poniżej granicy oznaczalności $5 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $49,1 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Średnie stężenia azotu ogólnego wyniosły odpowiednio $27,81 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w październiku 2012 r., $33,27 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lutym, $25,7 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w kwietniu, $13,4 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lipcu, $16,86 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ we wrześniu oraz $16,75 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w listopadzie 2013 r. Uzyskane wyniki azotu ogólnego w próbkach wód z obszaru MFW BŚ III jedynie w lipcu nie przekraczają wartości granicznej dla I klasy ($14,276 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) jednolitych części wód powierzchniowych, takich jak wody przybrzeżne, w tym wyznaczonych jako jednolite części wód silnie zmienione określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 9 listopada 2011 r. (Dz.U. Nr 257, poz. 1545). Jednakże Rozporządzenie określa wartości mierzone w miesiącach od czerwca do września, czyli w okresie intensywnej wegetacji, kiedy następuje znaczny spadek zawartości związków azotu w wodzie. W strefie płytkowodnej środkowego wybrzeża Bałtyku notuje się wartości azotu ogólnego w okresie od czerwca do września około $20 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Miętus i Sztobryn, 2011). W wodach Bałtyku Właściwego w latach 2005-2010 notowano stężenia azotu ogólnego około $30 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ (HELCOM, 2009; Voss i in., 2011).

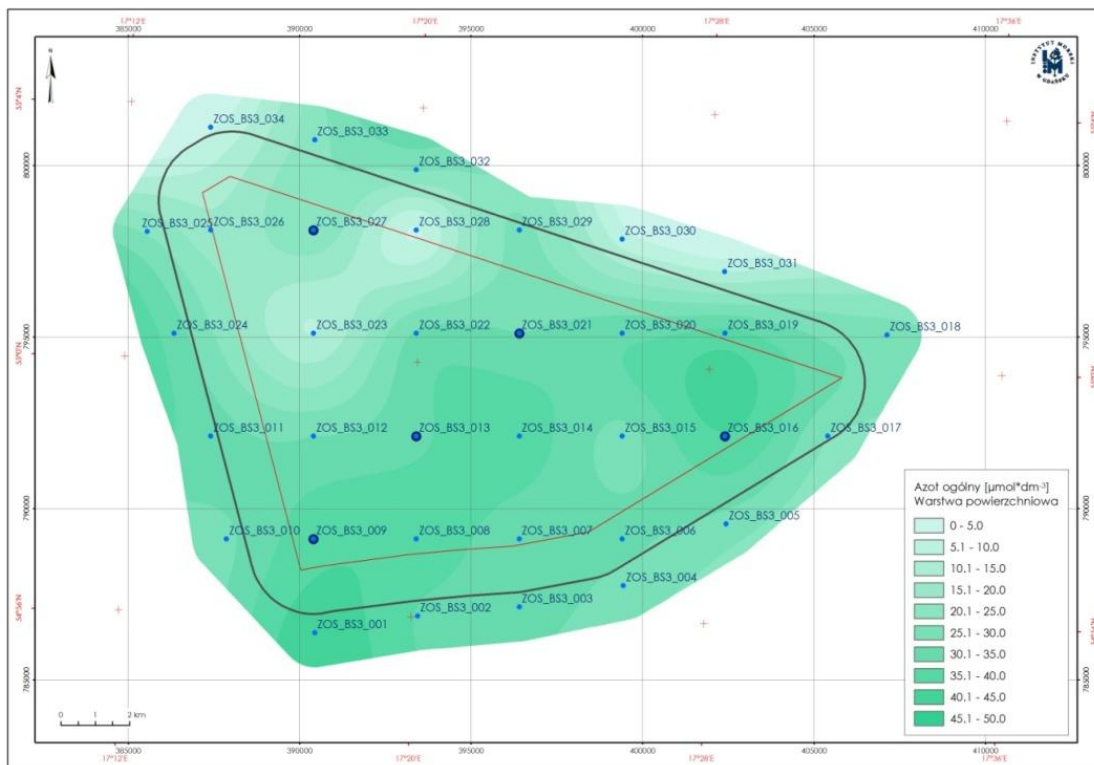
Analiza przestrzennego rozkładu stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej wykazuje dość równomierne rozłożenie stężeń w badanym obszarze BŚ III (Rysunek 100 - Rysunek 117).



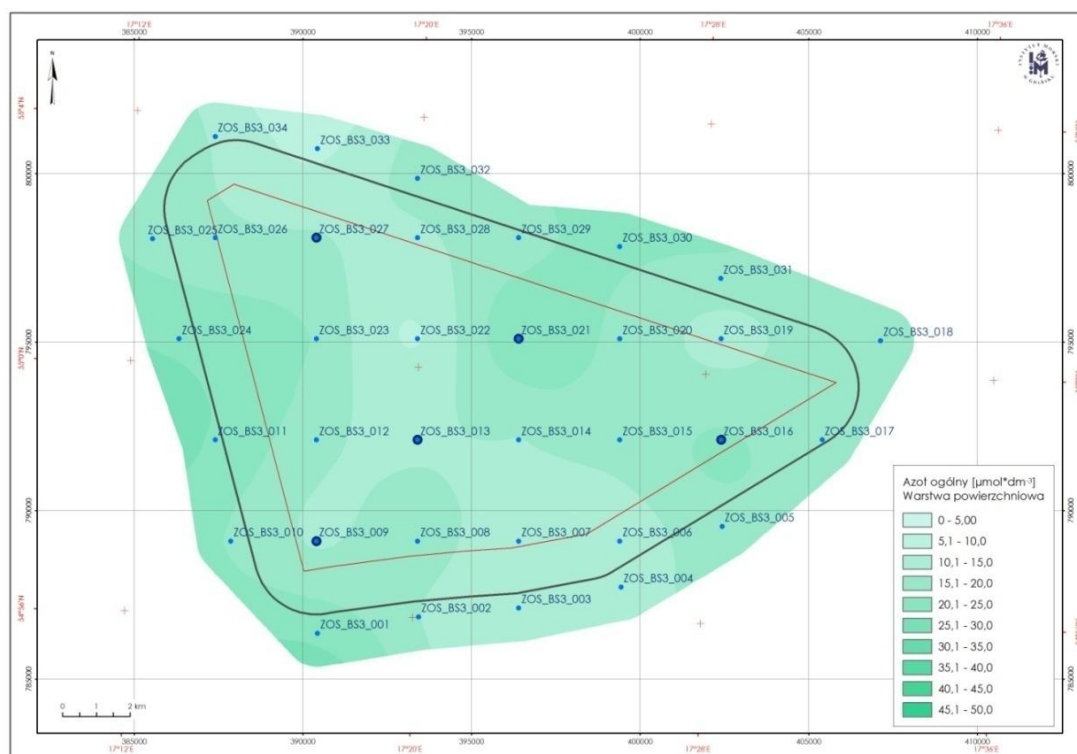
Rysunek 100. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.



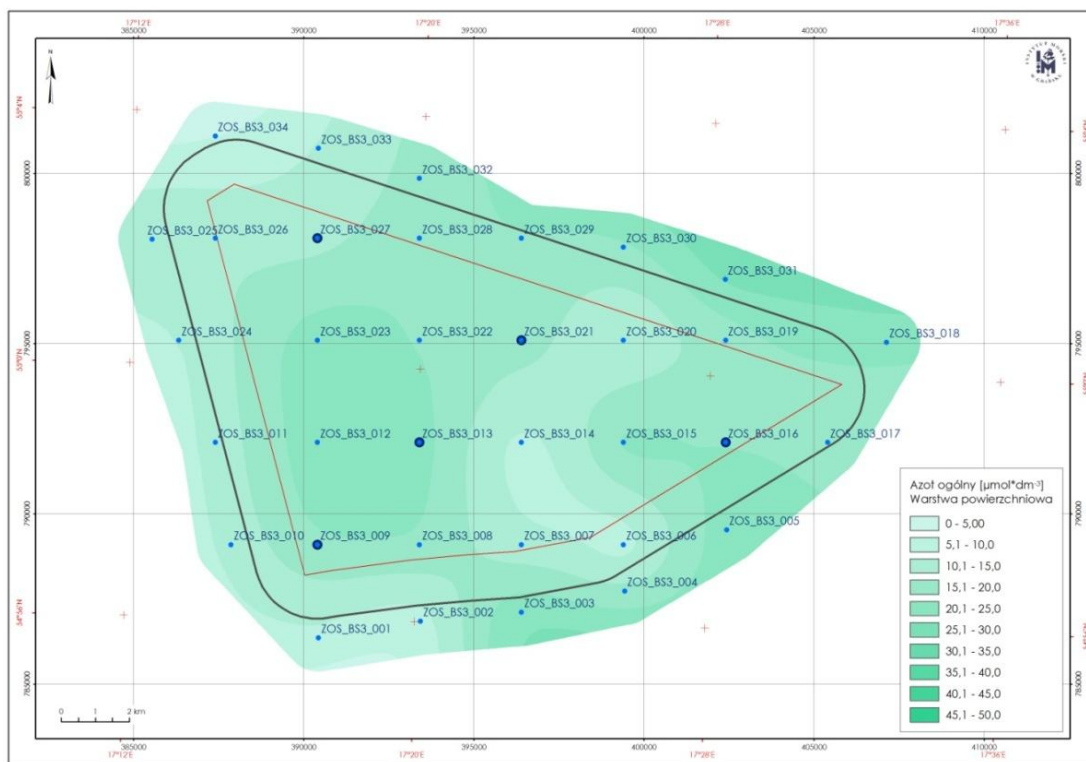
Rysunek 101. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.



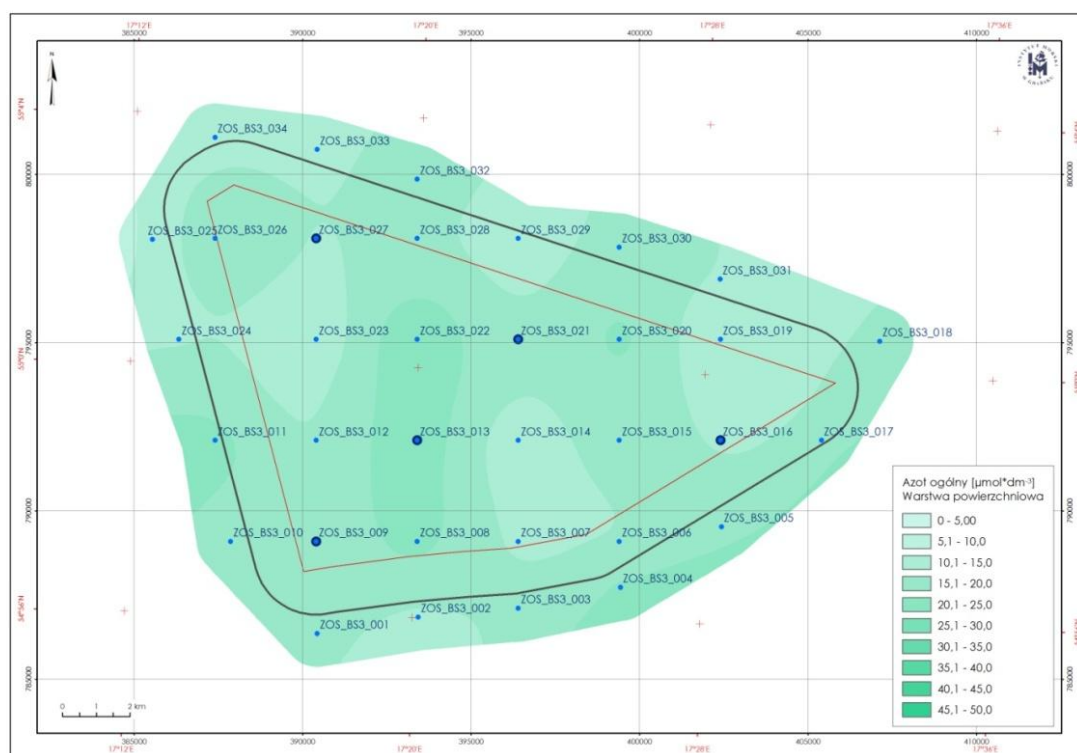
Rysunek 102. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.



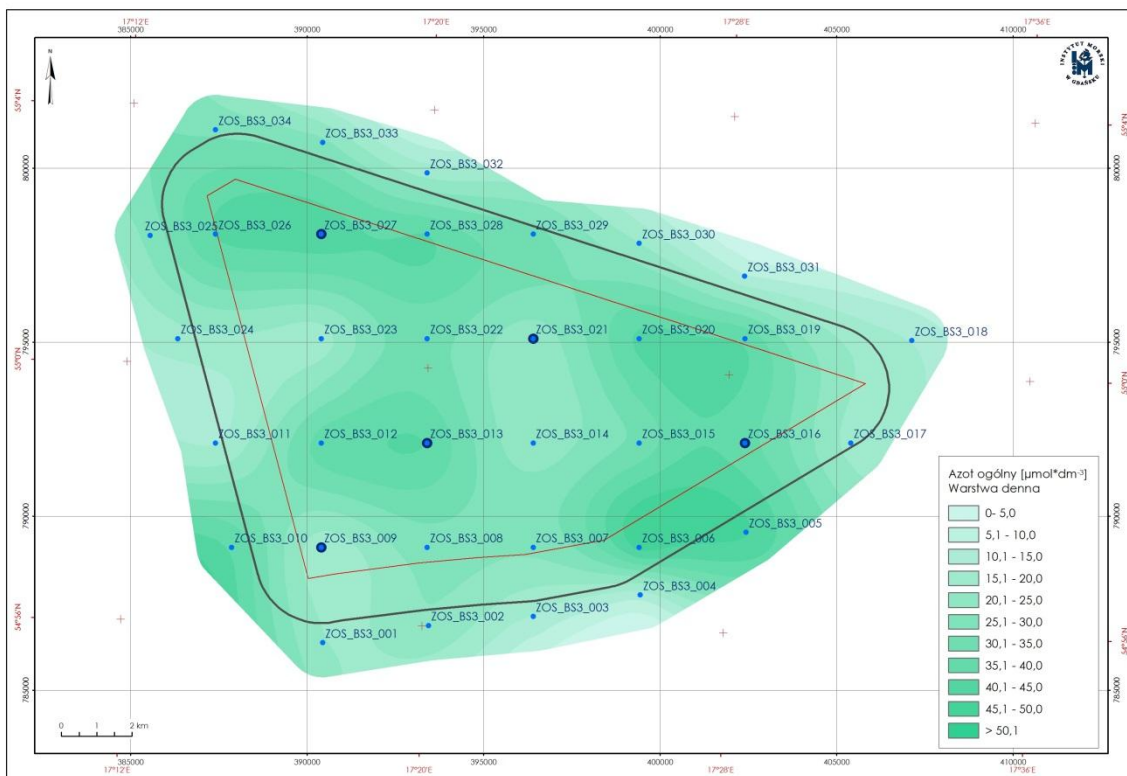
Rysunek 103. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.



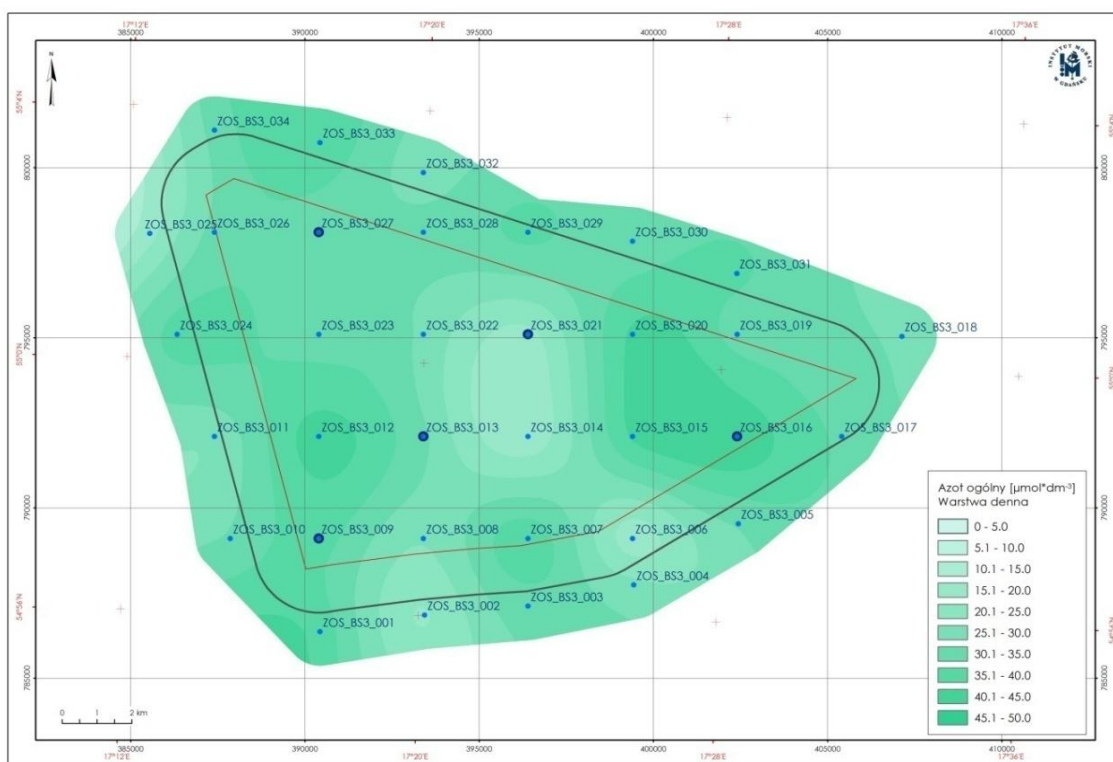
Rysunek 104. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej we wrześniu



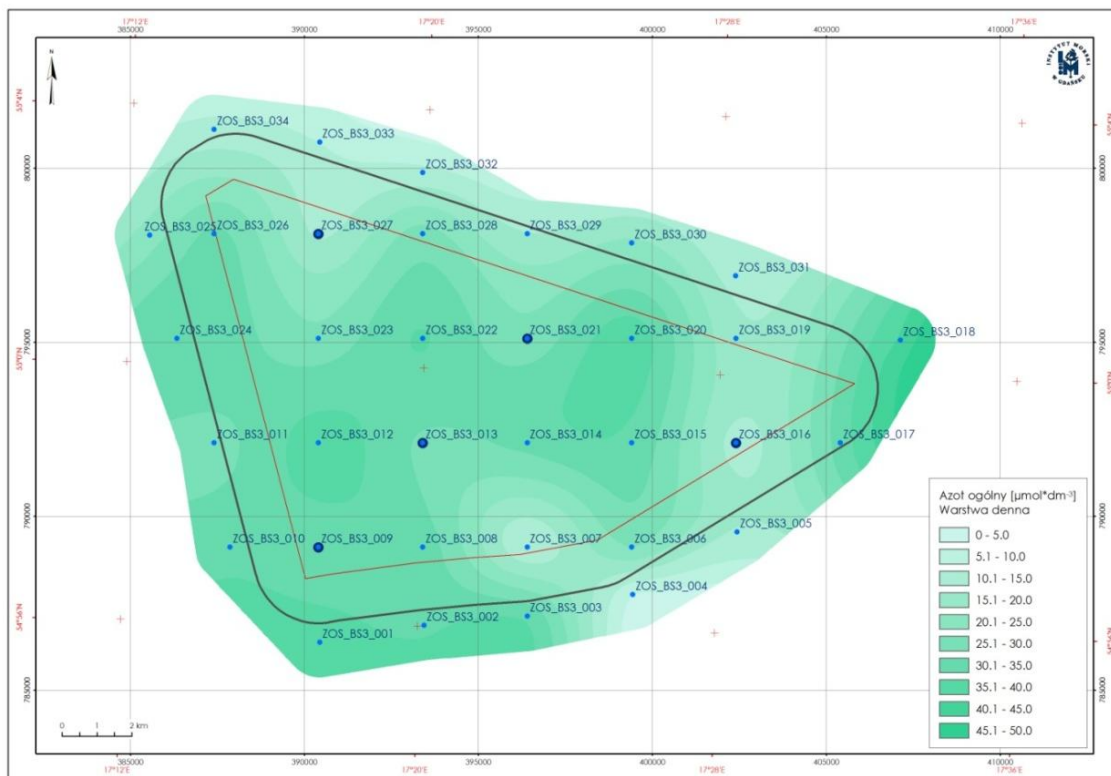
Rysunek 105. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w listopadzie



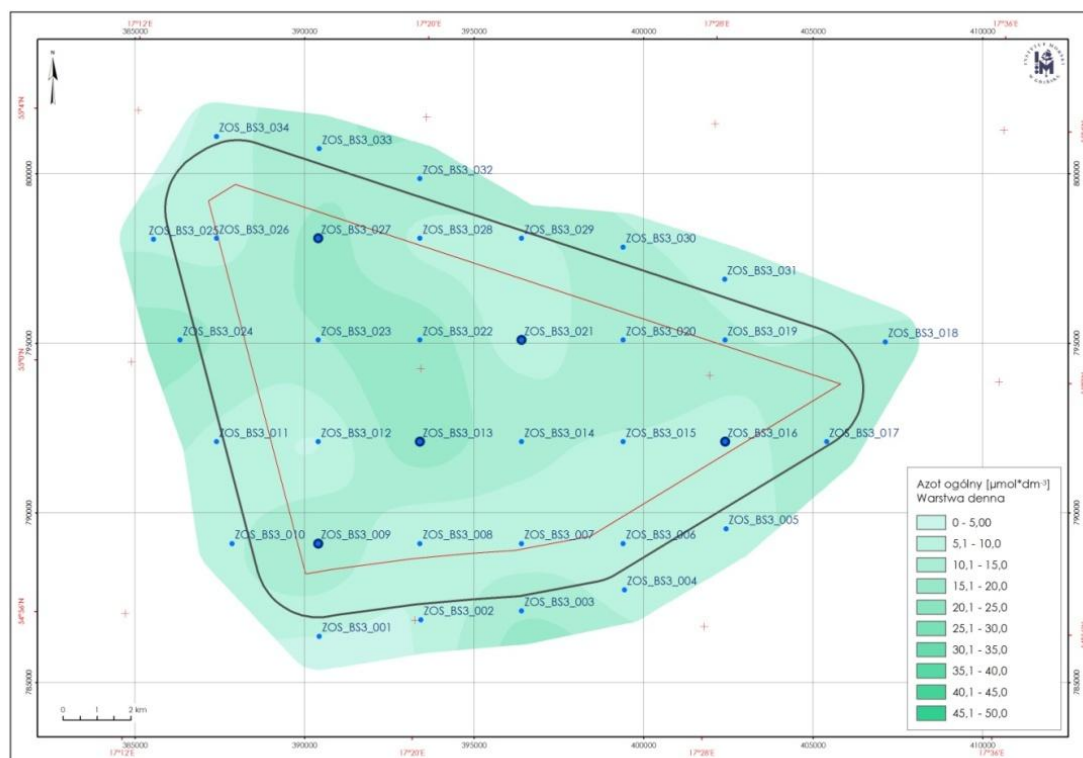
Rysunek 106. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej w październiku 2012 r.



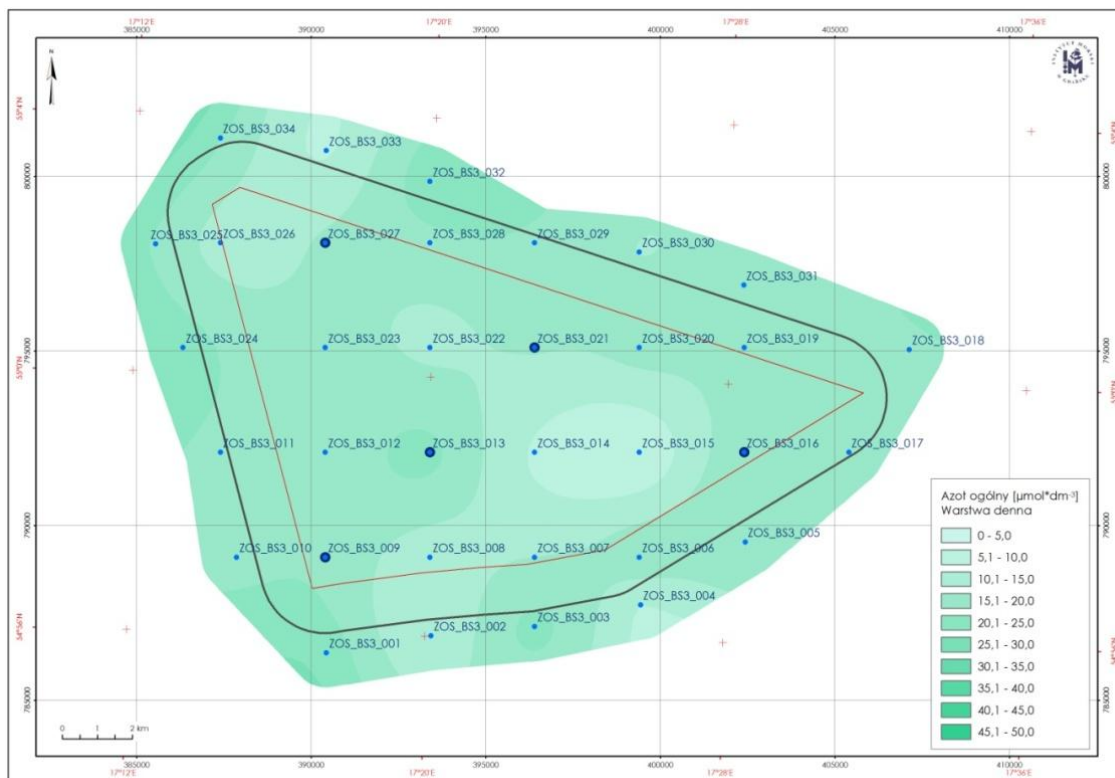
Rysunek 107. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej w lutym 2013 r.



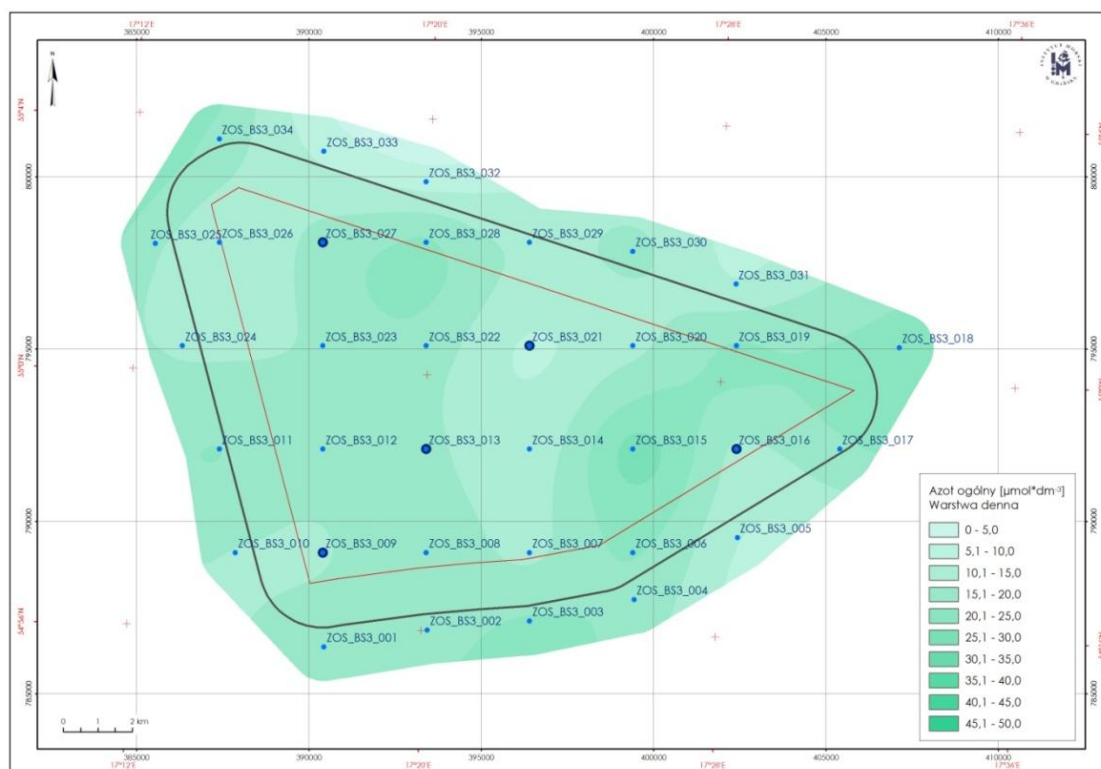
Rysunek 108. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej kwietniu



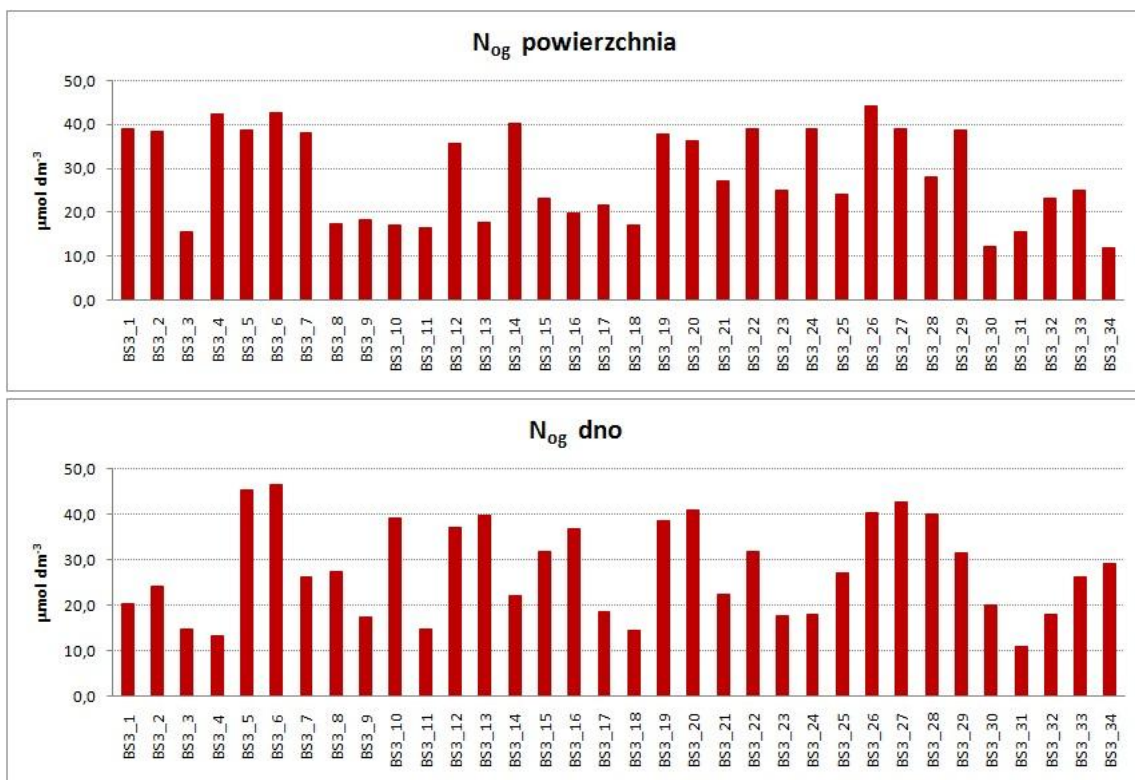
Rysunek 109. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej w lipcu



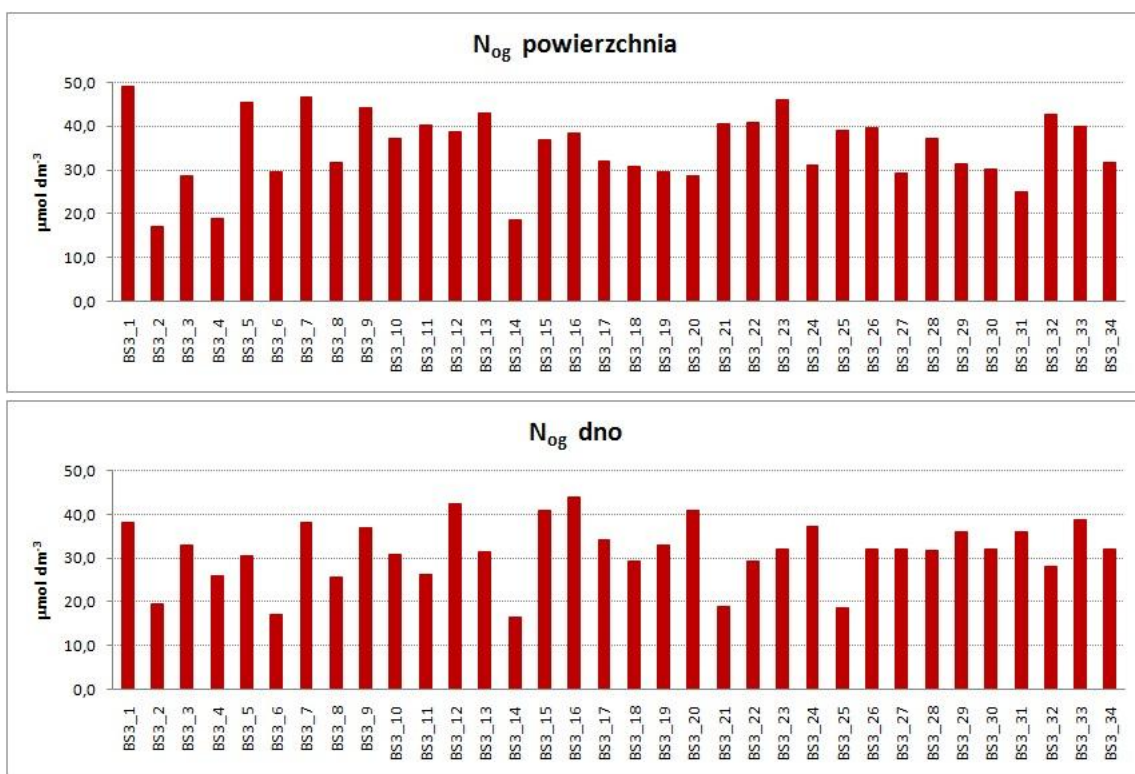
Rysunek 110. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.



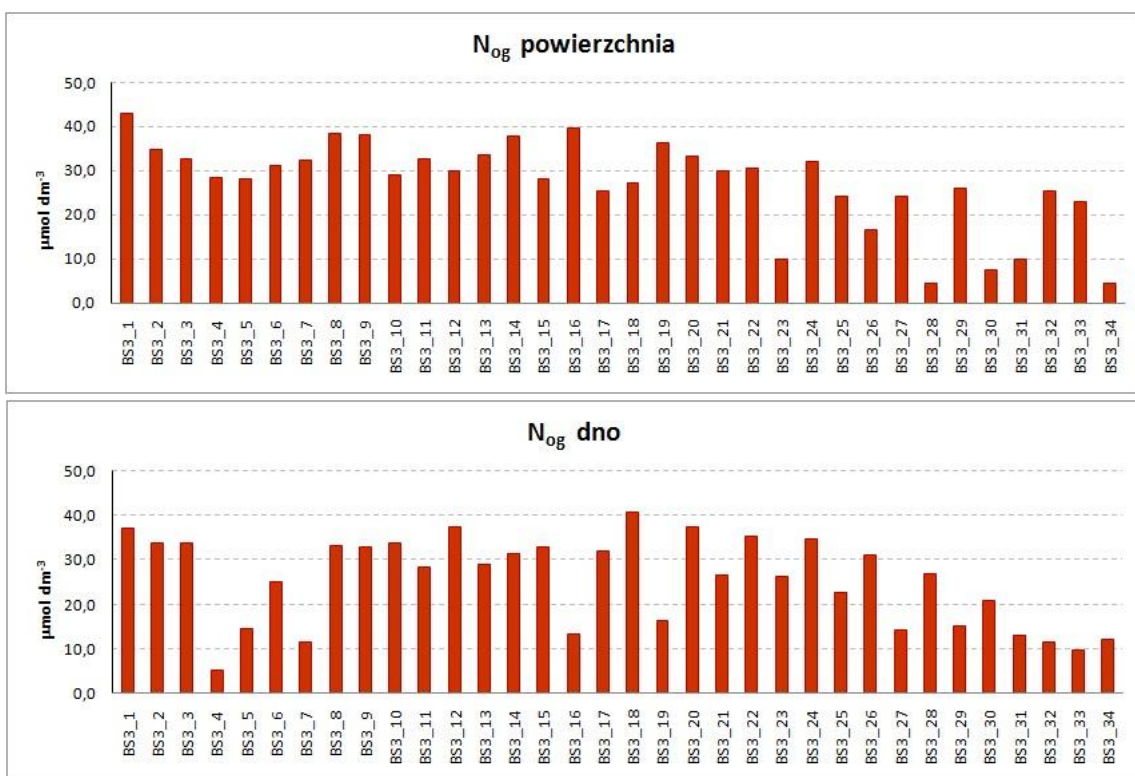
Rysunek 111. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.



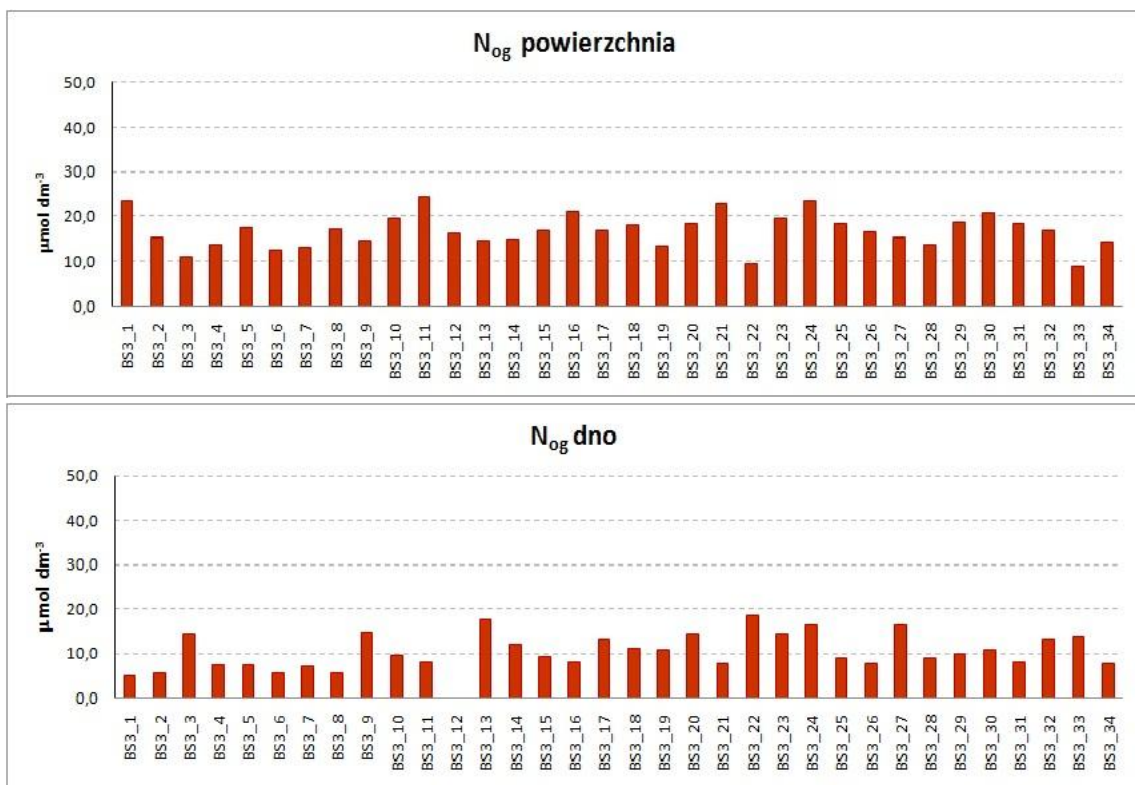
Rysunek 112. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w październiku 2012 r.



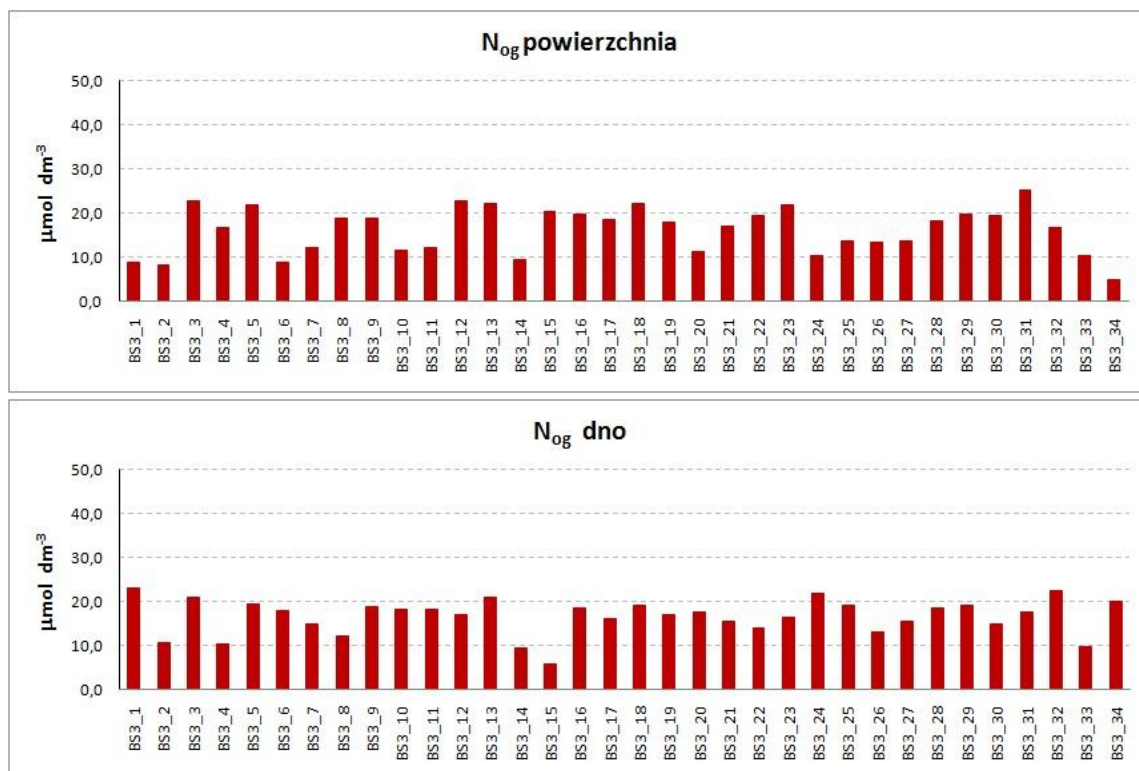
Rysunek 113. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w lutym 2013 r.



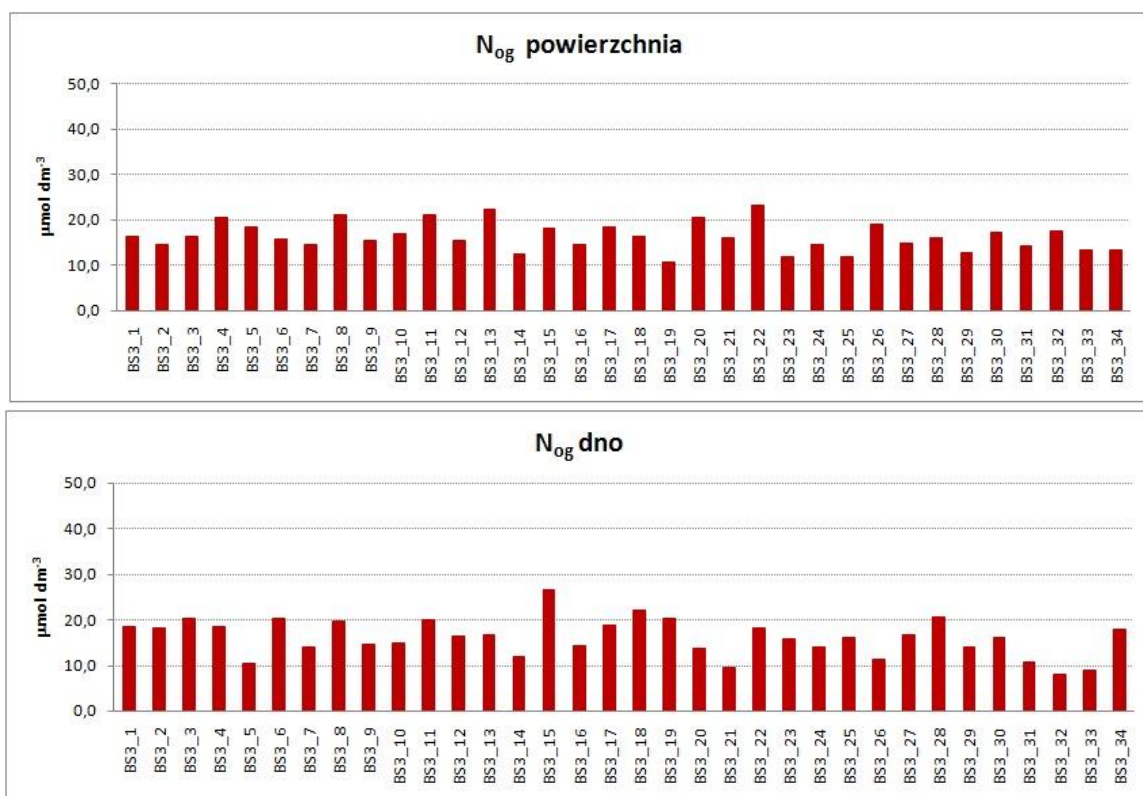
Rysunek 114. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w kwietniu 2013 r.



Rysunek 115. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w lipcu 2013 r.

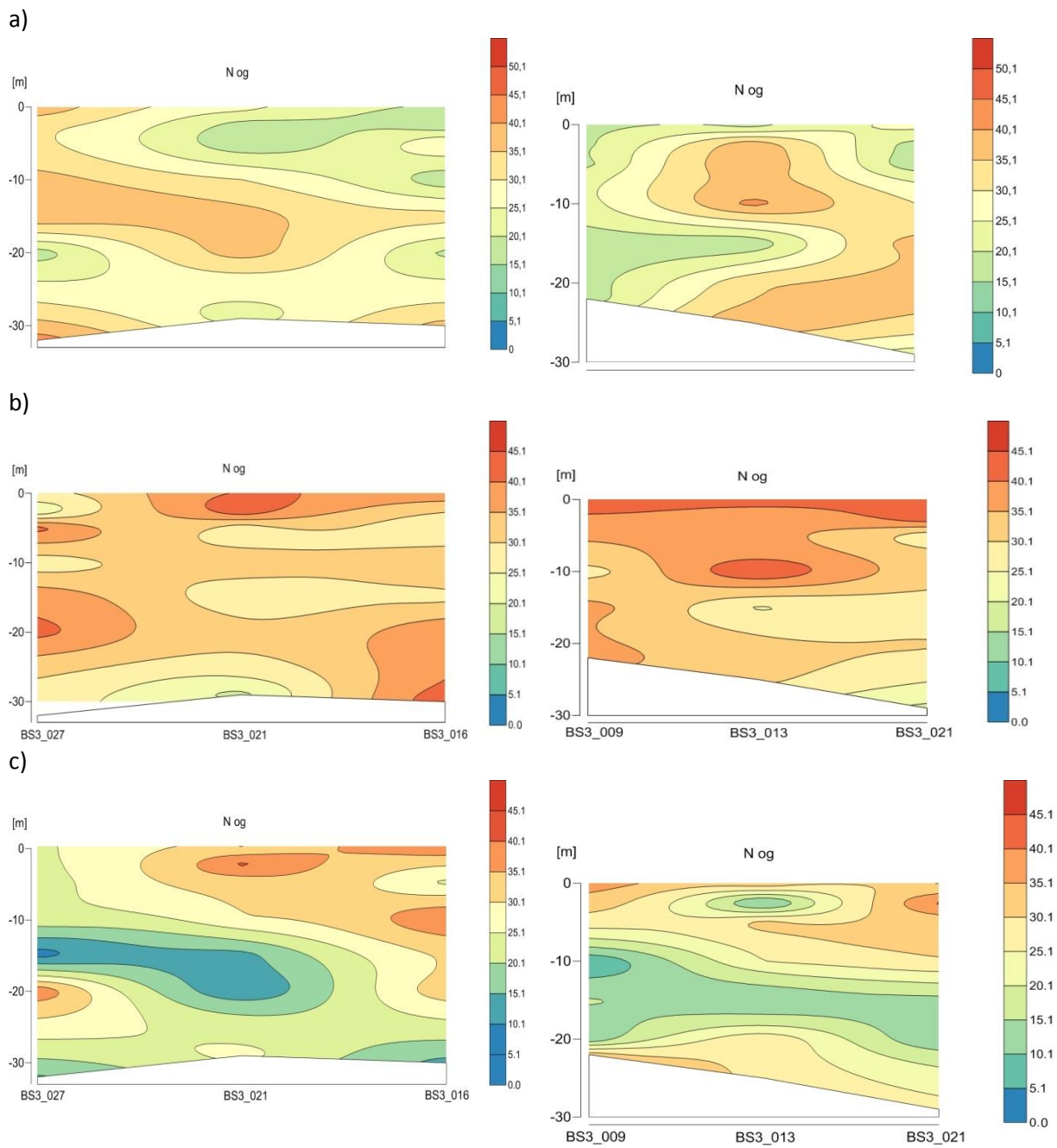


Rysunek 116 Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej we wrześniu 2013 r.



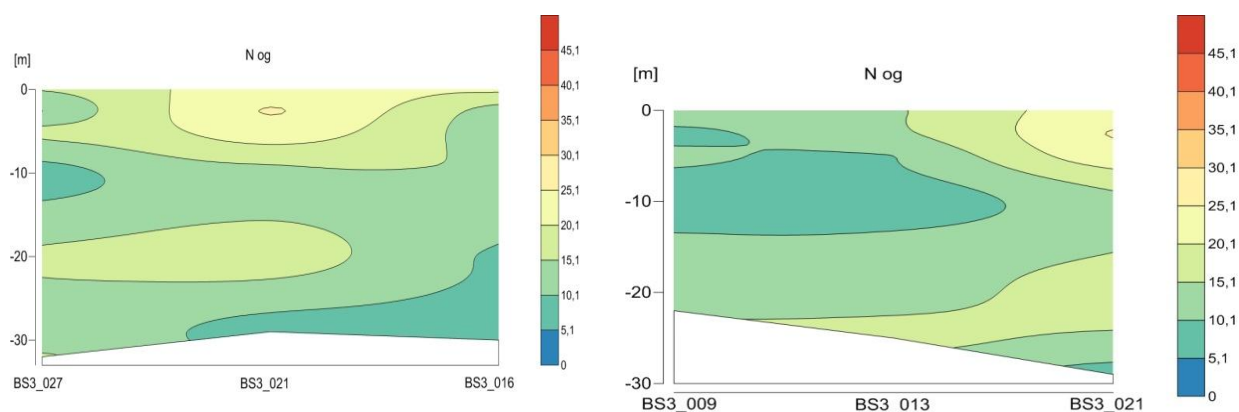
Rysunek 117. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w listopadzie 2013 r.

Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w próbkach wód ze stacji BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS_21 i BS3_27 pobranych w lipcu, wrześniu i listopadzie wykazują dość równomierny rozkład stężeń. Co jest typowe dla wód Morza Bałtyckiego, gdzie stężenia azotu ogólnego w kolumnie wody rozkładają się raczej równomiernie. Wyraźniejsza stratyfikacja zaznacza się w próbkach pobranych w październiku 2012 r., lutym oraz kwietniu 2013 r. W tych miesiącach zawartość azotu ogólnego zmierzona w pobranych próbkach wód była nieco wyższa niż w pozostałym okresie, co uwydatniło różnice w pionowym rozkładzie stężeń Rysunek 118 oraz Rysunek 119).

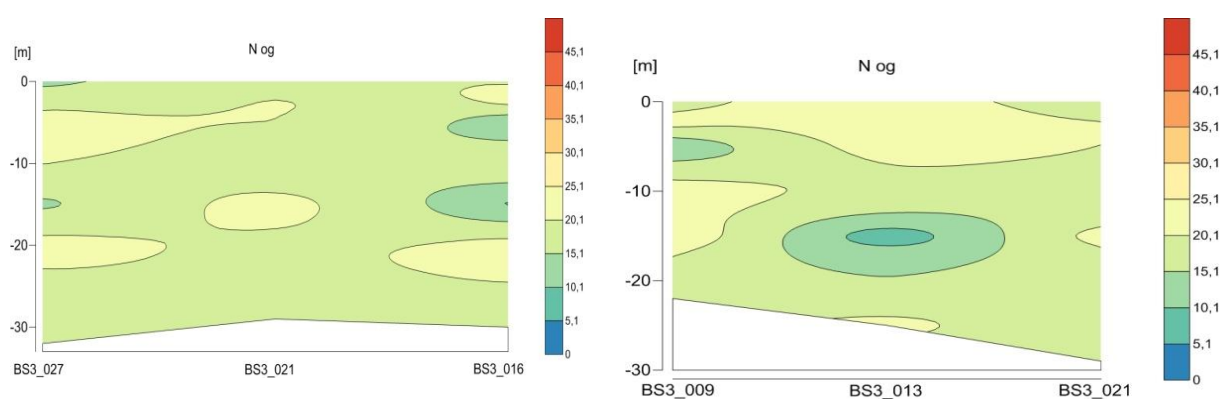


Rysunek 118. Zmiany zawartości azotu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) i kwietniu (c)

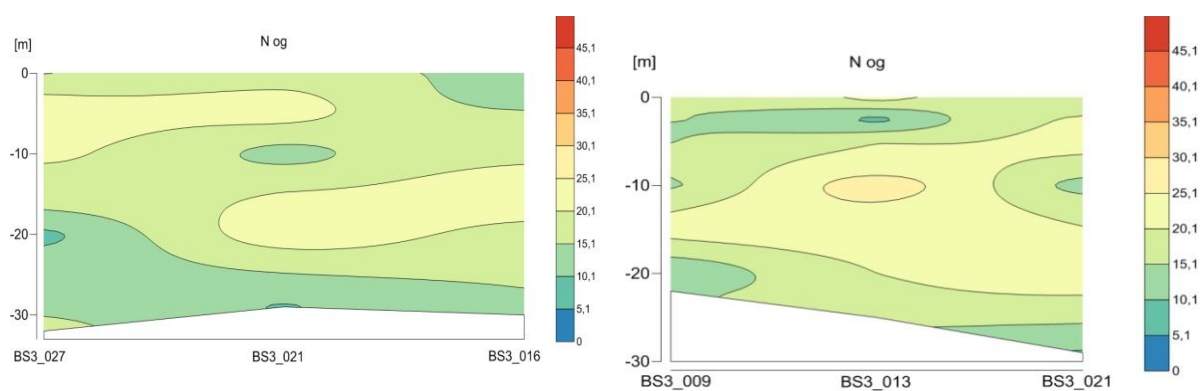
d)



e)

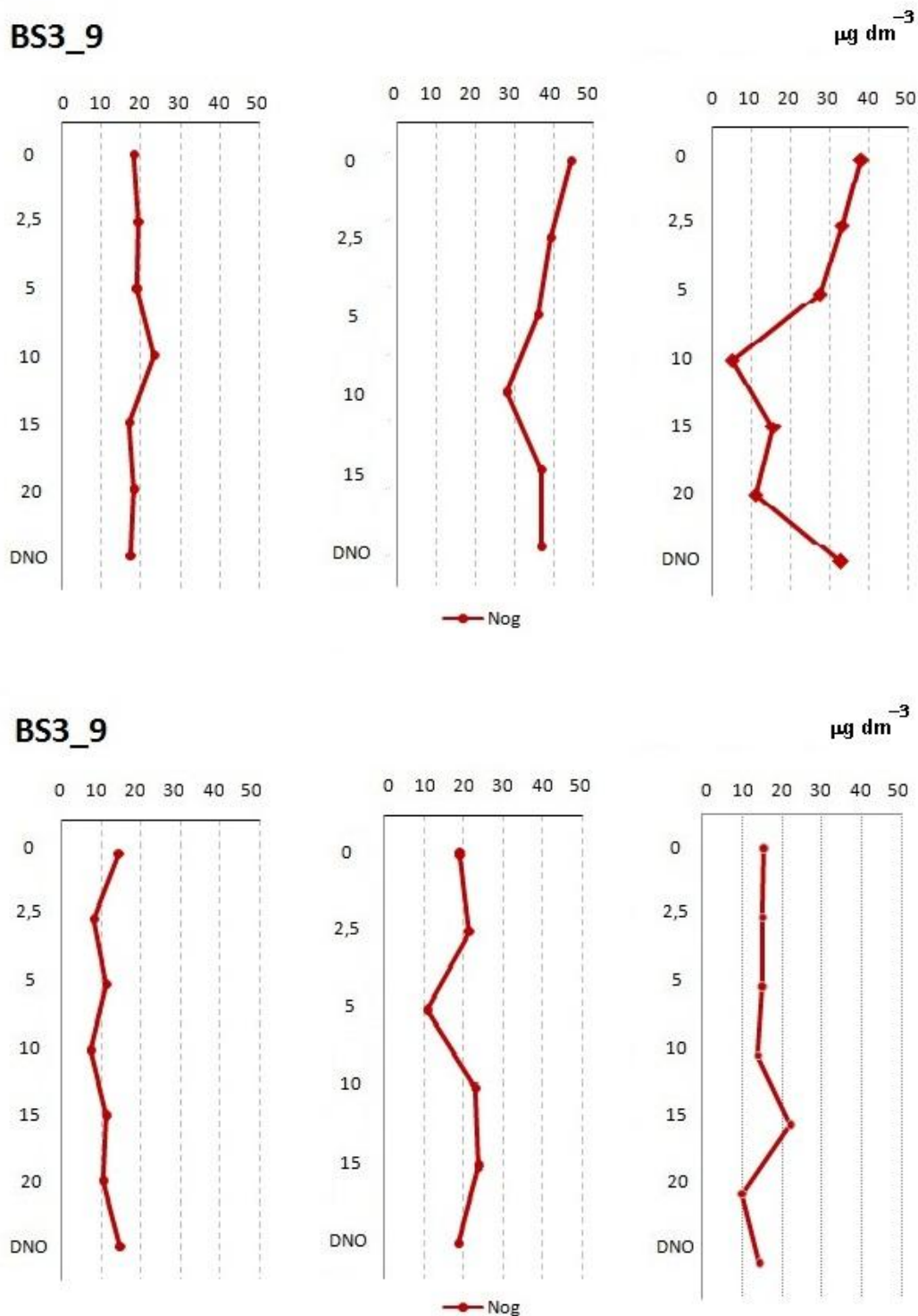


f)

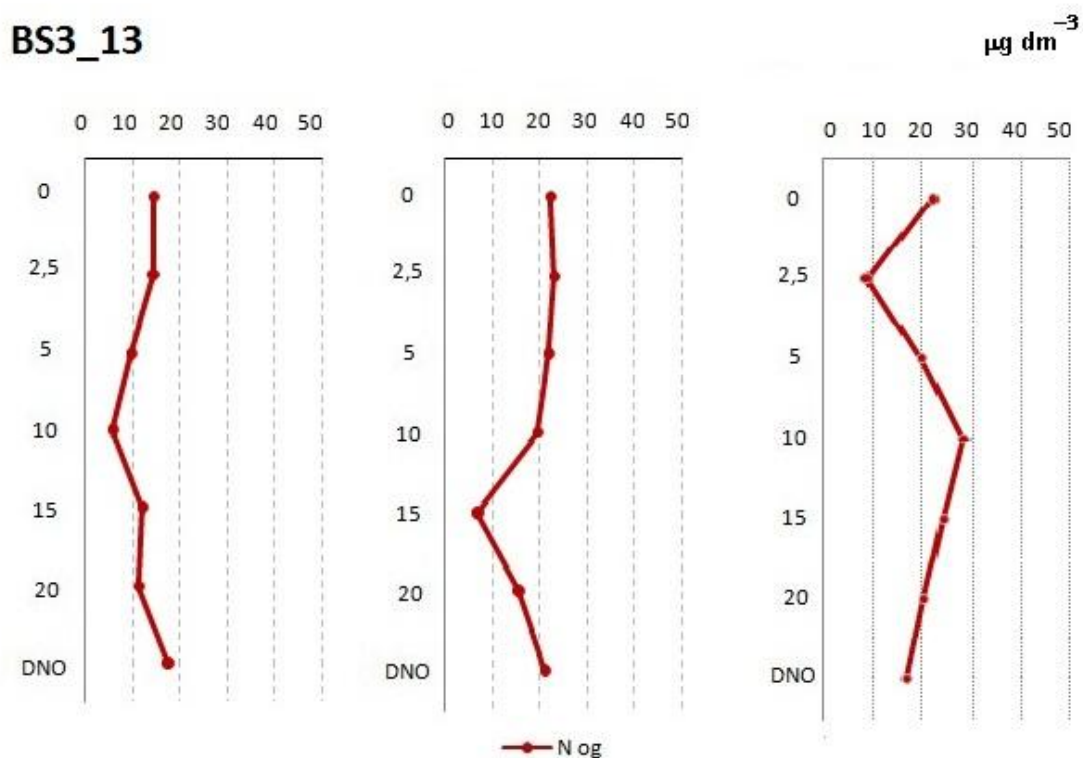
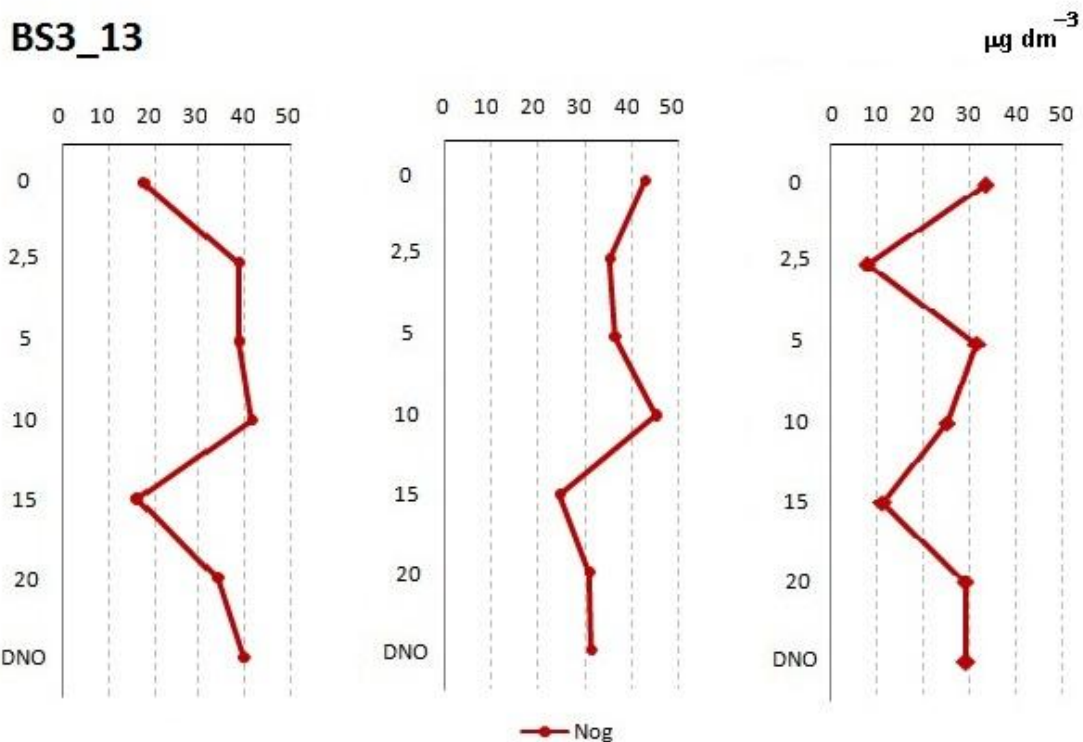


Rysunek 119. Zmiany zawartości azotu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d), wrześniu (e) i listopadzie 2013 r. (f)

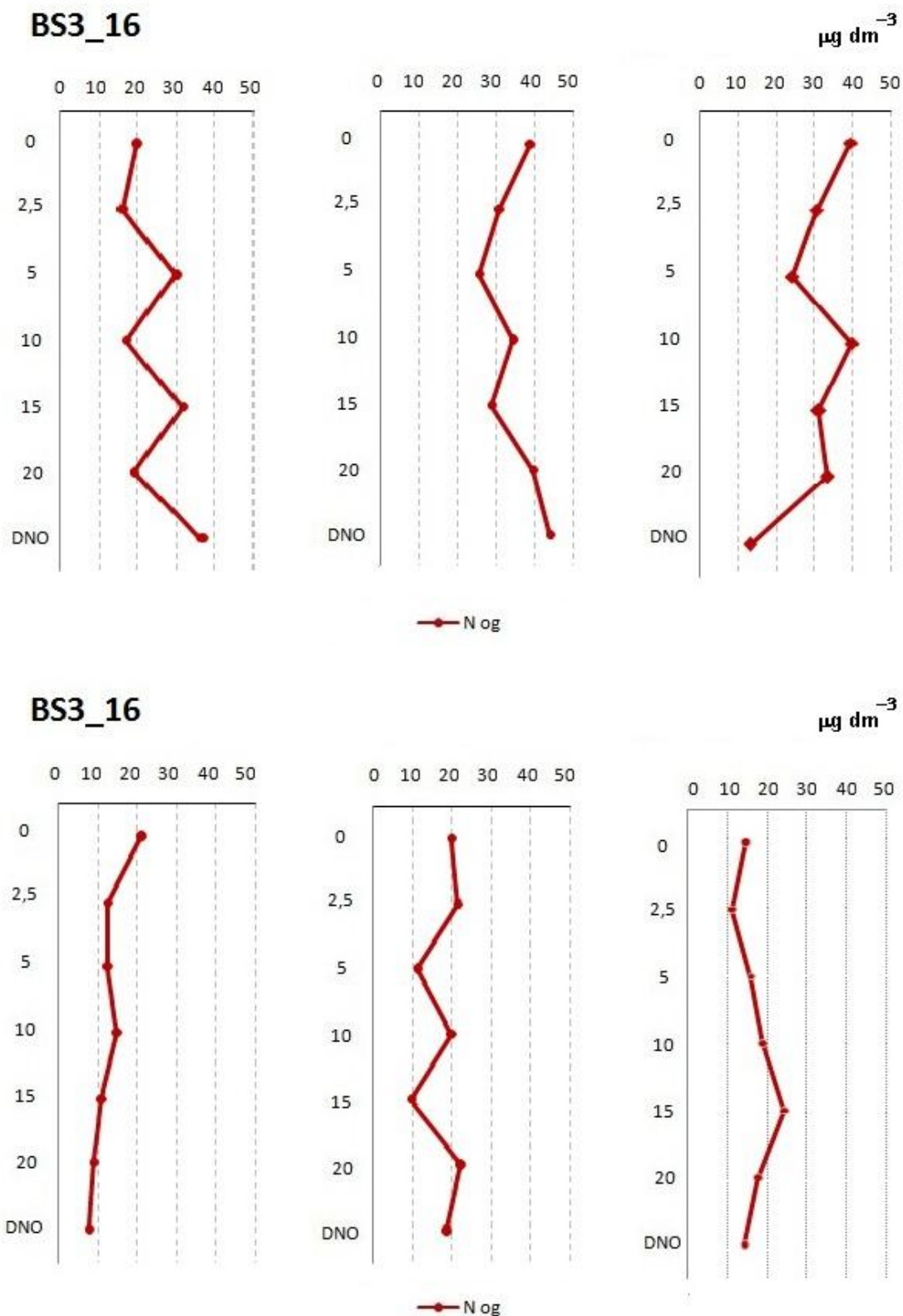
Porównując zmiany sezonowe stężeń azotu ogólnego w profilach pionowych w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 zauważa się spadek zawartości w lipcu i odbudowę puli azotu ogólnego w okresie jesienno- zimowym (Rysunek 120 - Rysunek 124).



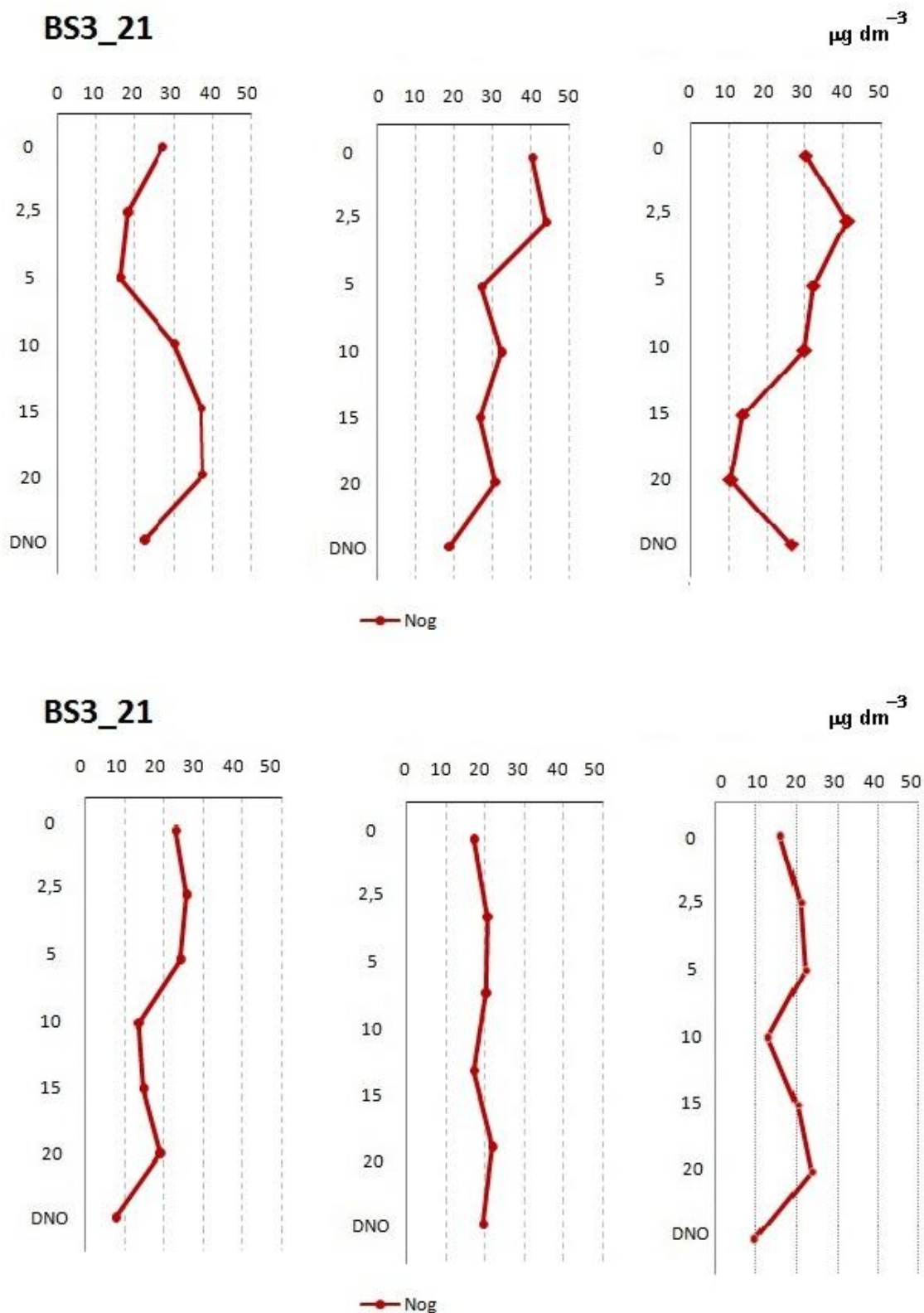
Rysunek 120. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_9



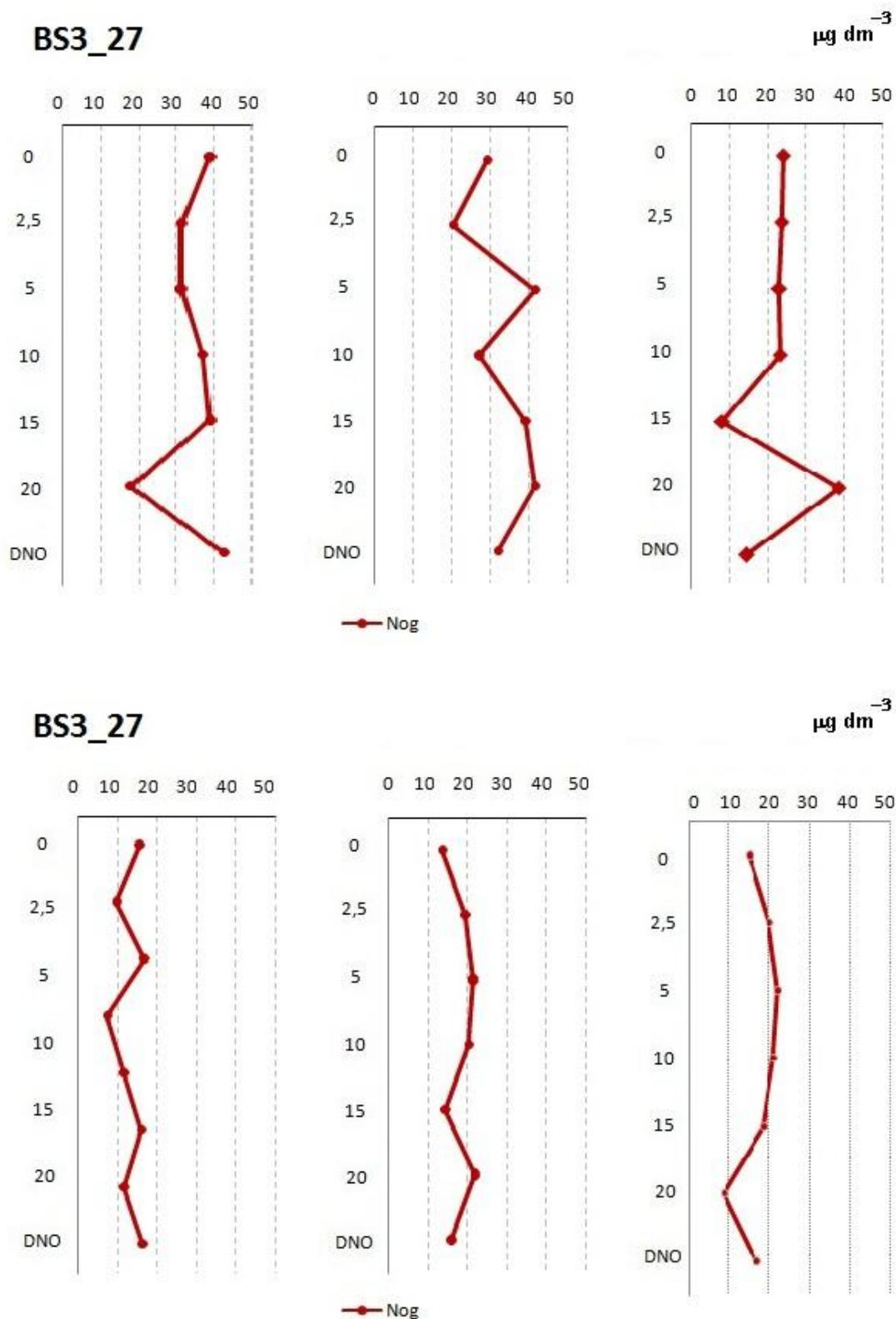
Rysunek 121. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_13



Rysunek 122. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_16



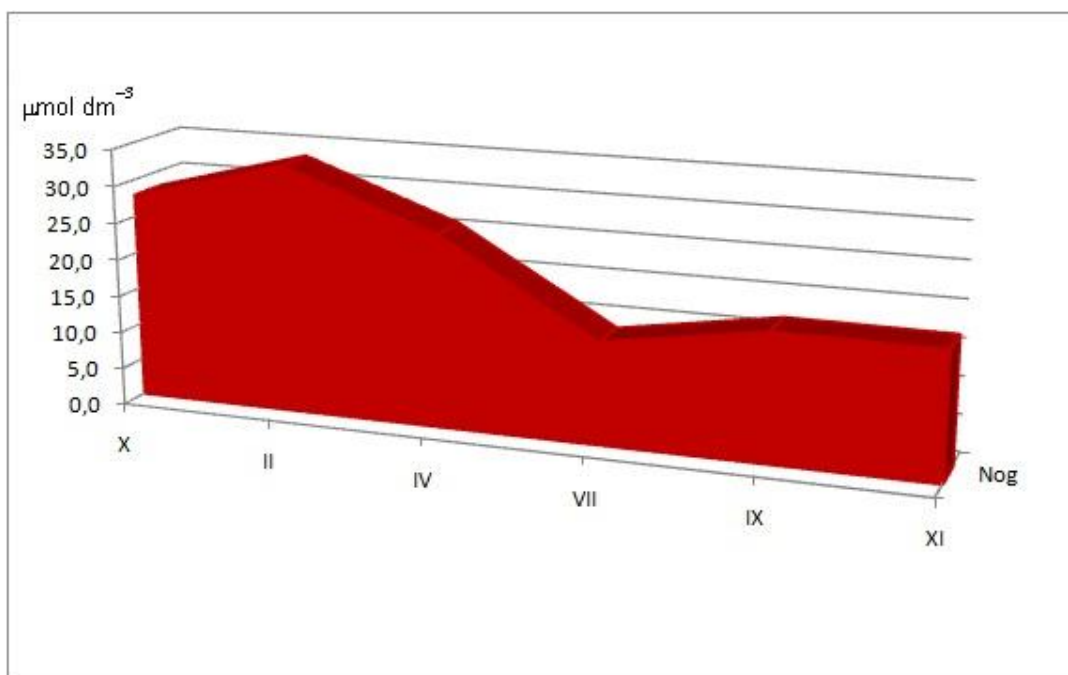
Rysunek 123. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_21



Rysunek 124. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_27

Uzyskane wyniki azotu ogólnego w próbkach wód z obszaru MFW BŚ III jedynie w lipcu nie przekraczają wartości granicznej dla I klasy ($14,276 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) jednolitych części wód powierzchniowych, takich jak wody przybrzeżne, w tym wyznaczonych jako jednolite części wód silnie zmienione określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 9 listopada 2011 r. (Dz.U. Nr 257, poz. 1545). Jednakże Rozporządzenie określa wartości mierzone w miesiącach od czerwca do września, czyli w okresie intensywnej wegetacji, kiedy następuje znaczny spadek zawartości związków azotu w wodzie. Porównując otrzymane średnie stężenia azotu ogólnego w miesiącach letnich ($15,17 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) z wartościami granicznymi określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545), można badany obszar MFW BŚ III zaliczyć do II klasy jakości wód (stan dobry) ze względu na zawartość azotu ogólnego.

W strefie płytkowodnej środkowego wybrzeża Bałtyku notuje się wartości azotu ogólnego w okresie od czerwca do września około $20 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Miętus i Sztobryn, 2011). W wodach Bałtyku Właściwego w latach 2005-2010 notowano stężenia azotu ogólnego około $30 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ (HELCOM, 2009; Voss i in., 2011). Porównując zmiany sezonowe średnich stężeń azotu ogólnego w poszczególnych okresach pomiarowych, zauważa się spadek zawartości w lipcu i odbudowę puli azotu ogólnego w okresie jesienno-zimowym (Rysunek 125).



Rysunek 125. Zmiany sezonowe średnich stężeń azotu ogólnego w badanym okresie od października 2012 r. do listopada 2013 r.

Fosforany

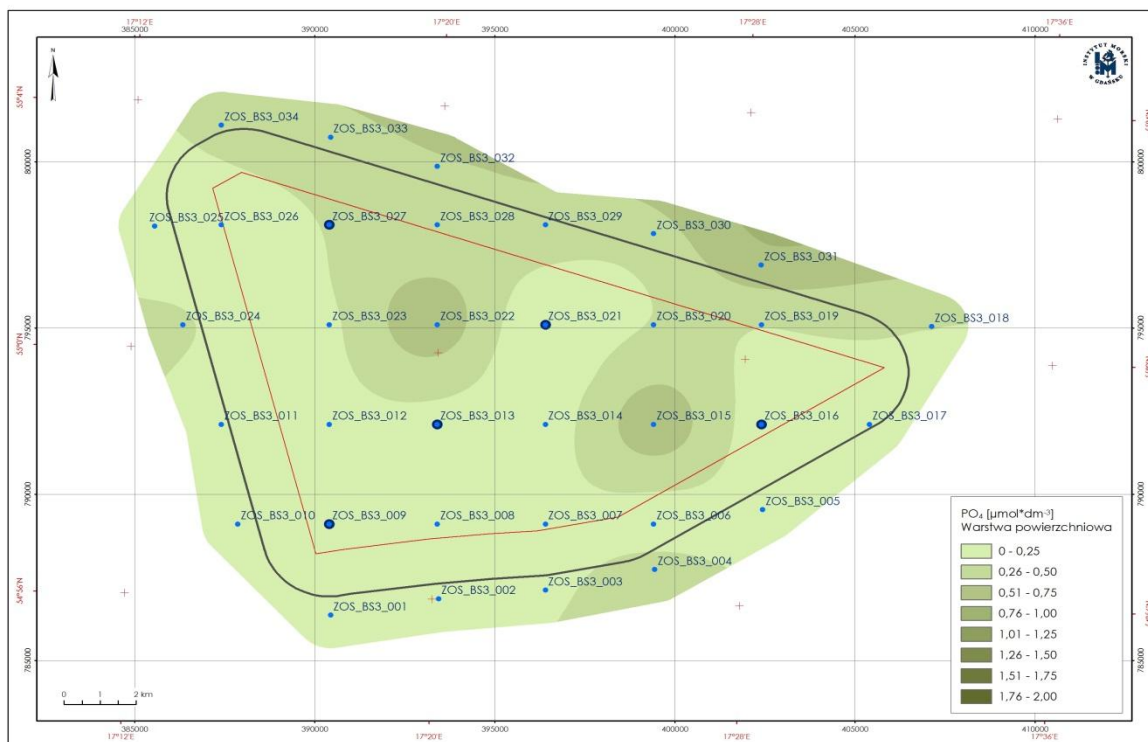
Ortofosforany są końcowym produktem mineralizacji wszystkich połączeń fosforu. Jony fosforanowe, w zależności od odczynu wody morskiej, są stosunkowo szybko wiązane przez organizmy wodne oraz rozpuszczone jony wapnia, magnezu, żelaza i glinu. W ten sposób przechodzą do osadów nierozpuszczalne fosforany wymienionych metali oraz związki fosforu z materią organiczną. W wodzie morskiej fosforany występują w formie różnych jonów, w zależności od pH oraz zasolenia.

Przy pH 8 i zasoleniu 7 PSU fosforany występują głównie jako jony HPO_4^{2-} (25,5%), NaHPO_4^- (17,6%) i MgHPO_4 (13,4%). Przy niewielkim spadku pH do 7 jony HPO_4^{2-} stanowią 41,3%, NaHPO_4^- 20,9%, MgHPO_4 15,9%, a MgPO_4^- 11,5% (Falkowska i in., 1999).

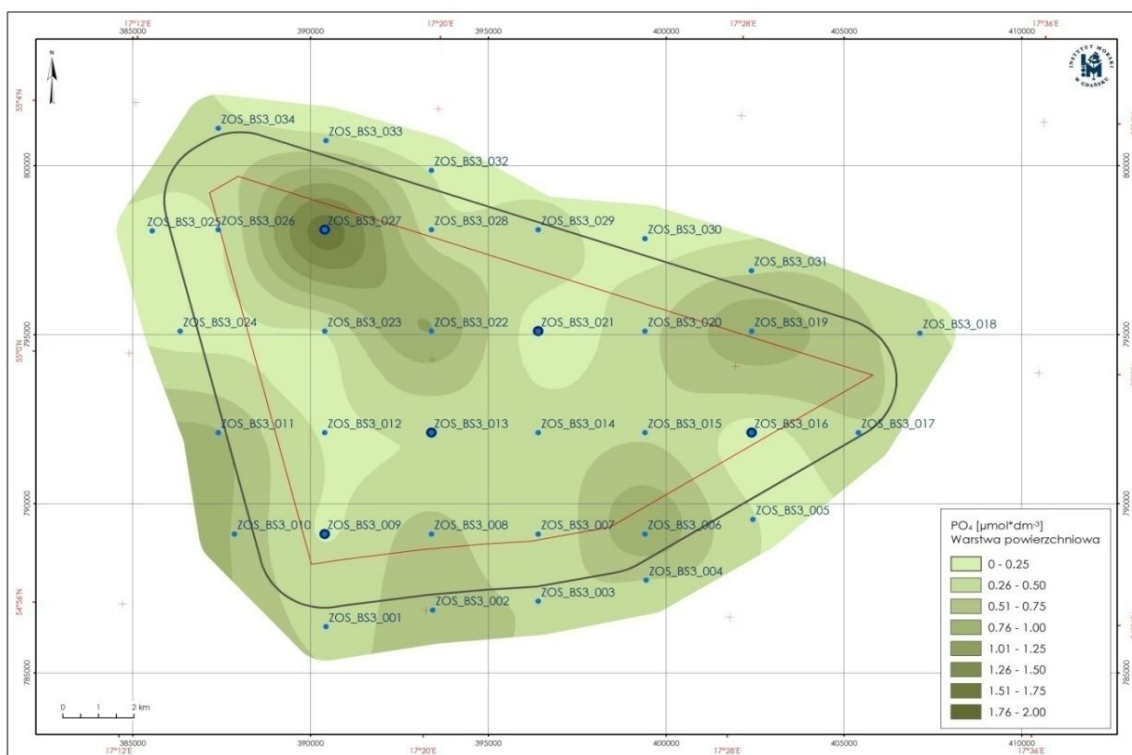
Stężenie fosforanów w wodzie morskiej zwykle nie przekracza $1 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$, a w okresie intensywnej produkcji pierwotnej w warstwie eufotycznej może dochodzić do całkowitego ich wyczerpania. W warunkach redukcyjnych (stężenie tlenu około $3 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) może nastąpić uwalnianie jonów PO_4^{3-} z fosforanu żelaza (III) obecnego w osadzie. Przy stężeniu tlenu $<3 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, lub jego braku czy obecności siarkowodoru stężenie rozpuszczonych fosforanów w wodzie morskiej może dochodzić nawet do kilkudziesięciu $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Falkowska i in., 1999).

Zawartość fosforanów w badanych próbkach z pola BŚ III wahała się od wartości poniżej granicy oznaczalności ($0,132 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) do $1,633 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Średnie stężenia fosforanów wyniosły odpowiednio $0,32 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w październiku 2012 r., $0,42 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lutym, $0,15 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w kwietniu, $0,24 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lipcu, $0,27 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ we wrześniu oraz $0,34 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w listopadzie 2013 r. W lipcu, wrześniu i listopadzie średnie były liczone tylko dla próbek, w których stwierdzono obecność fosforanów (odpowiednio 23 próbki w lipcu, 11 we wrześniu oraz 23 w listopadzie). Obecność fosforanów w większości analizowanych próbek wód (85) oraz najwyższe stężenia stwierdzono w lutym, czyli w okresie kiedy odbudowuje się pula biogenów w wodach Morza Bałtyckiego. Nehring i Artebjerg (1996) oraz Nausch i in. (1999) podają stężenie fosforanów w okresie od stycznia do marca w latach 1989-1993 w powierzchniowych wodach odpowiednio: w Morzu Arkońskim $0,61\pm 0,17 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$; Basenie Bornholmskim $0,64\pm 0,18 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ oraz w zachodniej części Morza Gotlandzkiego $0,67\pm 0,11 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Natomiast Nausch i Nausch (2011) podają zawartość fosforanów $0,11-0,31 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w okresie letnim w południowej części Bałtyku Właściwego. W listopadzie 2010 roku w wodach południowego Bałtyku stwierdzono zawartość fosforanów około $0,5 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Zalewska i in., 2012).

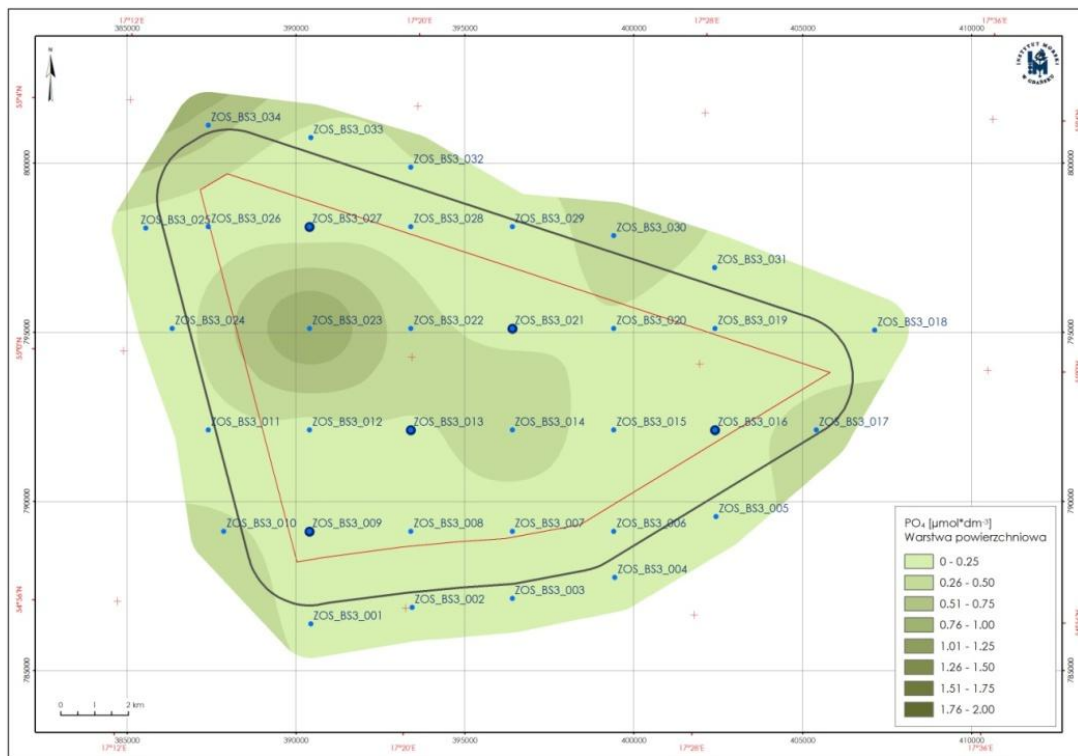
Analiza przestrzennego rozkładu stężeń fosforanów w próbkach wód z badanego obszaru MFW BŚ III wykazuje podobny rozkład w warstwie powierzchniowej i przydennej. Najwyższą koncentrację stwierdzono w październiku 2012 r. oraz w lutym 2013 r. W następnych miesiącach zawartość fosforanów zmniejszyła się zgodnie z cyklem sezonowym zmienności biogenów. Po okresie intensywnych zakwitów fitoplanktonu następuje stopniowa odbudowa zawartości fosforanów w okresie jesienno-zimowym (Rysunek 126 - Rysunek 133).



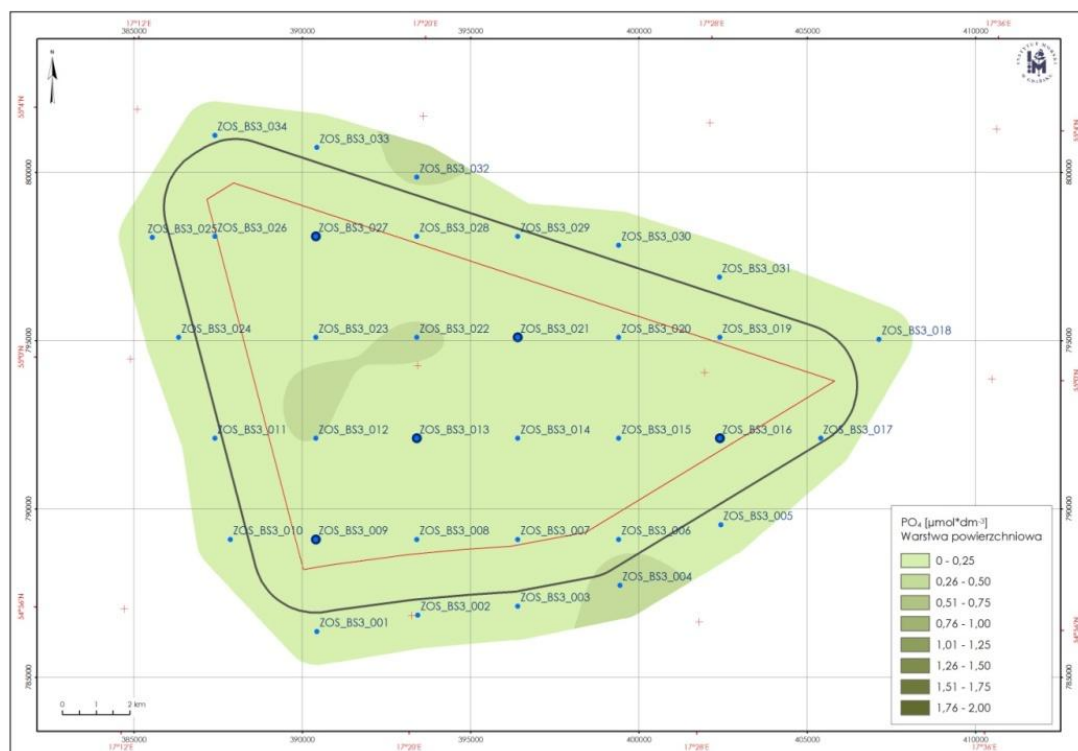
Rysunek 126. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.



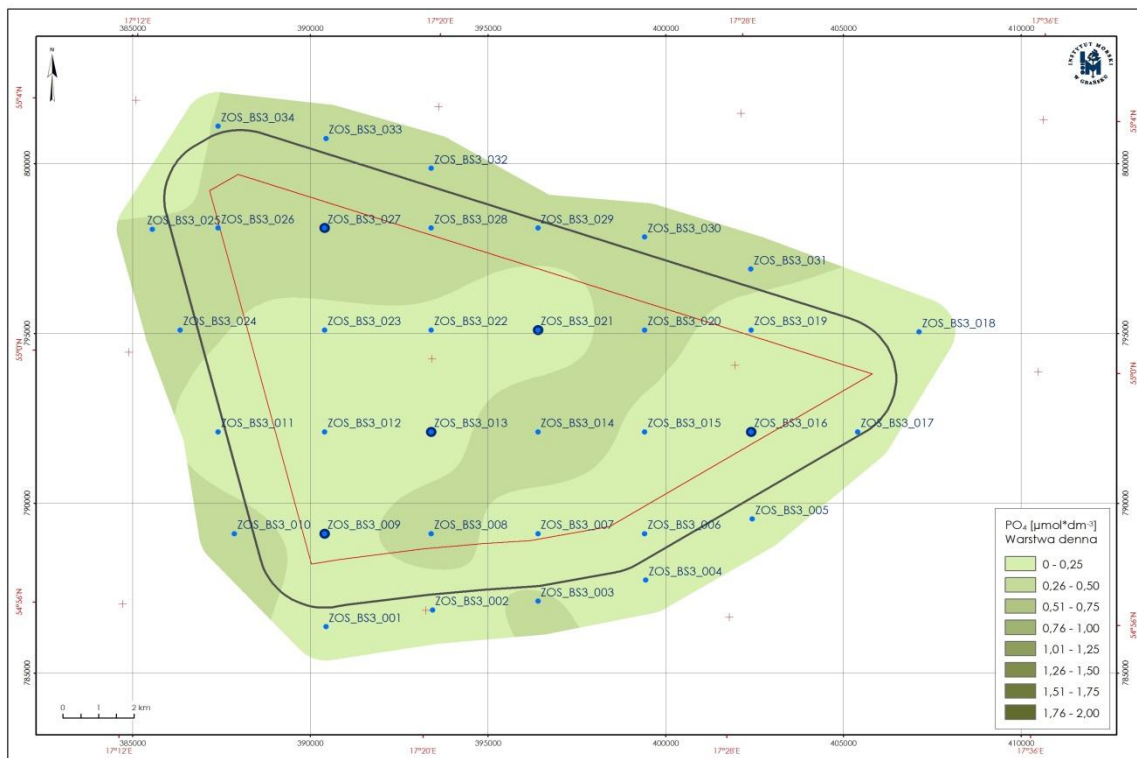
Rysunek 127. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.



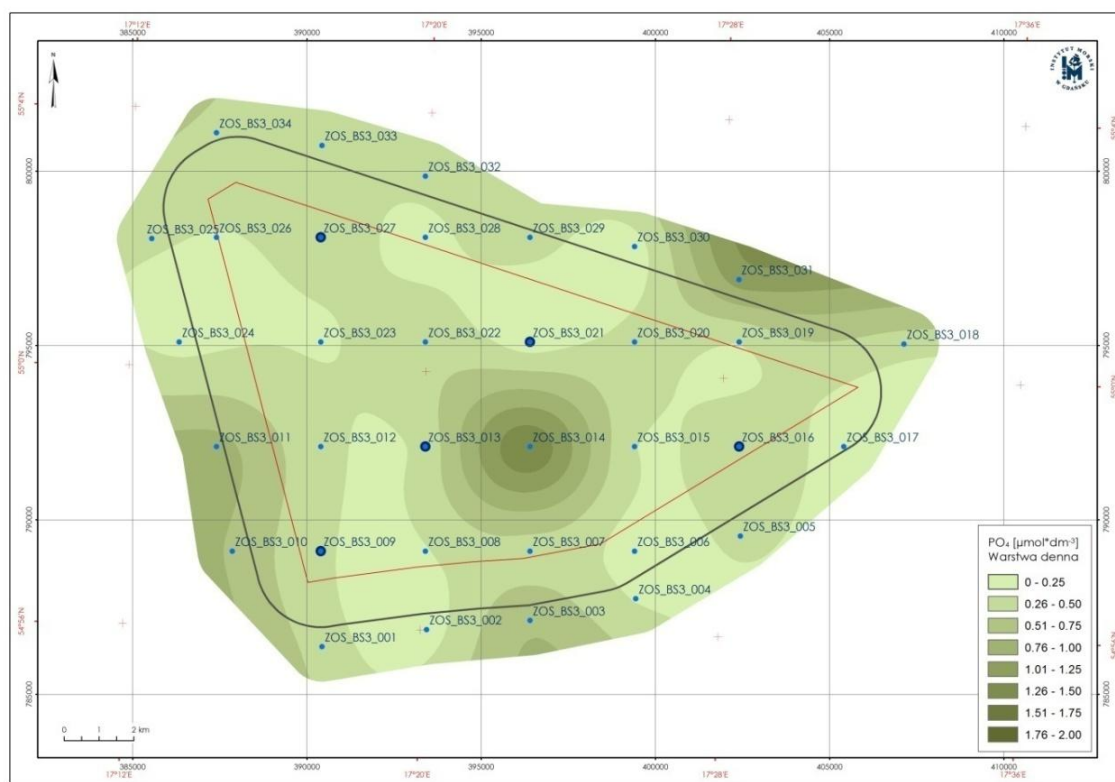
Rysunek 128. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie powierzchniowej w kwietniu



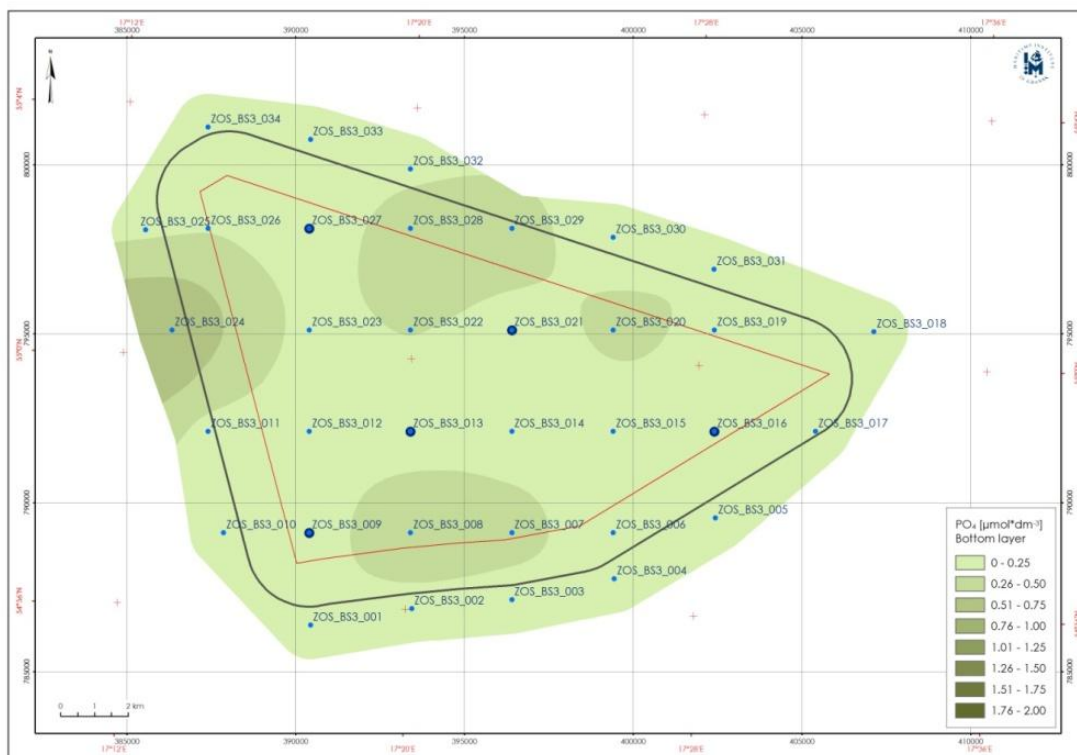
Rysunek 129. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie powierzchniowej w lipcu



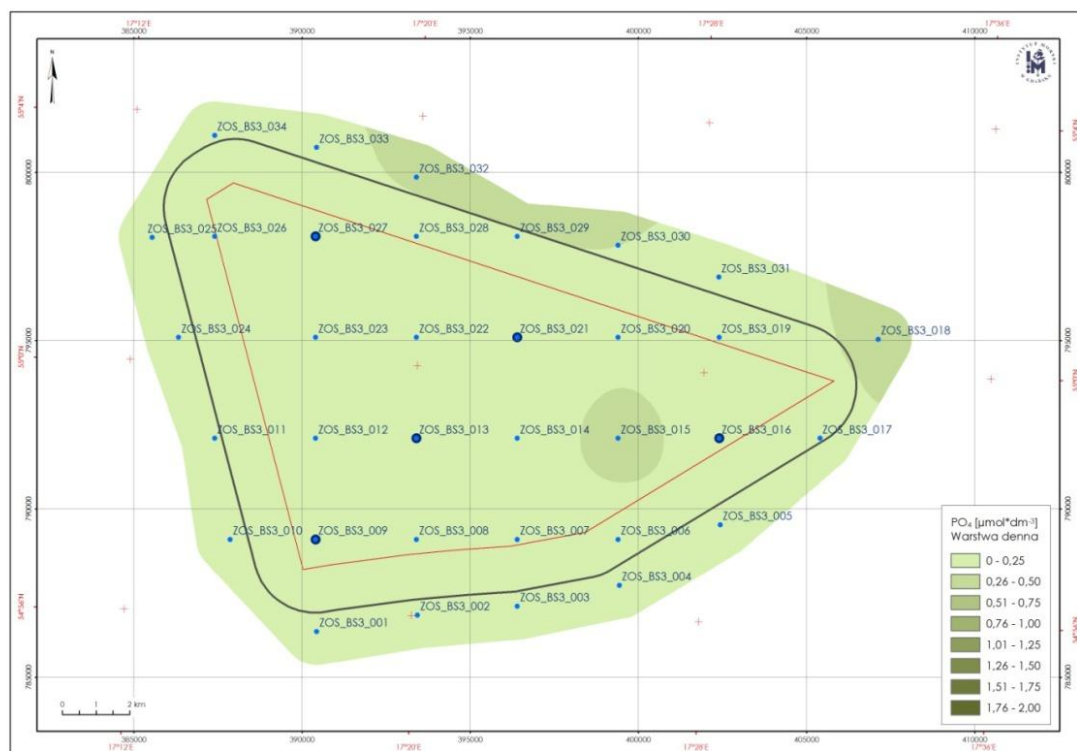
Rysunek 130 Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie przydennej w październiku 2012 r.



Rysunek 131. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie przydennej w lutym 2013 r.



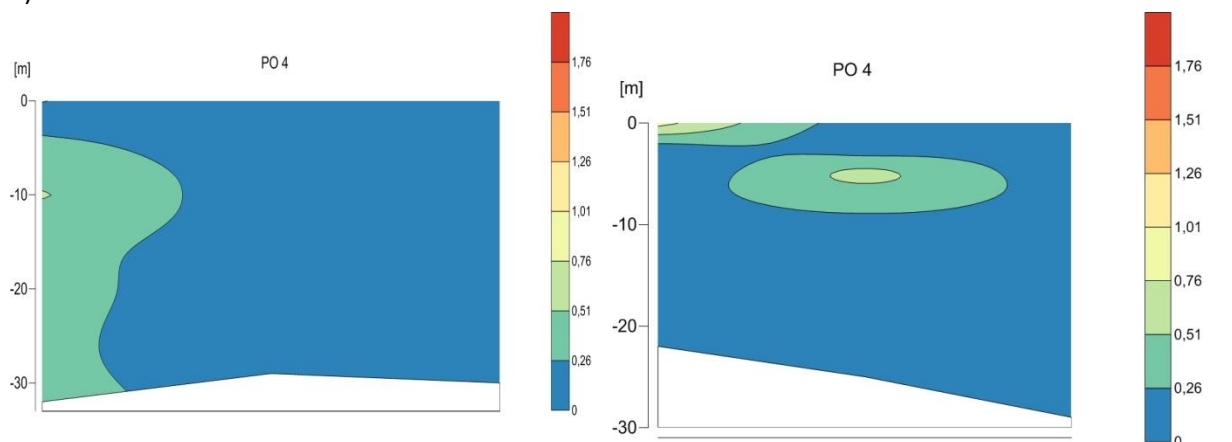
Rysunek 132. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.



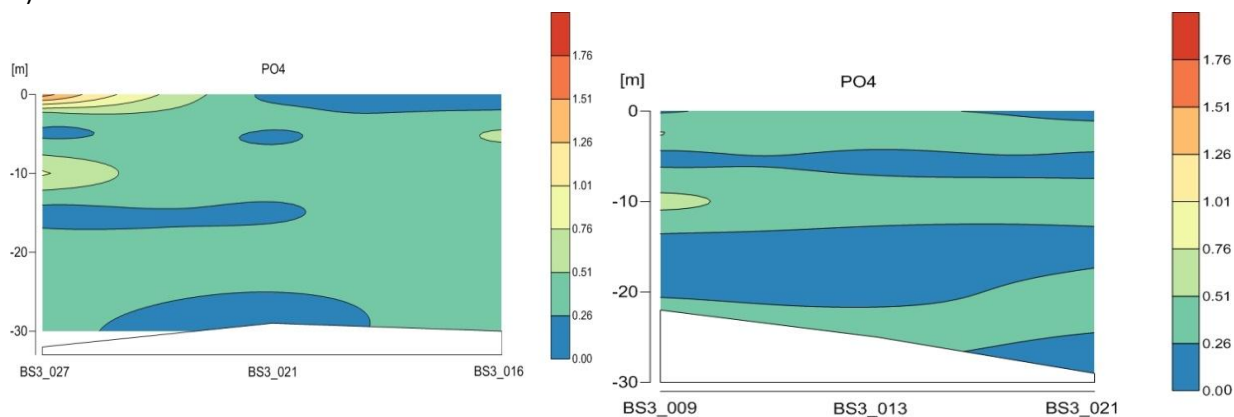
Rysunek 133. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.

Zmiany zawartości fosforanów z głębokością oraz sezonowe zmiany w pionowych rozkładach stężeń fosforanów w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 przedstawiono na rysunkach (Rysunek 134 - Rysunek 140).

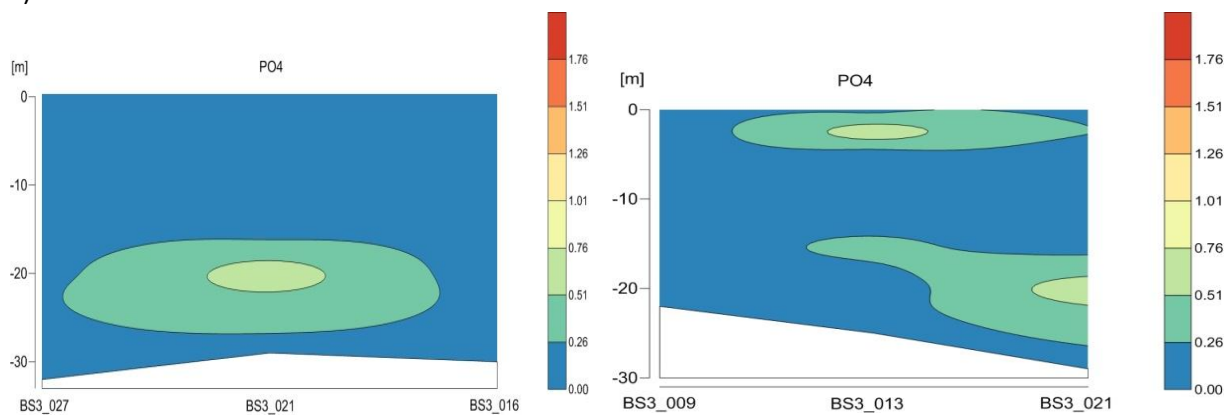
a)



b)

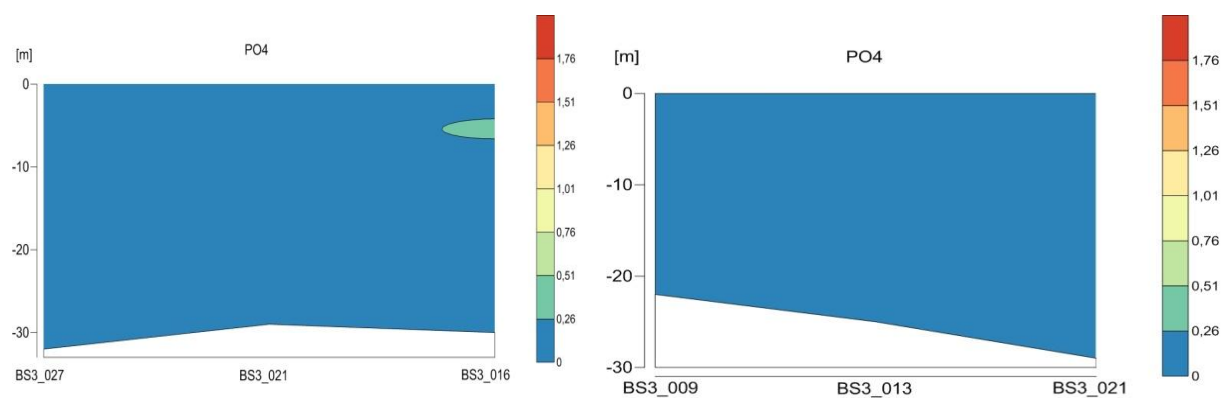


c)

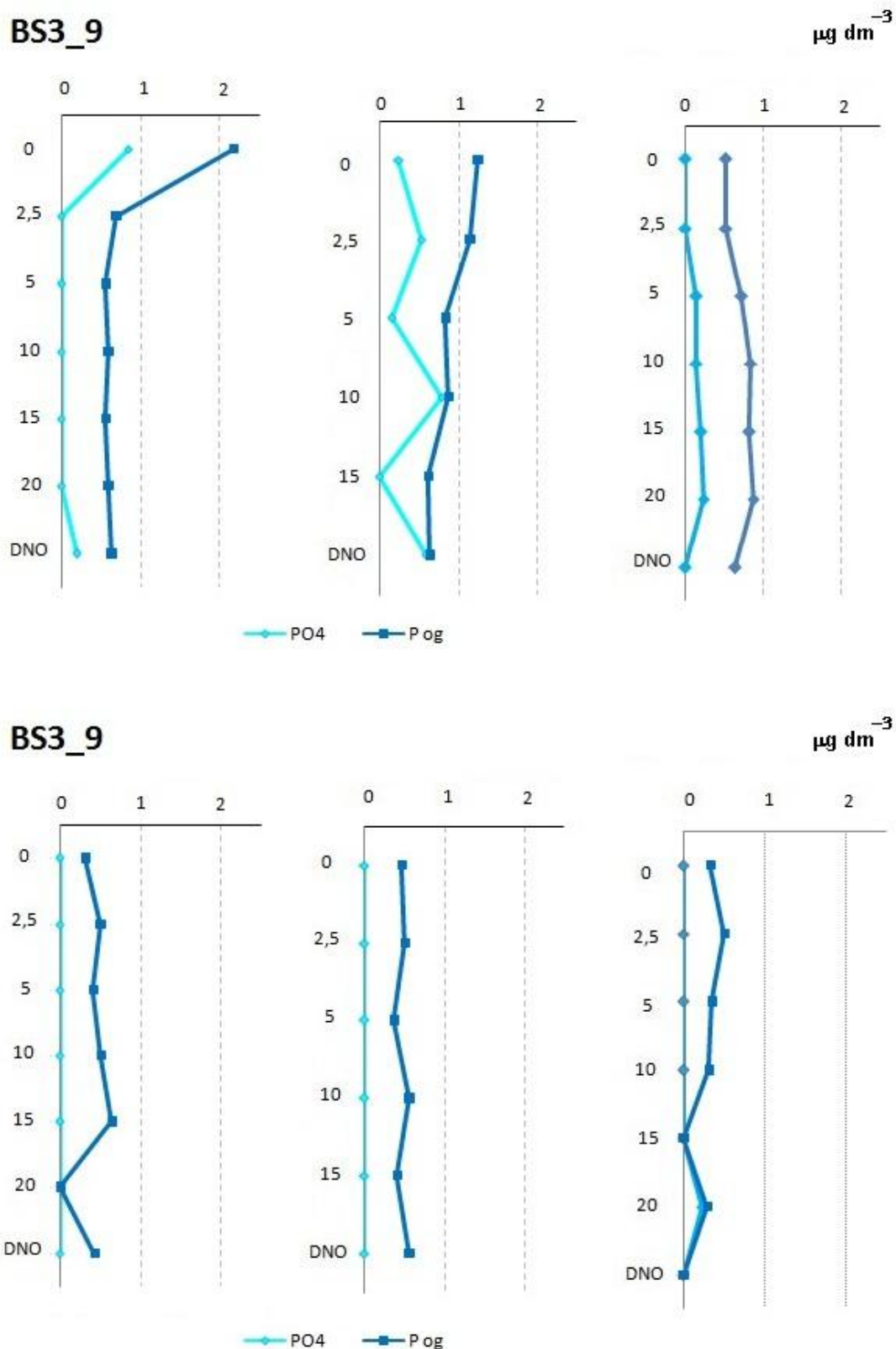


Rysunek 134. Zmiany zawartości fosforanów z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) i kwietniu 2013 r. (c)

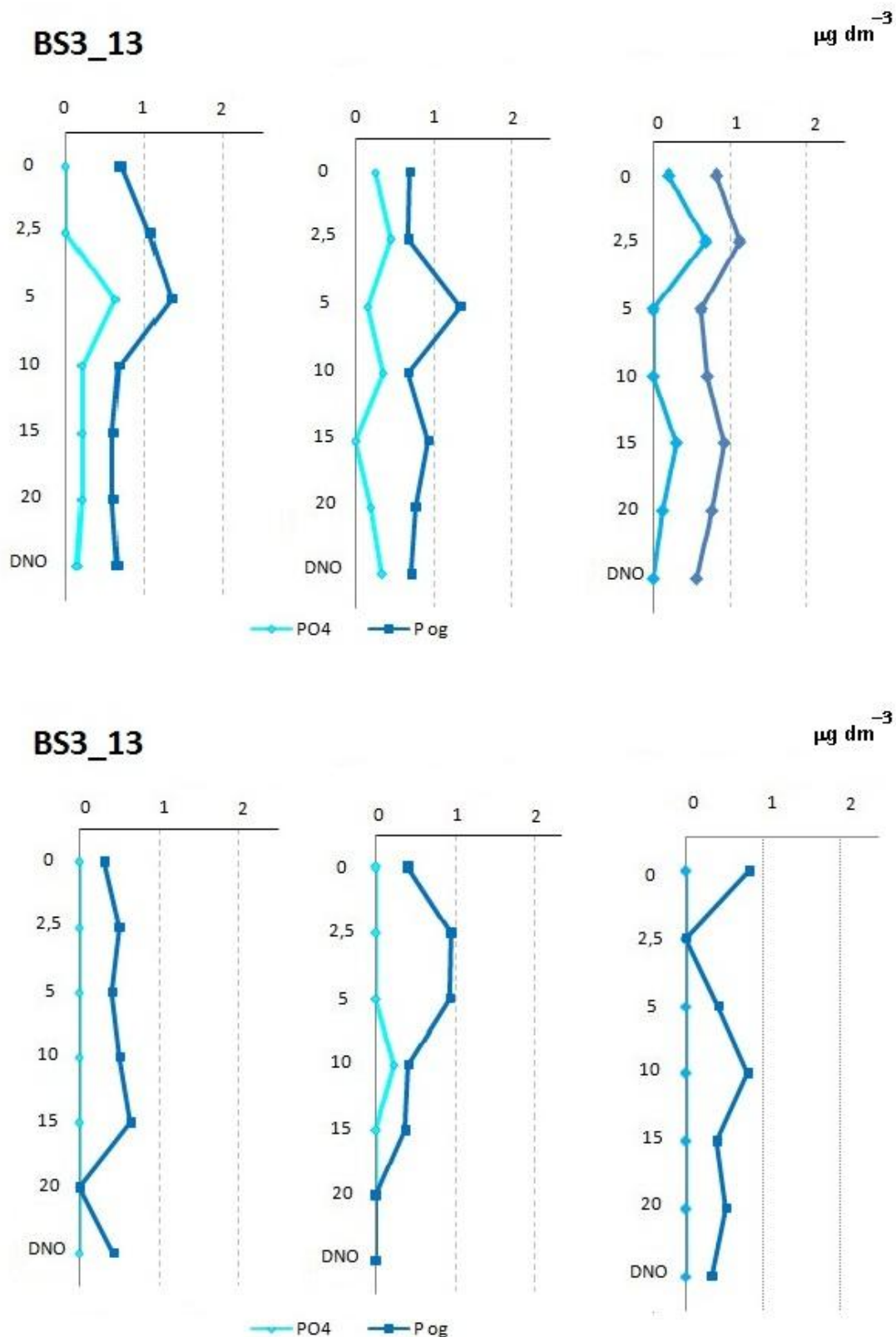
d)



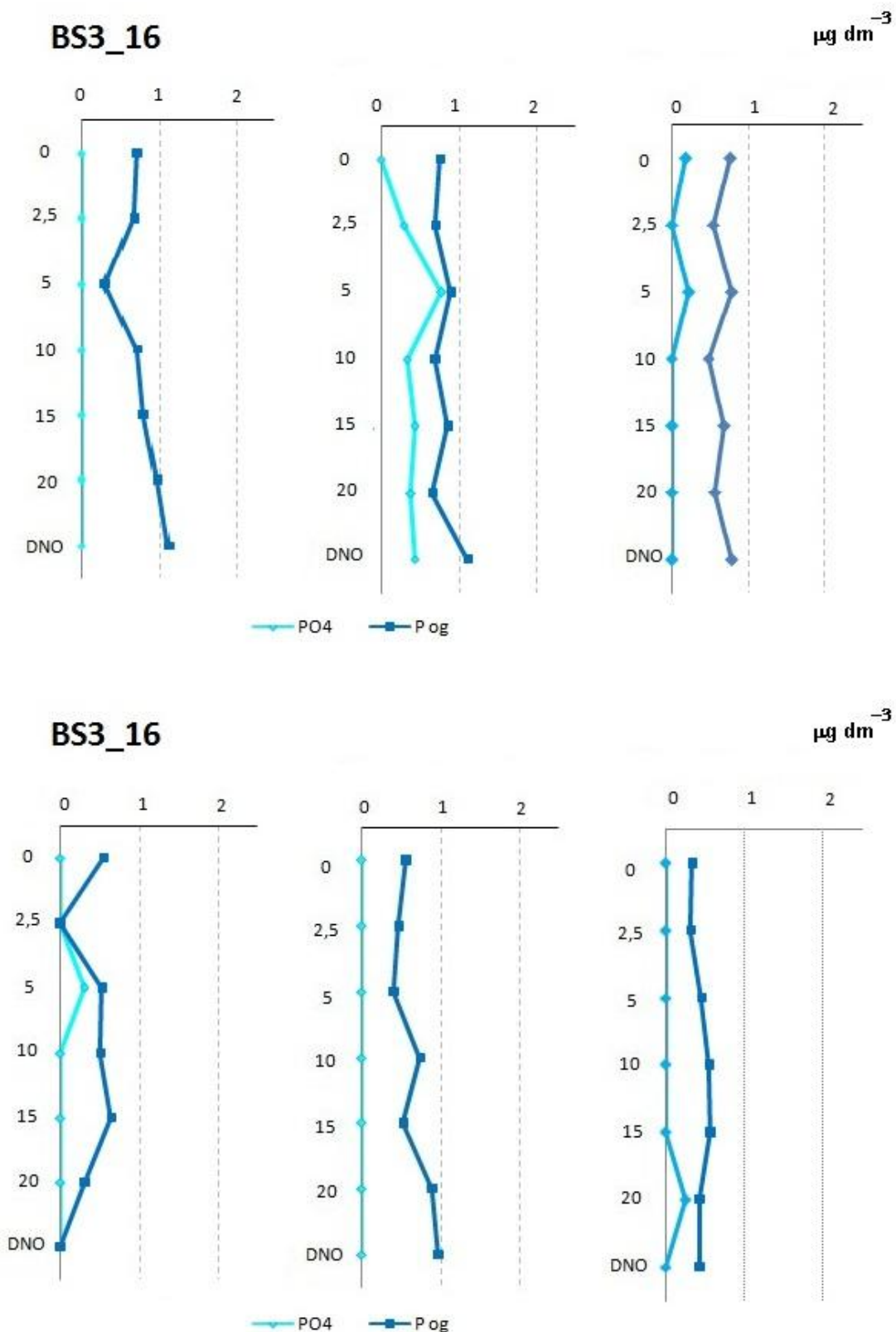
Rysunek 135. Zmiany zawartości fosforanów z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d)



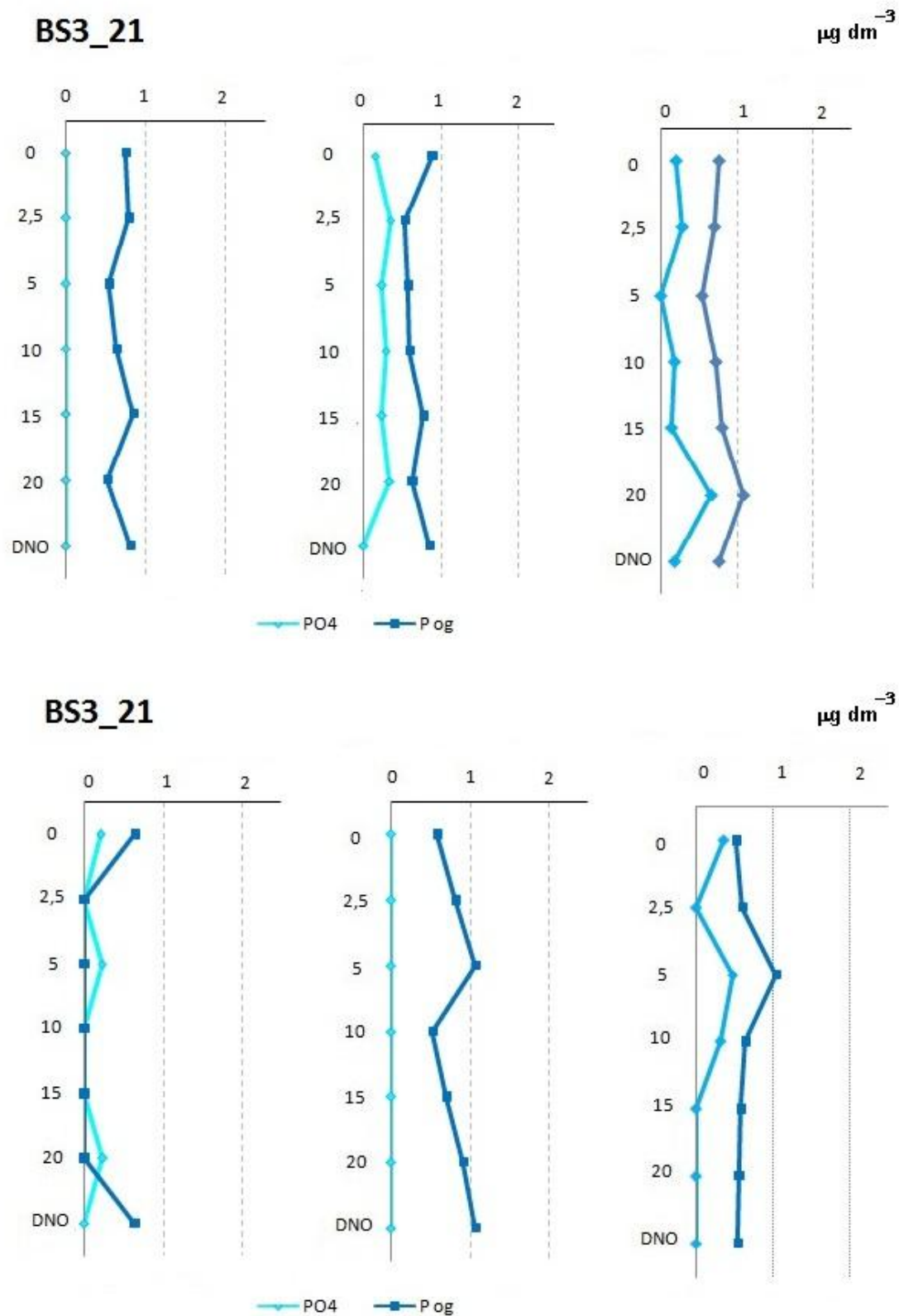
Rysunek 136. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_9



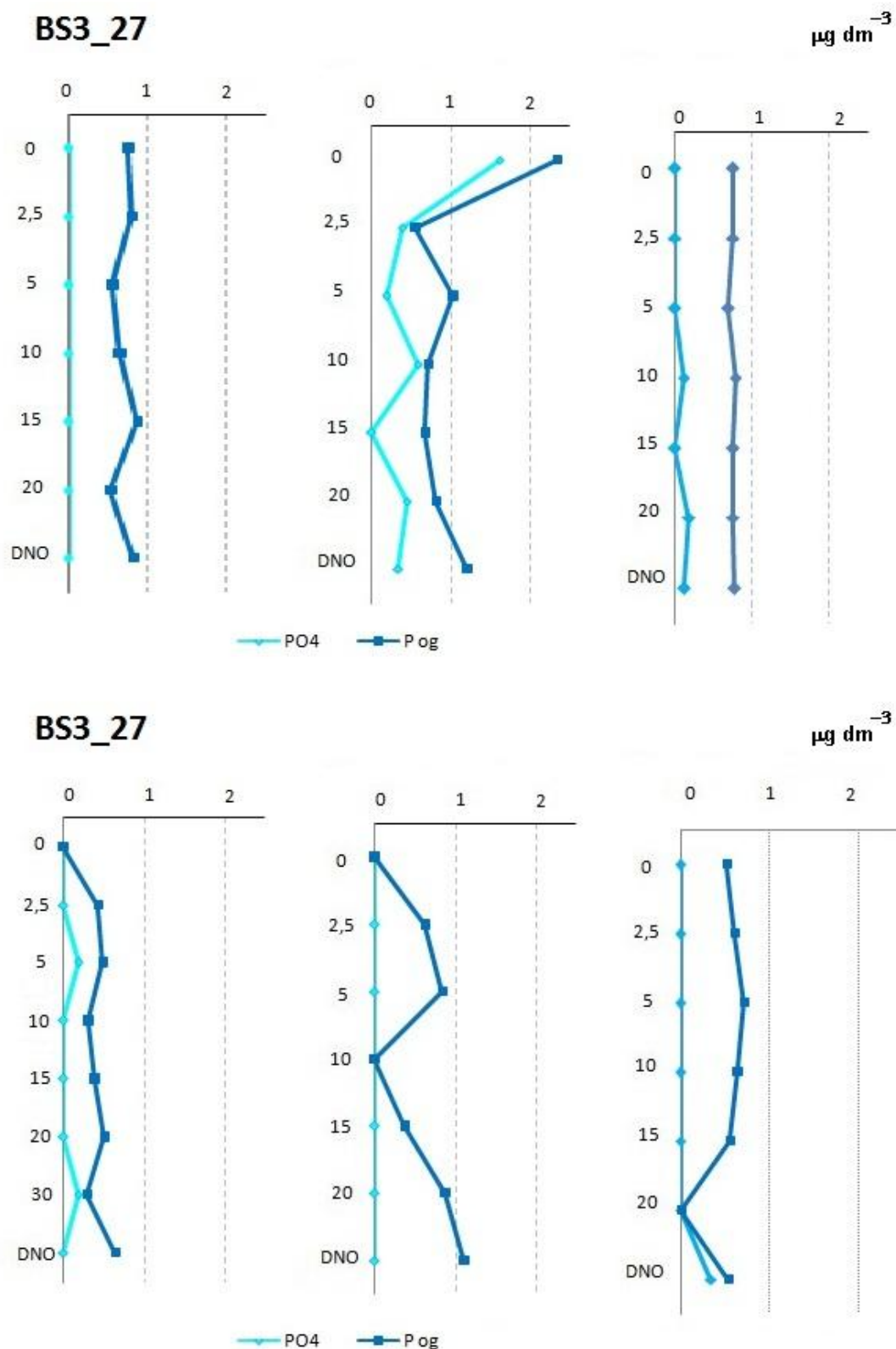
Rysunek 137. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_13



Rysunek 138. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_16



Rysunek 139. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_21



Rysunek 140. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_27

Stosunek molowy $\text{N}(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) : \text{P}(\text{PO}_4^{3-})$ jest często uważany do określenia potencjalnej wydajności produkcji pierwotnej w wodzie morskiej. W warstwie izohalinowej Morza Bałtyckiego

stosunek ten wynosi 14-16:1 w zależności od składu fitoplanktonu (Falkowska i in., 1998; Graneli i in., 1990; Trzosińska 1990, 1992; Wulff i in., 1990). Obliczone stosunki molowe N:P dla próbek wód z MFW BŚ III w badanym okresie wyniosły odpowiednio w październiku 2012 r. – 9,6:1; lutym – 13,1:1; kwietniu – 4,83:1; lipcu – 1,42:1; wrześniu – 6,85:1; listopadzie – 4,19:1. Wartości tych stosunków wyraźnie wskazują na zmiany sezonowe w zawartości biogenów oraz wzrost produkcji pierwotnej w lipcu.

Fosfor ogólny

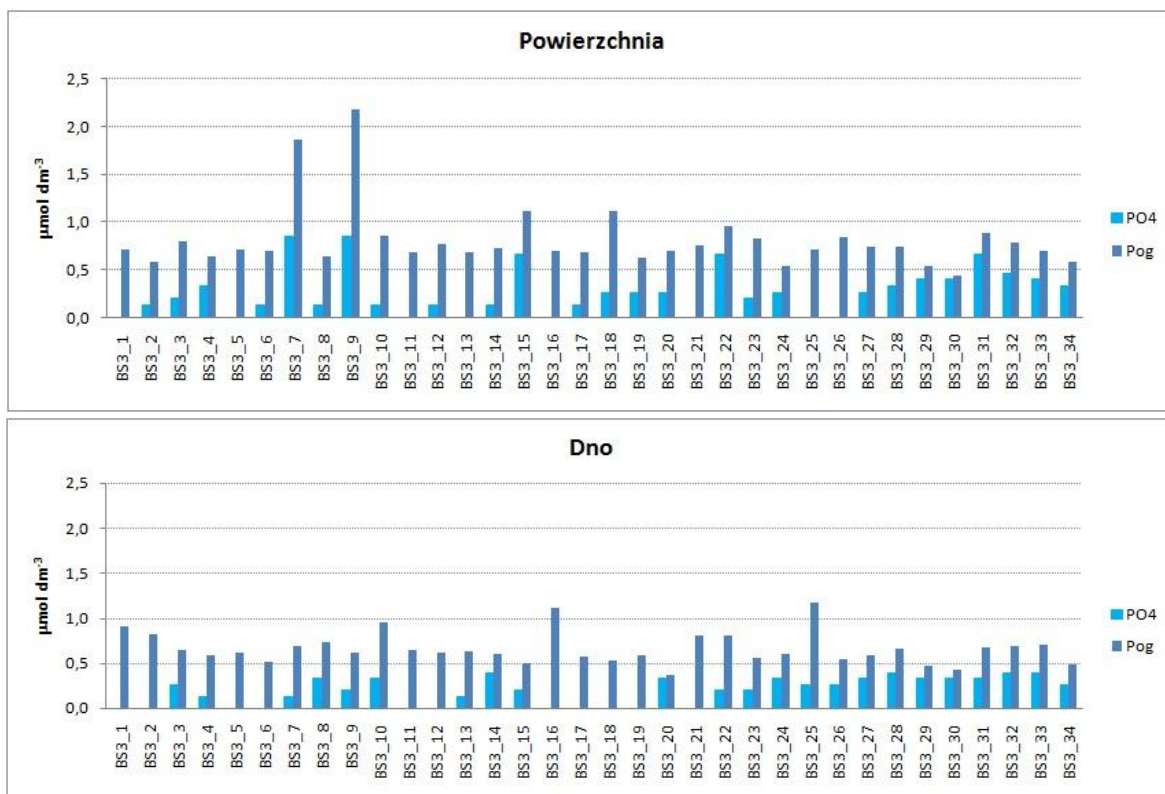
W wodzie morskiej fosfor występuje w postaci:

- rozpuszczonej nieorganicznej
- rozpuszczonej organicznej
- zawieszanej nieorganicznej
- zawieszanej organicznej.

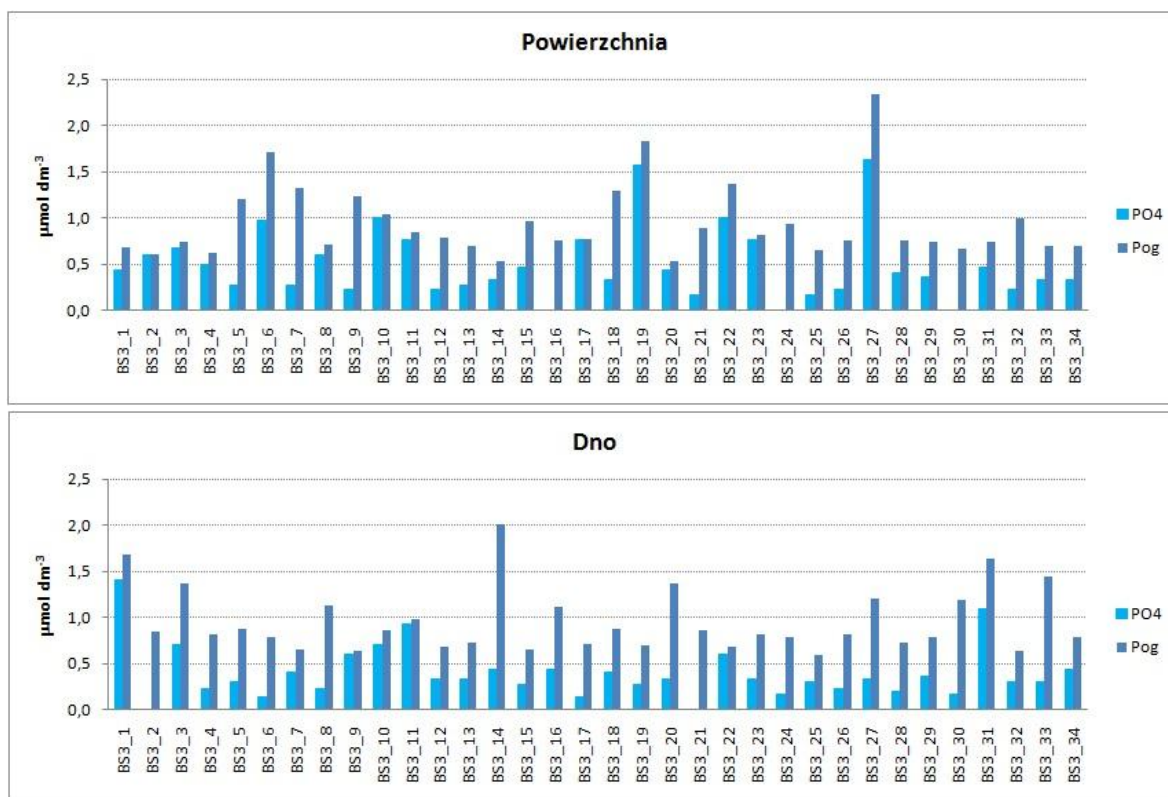
Wyróżnia się też koloidalne formy organiczne fosforu. Wszystkie formy pozostają w dynamicznej równowadze i składają się na fosfor całkowity.

Zakres stężeń fosforu ogólnego stwierdzony w analizowanych próbkach wód z obszaru MFW BŚ III wahał się w zakresie od wartości poniżej granicy oznaczalności $0,3 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $2,341 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Średnie stężenie fosforu całkowitego wyniosło odpowiednio $0,73 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w październiku 2012 r., $0,89 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lutym, $0,76 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w kwietniu, $0,49 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w lipcu, $0,59 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ we wrześniu i $0,44 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ w listopadzie. Wartości te w październiku, lutym i kwietniu przekraczają wartość graniczną dla I klasy wód ($0,646 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), ale nie przekraczają wartości granicznej dla II klasy wód ($0,968 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 9 listopada 2011 r. (Dz.U. Nr 257, poz. 1545) dla jednolitych części wód powierzchniowych, takich jak wody przybrzeżne. Jednakże Rozporządzenie określa wartości mierzone w miesiącach od czerwca do września, czyli w okresie intensywnej wegetacji, kiedy następuje znaczny spadek zawartości fosforu w wodzie. Porównując otrzymane stężenia fosforu ogólnego w miesiącach letnich z wartościami granicznymi określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. *w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych* (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545), można badany obszar MFW BŚ III zaliczyć do I klasy jakości wód (stan bardzo dobry) ze względu na zawartość fosforu ogólnego,

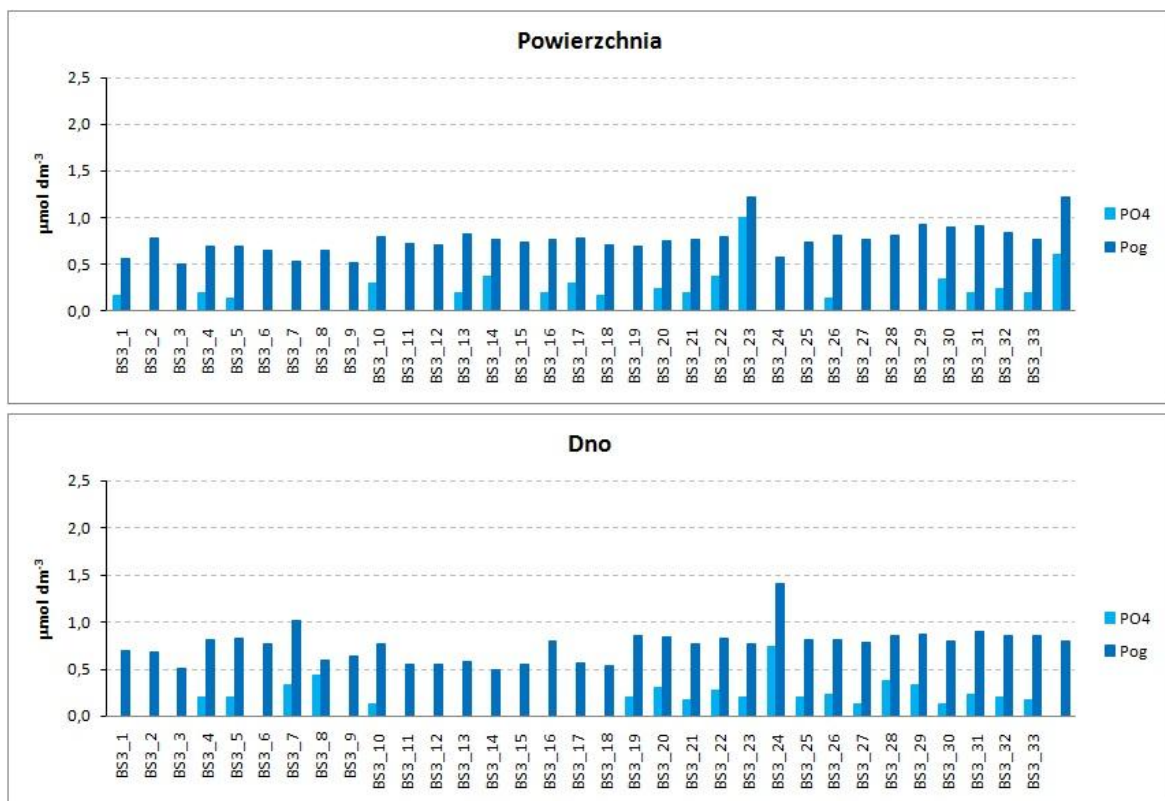
Analiza przestrzennych rozkładów stężeń fosforu ogólnego w warstwie powierzchniowej wód z obszaru BS III wykazała największą koncentrację w październiku 2012 w południowej części obszaru. Natomiast w lutym i we wrześniu 2013 r. w północno-zachodniej obszarze części BS III. Zaobserwowane różnice w przestrzennym rozkładzie fosforu są niewielkie i na podstawie przeprowadzonego zakresu badań nie można jednoznacznie stwierdzić które z czynników miały największy wpływ na zastaną sytuację. W pozostałych okresach jak również w warstwie przydennej stężenia fosforu rozkładały się dość równomiernie (Rysunek 146 - Rysunek 146).



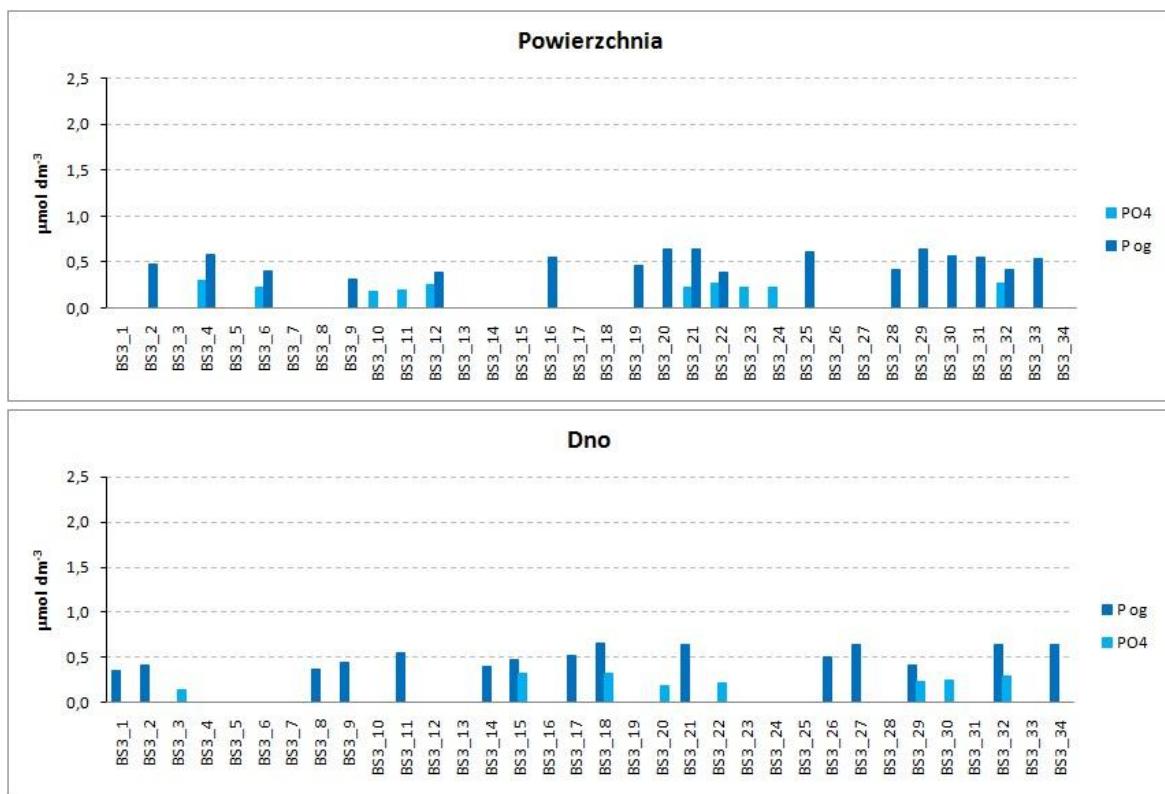
Rysunek 141. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w październiku 2012 r.



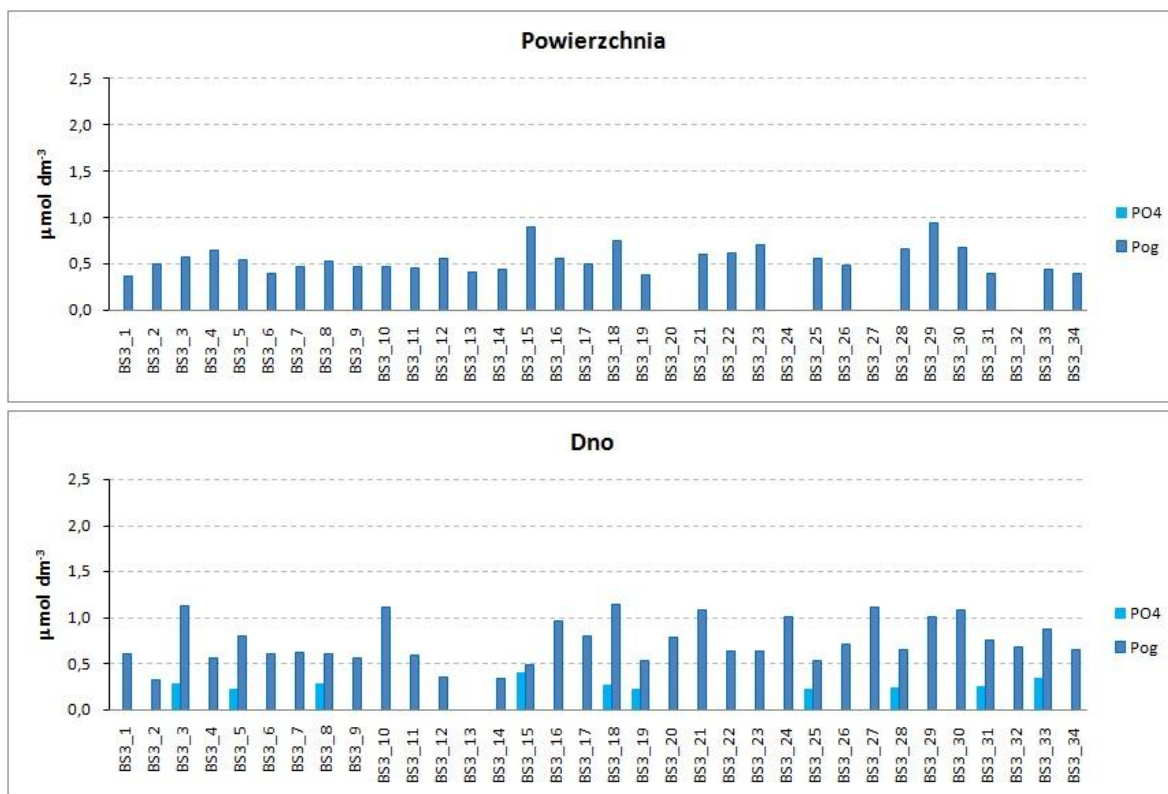
Rysunek 142. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w październiku 2012 r.



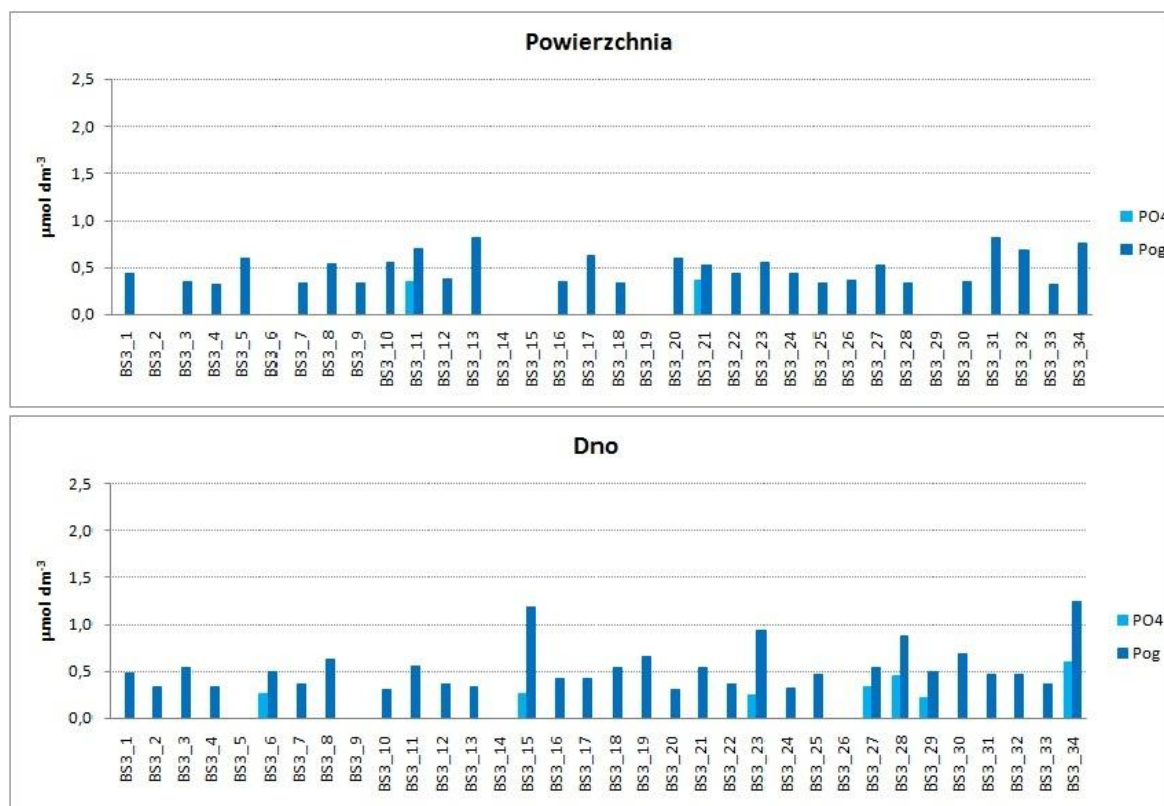
Rysunek 143. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w kwietniu 2013 r.



Rysunek 144. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w kwietniu lipcu 2013 r.



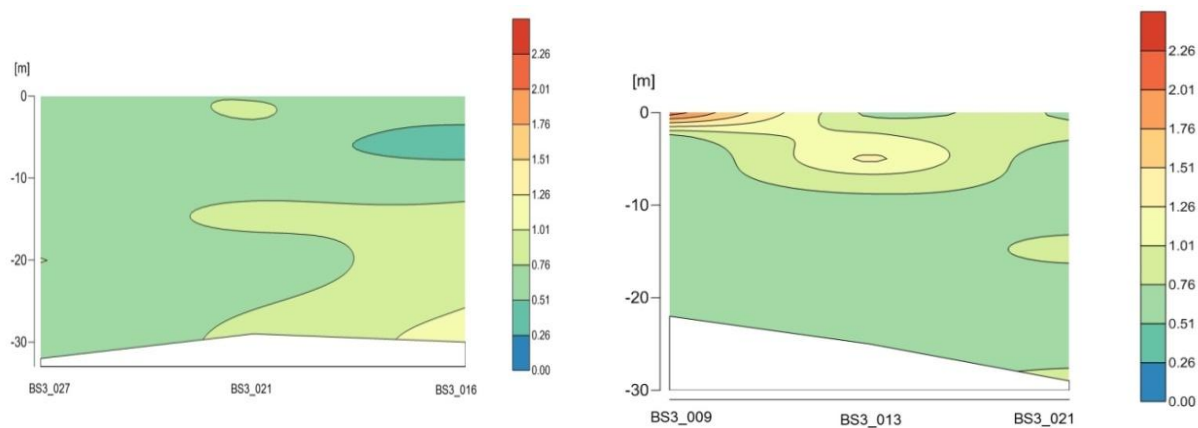
Rysunek 145. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej we wrześniu 2013 r.



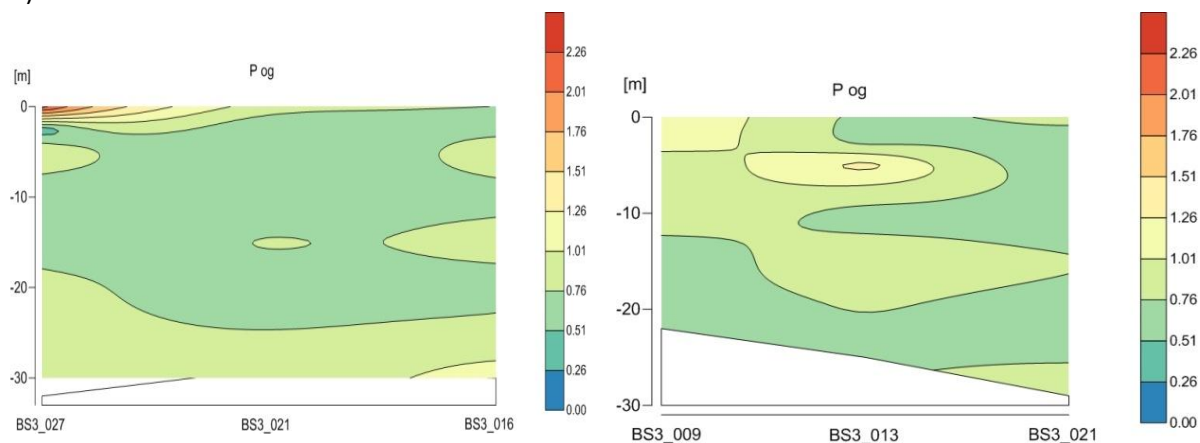
Rysunek 146. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w listopadzie 2013 r.

Zmiany zawartości fosforu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 przedstawiono na rysunkach poniżej (Rysunek 147 oraz Rysunek 148).

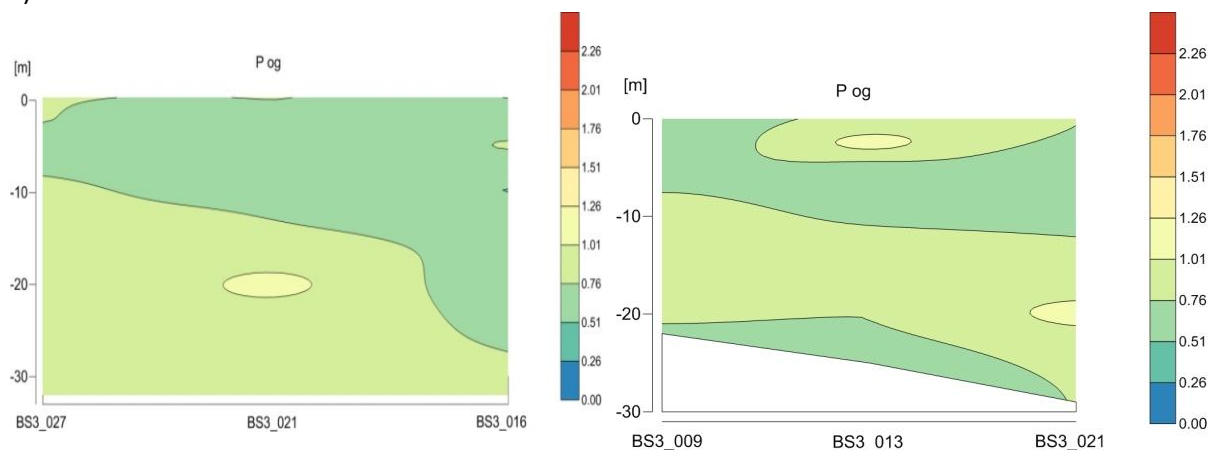
a)



b)

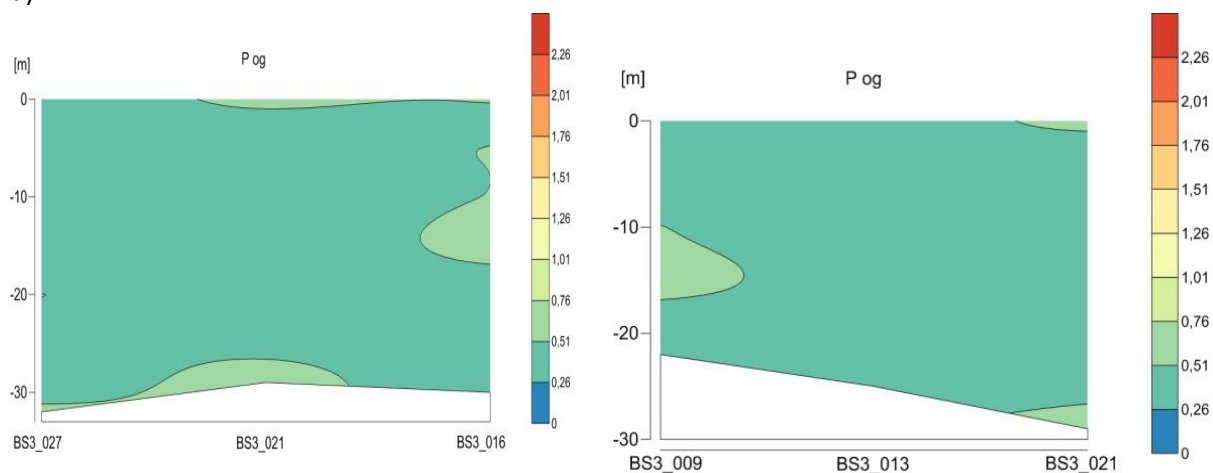


c)

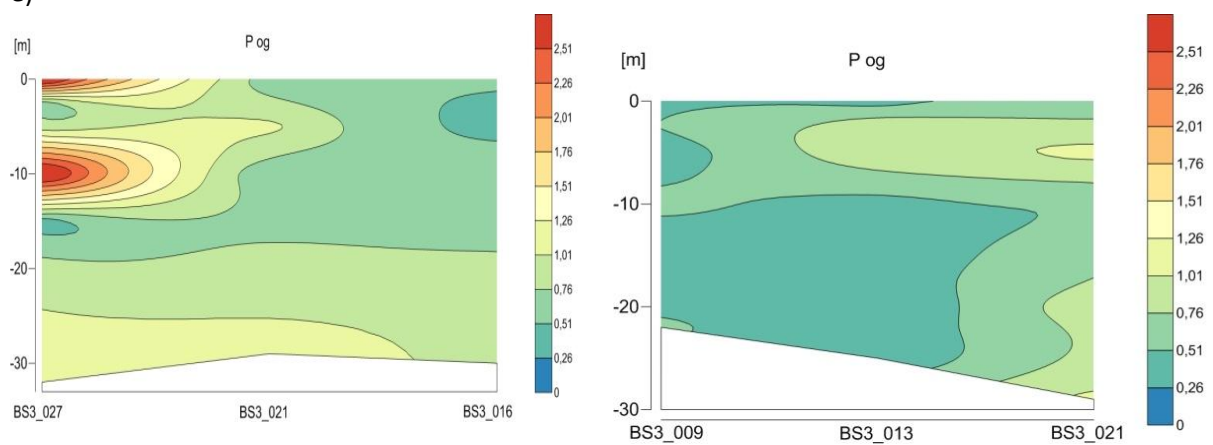


Rysunek 147. Zmiany zawartości fosforu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) i kwietniu 2013 r. (c)

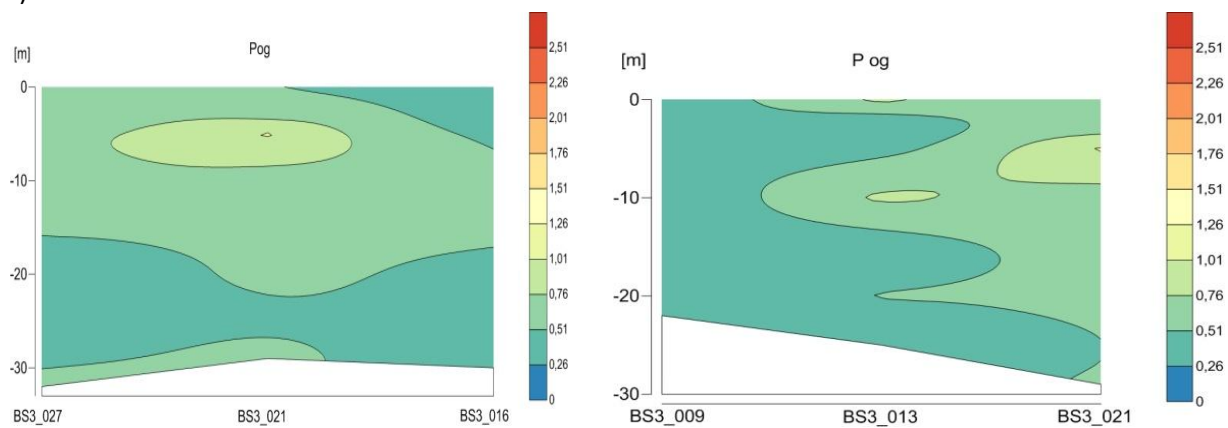
d)



e)



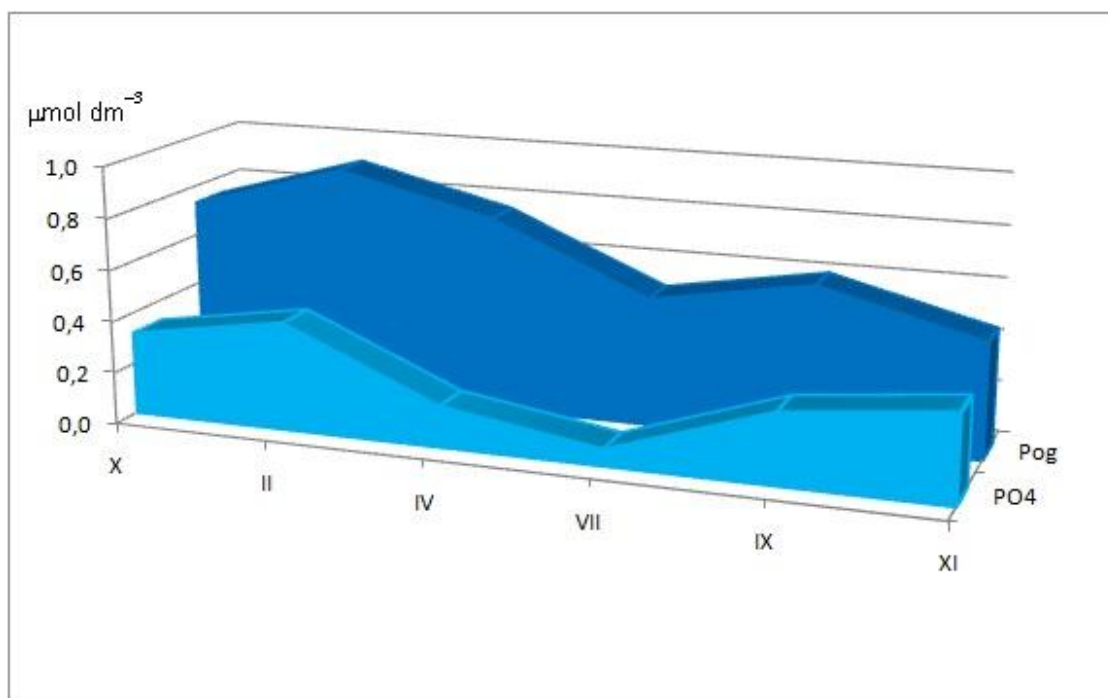
f)



Rysunek 148. Zmiany zawartości fosforu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d), wrześniu (e) i listopadzie 2013 r. (f)

Analizując sezonową zmienność związków fosforu w wodach badanego rejonu, stwierdzono, że najwyższe stężenia fosforanów w większości analizowanych próbek wód stwierdzono w lutym, czyli w okresie kiedy odbudowuje się pula biogenów w wodach Morza Bałtyckiego (Rysunek 149). Nehring i Artebjerg (1996) oraz Nausch i in. (1999) podają stężenie fosforanów w okresie od stycznia do marca w latach 1989-1993 w powierzchniowych wodach odpowiednio: w Morzu Arkońskim $0,61 \pm 0,17 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$; Basenie Bornholmskim $0,64 \pm 0,18 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz w zachodniej części Morza Gotlandzkiego $0,67 \pm 0,11 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Natomiast Nausch i Nausch (2011) podają zawartość fosforanów $0,11-0,31 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ w okresie letnim w południowej części Bałtyku Właściwego. W listopadzie 2010 roku w wodach południowego Bałtyku stwierdzono zawartość fosforanów około $0,5 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Zalewska i in., 2012).

Zawartość fosforu ogólnego w październiku, lutym i kwietniu (Rysunek 149) przekracza wartość graniczną dla I klasy wód ($0,646 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), ale nie przekracza wartości granicznej dla II klasy wód ($0,968 \mu\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 9 listopada 2011 r. (Dz.U. Nr 257, poz. 1545) dla jednolitych części wód powierzchniowych, takich jak wody przybrzeżne. Jednakże Rozporządzenie określa wartości mierzone w miesiącach od czerwca do września, czyli w okresie intensywnej wegetacji, kiedy następuje znaczny spadek zawartości fosforu w wodzie.



Rysunek 149. Zmiany sezonowe średnich stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w badanym okresie od października 2012 r. do listopada 2013 r.

5.1.6 Zawartość substancji szczególnie szkodliwych

Fenole i cyjanki (wolne i związane)

Źródłem zanieczyszczenia wód powierzchniowych zarówno śródlądowych, jak i morskich są ścieki przemysłowe, komunalne i rolnicze. Zanieczyszczenia przede wszystkim pochodzą z miast, osiedli,

miejsowości i zakładów przemysłowych położonych i działających bezpośrednio na wybrzeżu. Duży udział ma również spływ wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń wraz z wodami rzek.

Ścieki przemysłowe są bardzo zróżnicowane, gdyż ich charakter i stężenie związków zanieczyszczających zależą od procesu produkcyjnego i stosowanych surowców.

Do jednych z najczęściej spotykanych składników ścieków przemysłowych należą m.in. fenole i cyjanki – substancje zaliczane do szczególnie trujących. Cyjanki powstają jako produkty uboczne np. w przemyśle galwanizacyjnym.

Fenole stanowią obszerną grupę hydroksylowych pochodnych węglowodorów aromatycznych, w których grupa chemiczna związana jest z atomem węgla pierścienia aromatycznego. Najbardziej znanym przedstawicielem grupy jest fenol, a następnie krezole, naftole, benzenodiol i benzenotriol. Fenole są produktami pochodzącymi z zakładów przeróbki paliw stałych i płynnych, z syntezy organicznej, rafinerii, koksowni, garbarni, przetwórstwa drzewnego i włókna syntetycznego oraz z wytwórni tworzyw sztucznych. Są jedynymi z najbardziej uciążliwych składników ścieków. Ich obecność w wodzie jest toksyczna dla organizmów, a występowanie nawet w małych ilościach utrudnia bądź wręcz uniemożliwia gospodarkę rybacką. Fenol wchłania się przez drogi oddechowe, przez skórę oraz z przewodu pokarmowego. Stężenie śmiertelne dla skorupiaków wynosi $125 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Natomiast graniczne stężenie toksyczne dla glonów to $7,5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, dla ryb $5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, a dla skorupiaków $3,9 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Stężenie fenolu wynoszące $5,6 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ powoduje obniżenie o 75% zdolności nityfikacyjnej osadu.

Natomiast dopuszczalne zanieczyszczenia śródlądowych wód powierzchniowych jonem cyjanowym dla wszystkich klas czystości wód wynosi $0,01 \text{ mg CN}\cdot\text{dm}^{-3}$. Stężenie śmiertelne dla niższych organizmów waha się od 0,1 do $10 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Graniczne stężenie toksyczne dla skorupiaków wynosi $3,4 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Jon cyjanowy ogranicza także procesy nityfikacji na złożach biologicznych. Cyjanki sodu i potasu należą do jednych z najbardziej toksycznych substancji.

W próbkach wód pobranych z obszaru MFW BŚ III obecność fenoli stwierdzono w 26 próbkach. W 14 analizowanych próbkach stężenia fenoli były nieznacznie wyższe ($\geq 0,009 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Były to punkty: BS3_9, BS3_10, BS3_12, BS3_13, BS3_15, BS3_19, BS3_21, BS3_28, BS3_29, BS3_30, BS3_31, BS3_32, BS3_33, BS3_34. Generalnie oznaczona zawartość fenoli wahała się od stężeń poniżej granicy oznaczalności $0,002 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $0,022 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Najwyższe wartości stwierdzono na stacji BS3_13 przy dnie. Średnie stężenie wyniosło $0,009 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i zawiera się w przedziale $\leq 0,01 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, co zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 09 listopada 2011 r. (Dz.U. 2011, nr 257, poz. 1545) plasuje analizowany rejon w I klasie jakości wód powierzchniowych (jedynie na podstawie zawartości fenoli). Stężenia fenoli stwierdzone we wszystkich badanych próbkach wód są znacznie niższe niż graniczne stężenia toksyczne wyznaczone dla organizmów żywych (76/464/EWG).

We wszystkich analizowanych próbkach wód z obszaru MFW BŚ III zawartość cyjanków zarówno wolnych jak i związanych była poniżej granicy oznaczalności $0,005 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Metale (Pb, Cd, Cr, Cr(VI), As, Ni, Hg)

Spośród wielu zanieczyszczeń występujących w wodach powierzchniowych na szczególną uwagę zasługują metale. Przedmiotem zainteresowania wielu badaczy są przede wszystkim metale ciężkie (śladowe): Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn, związane z problemami skażenia i toksyczności (Alloway i Ayres, 1999; Niargu, 1988; Pempkowiak i in., 2000)

Metale mogą trafić do środowiska z licznych źródeł antropogenicznych, jak również na skutek naturalnych procesów geochemicznych. Porównując produkcję metali ciężkich w 1930 i 1985 roku oraz ich globalną emisję do gleby w latach osiemdziesiątych, można stwierdzić, że w ciągu 55 lat wzrosła produkcja prawie wszystkich metali (Niargu, 1988, Dembska i in., 2006). Największy wzrost odnotowano w produkcji niklu (35 razy), następnie chromu (17 razy) i kadmu (14 razy). Większa od produkcji rocznej emisja do gleby w przypadku kadmu i rtęci jest prawdopodobnie spowodowana przez dodatkową emisję tych pierwiastków do atmosfery, skąd wraz z opadem trafiają one do wód i gruntów. Jednym z głównych źródeł rtęci w środowisku jest spalanie naturalnych materiałów energetycznych – węgla i ropy naftowej. Np. przy rocznym zużyciu węgla w ilości 3 mld, ton do atmosfery może przedostać się ok. 720 ton rtęci rocznie. Rtęć może dostawać się do atmosfery również w wyniku działalności wulkanicznej (Dojlido, 1995). W przypadku kadmu zaś największy udział w przemysłowym zanieczyszczeniu tym pierwiastkiem mają emisje z hut cynku, niklu oraz innych metali nieżelaznych, co stanowi ponad 60% wszystkich źródeł antropogenicznych. Kadm dostaje się do gleb także z nawozami fosforowymi (Directive 76/464 EEC)

Źródła zanieczyszczeń wód można podzielić na punktowe oraz obszarowe. Źródła punktowe to głównie zrzuty ścieków, a powierzchniowe to wszelkie nie skanalizowane spływy powierzchniowe z pól lub obszarów zurbanizowanych. Główne rodzaje ścieków odprowadzanych do wód to ścieki komunalne, burzowe oraz przemysłowe (Podemski, 2004). Ważnym źródłem zanieczyszczeń wód powierzchniowych są również zanieczyszczenia atmosferyczne, które z wodami opadowymi czy opadami pyłu trafiają do wód i osadów. Jakość wód powierzchniowych zależy od rodzaju i ilości zanieczyszczeń odprowadzanych do rzek oraz od podatności rzek na degradację i zdolności do samooczyszczania.

Do oceny jakości i stopnia zanieczyszczenia wód stosuje się wiele różnorodnych wskaźników, które pozwalają rozpoznać stopień zanieczyszczenia wody i ocenić ich przydatność do użytkowania. W maju 1976 roku Unia Europejska przyjęła dyrektywę 76/464/EEC (Lekkas i in., 2004; Directive 76/464 EEC) w sprawie zanieczyszczenia spowodowanego przez niektóre niebezpieczne substancje odprowadzane do środowiska wodnego Wspólnoty. Dyrektywa ta wyodrębniła dwie listy substancji niebezpiecznych (Lista I i Lista II) oraz nałożyła na państwa członkowskie obowiązek eliminacji zanieczyszczenia wód niebezpiecznymi substancjami z Listy I (w zakresie metali to Hg i Cd) oraz zmniejszenia zanieczyszczenia wspomnianych wód niebezpiecznymi substancjami z Listy II (spośród metali wyodrębniono Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Se, As, Sb, Mo, Ti, Sn, Ba, Be, B, U, V, Co, Tl, Te, Ag). Do badań przedinwestycyjnych w obszarze MFW BŚ III wytypowano metale szczególnie szkodliwe, oraz takie, które mogą przedostać się do środowiska w czasie budowy i eksploatacji farm wiatrowych (Pb, Cd, Cr, Cr(VI), As, Ni, Hg).

Badane metale w wodach pola BŚ III występowały na bardzo niskim poziomie (poniżej granicy oznaczalności): Pb - poniżej $0,005 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Cd – poniżej $0,0001 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Cr og. – poniżej $0,005 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Cr (VI) – poniżej $0,005 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, As – poniżej $0,0005 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Ni – poniżej $0,005 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Hg – poniżej $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Jedynie w dwóch próbkach wód ze stacji BS3_3/dno oraz BS3_21/20 stwierdzono niewielką zawartość rtęci na poziomie od $0,00002$ do $0,00004 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Porównując otrzymane wyniki z wartościami granicznymi dla wód powierzchniowych zamieszczonymi w zał. 6 i 9 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. (Dz.U 2011, Nr 257, poz. 1545) stwierdzono, że żaden z badanych metali nie przekracza wartości dopuszczalnych, które wynoszą

odpowiednio: Pb - $\leq 0,0072 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Cd- $0,0002 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Cr og. - $\leq 0,05 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Cr (VI) - $\leq 0,02 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, As - $\leq 0,05 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Ni - $0,020 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Hg - $0,00005 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

Do początków tego wieku istniała równowaga pomiędzy produkcją i naturalnym rozpadem WWA, co sprawiało, iż poziom tła był niski i ustalony. Gwałtowny rozwój przemysłu naruszył tę równowagę, co doprowadziło do stale zwiększającego się poziomu produkcji i akumulacji tych związków w środowisku. Obecnie znaleźć je można w powietrzu, wodzie, osadach, żywności, dymie papierosowym i paliwach kopalnych. Mogą pochodzić zarówno ze źródeł naturalnych jak i antropogennych. Są to związki zawierające od 2 do 13 pierścieni aromatycznych w cząsteczce w ułożeniu liniowym, klasterowym lub kątowym. W przyrodzie występują w najrozmaitszych formach strukturalnych, obejmując duży zakres mas molowych. Izolowane z próbek środowiskowych są mieszaniną złożoną z więcej niż stu indywidualów chemicznych występujących w różnych stężeniach. Zgodnie z definicją zawierają one w cząsteczkach wyłącznie węgiel i wodór. Atomy węgla w pierścieniu mogą być jednak łatwo podstawione przez atomy azotu, siarki i tlenu. W efekcie powstają wówczas heterocykliczne węglowodory aromatyczne.

Wiele związków z tej grupy ma silne własności rakotwórcze i mutagenne (IARC, 1983). Te własności jak również fakt, że substancje te są szeroko rozpowszechnione w środowisku wpłynęły na to, że monitorowanie WWA stało się priorytetowym zadaniem, we wszystkich przedsięwzięciach dotyczących oceny zagrożeń dla zdrowia ludzkiego oraz środowiska (Namieśnik, 1992; Monoli i in., 2000).

WWA mogą dostawać się do wód wraz z zanieczyszczeniami atmosferycznymi (pyłami) z deszczem czy śniegiem, ściekami przemysłowymi i komunalnymi, spływami z dróg, osadami i wodą ściekową z kanałów burzowych w miastach, wodami balastowymi, zanieczyszczeniami olejowymi związanymi z normalną eksploatacją statków, rozsypami i pyłem powstającym podczas operacji przeładunku i transportu i substancjami wprowadzanymi podczas awaryjnego zanieczyszczenia produktami ropopochodnymi, czy wreszcie poprzez naturalne przesączanie się ropy ze złóż naturalnych i wybuchy wulkanów (procesy pirolityczne) (Sontag, 1981). Ich obecność w wodach jest prostą funkcją rozpuszczalności. Rozpuszczalność z kolei zależy od charakteru chemicznego danego związku oraz od takich parametrów fizykochemicznych wody jak temperatura, pH, stopień zasolenia, zawartość substancji organicznych oraz innych, czyli parametrów, których wartości w przypadku wód morskich mogą podlegać okresowym fluktuacjom.

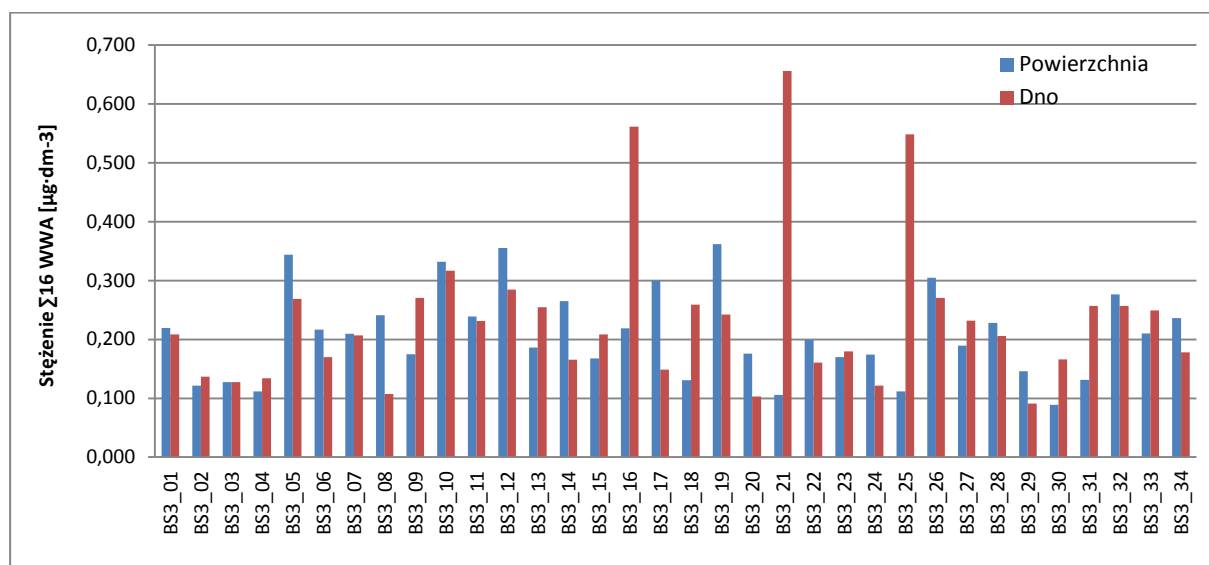
Poszczególne węglowodory wchodzące w skład mieszaniny WWA, różnią się zdolnością do utleniania, sorpcją, lotnością, rozpuszczalnością w wodzie, a także toksycznością. Ogólnie cechują się one dużymi masami cząsteczkowymi oraz małą rozpuszczalnością w wodzie, co wynika z ich dużej lipofilności. Wartości logarytmu współczynnika podziału oktanol-woda ($\log K_{ow}$) wahają się dla nich w zakresie od 3 do 7 (śr. 5,6). WWA o wartości $\log K_{ow}$ równej 4 lub mniejszej (naftalen, fenantren) są zdolne do przejścia przez błony komórkowe do lipofilnych kompartmentów wewnątrz komórek, co wpływa na ich dostępność dla korzeni roślin. WWA o większych wartościach $\log K_{ow}$ preferencyjnie przechodzą do frakcji humusu w glebie lub sedymentują i ulegają absorpcji przez osad denny w środowiskach wodnych (Wójcik i in., 2005).

Hydrofobowe własności WWA są przyczyną ich silnej tendencji do sorpcji na cząstkach zawieszonych w środowisku wodnym w postaci materii zawieszonych (Suspended Particulate Matter - SPM),

koloidów, ale także sorbowane są one przez cząstki takie jak kwasy humusowe i fulwowe, proteiny i tłuszcze tworząc materiał rozpuszczony (Dissolved Organic Materials - DOM) (The determination of specific PAH 1985).

WWA obecne w wodzie mogą ulegać wielu przemianom jak i w znacznym stopniu oddziaływać na środowisko. Zakres oddziaływania zależy od przemian jakim związki te ulegają. Mogą to być procesy abiotyczne, takie jak sorpcja, wymywanie, utlenianie, fotodegradacja i reakcje z innymi związkami, oraz procesy biologiczne jak przemiany mikrobiologiczne. Mogą działać hamująco lub stymulująco na rozwój mikroorganizmów, fitotoksycznie lub stymulująco na wzrost roślin i toksycznie na faunę (Galer i in., 1997).

Poniżej przedstawiono graficznie (Rysunek 150) poziom zanieczyszczeń wody warstwy powierzchniowej i przydennej pobranych z obszaru MFW BŚ III, związkami z grupy WWA (suma 16 analitów). Wyniki stężeń WWA dla wszystkich próbek pobranych z obszaru MFW BŚ III zawierają się w przedziale od 78 do 800 ng·dm⁻³, przy czym największa wartość osiągnięta w punkcie pomiarowym BS3_16/20m. Wartości stężeń WWA w warstwie powierzchniowej wahają się od 112 do 362 ng·dm⁻³ (wartość średnia: 0,208 ng·dm⁻³), a dla próbek wody przydennej od 91-656 ng·dm⁻³ (wartość średnia: 0,235 ng·dm⁻³).



Rysunek 150. Stężenie sumy 16 WWA [μg·dm⁻³] w próbkach wód ze wszystkich punktów pomiarowych dla warstwy powierzchniowej i przydennej obszaru MFW BŚ III

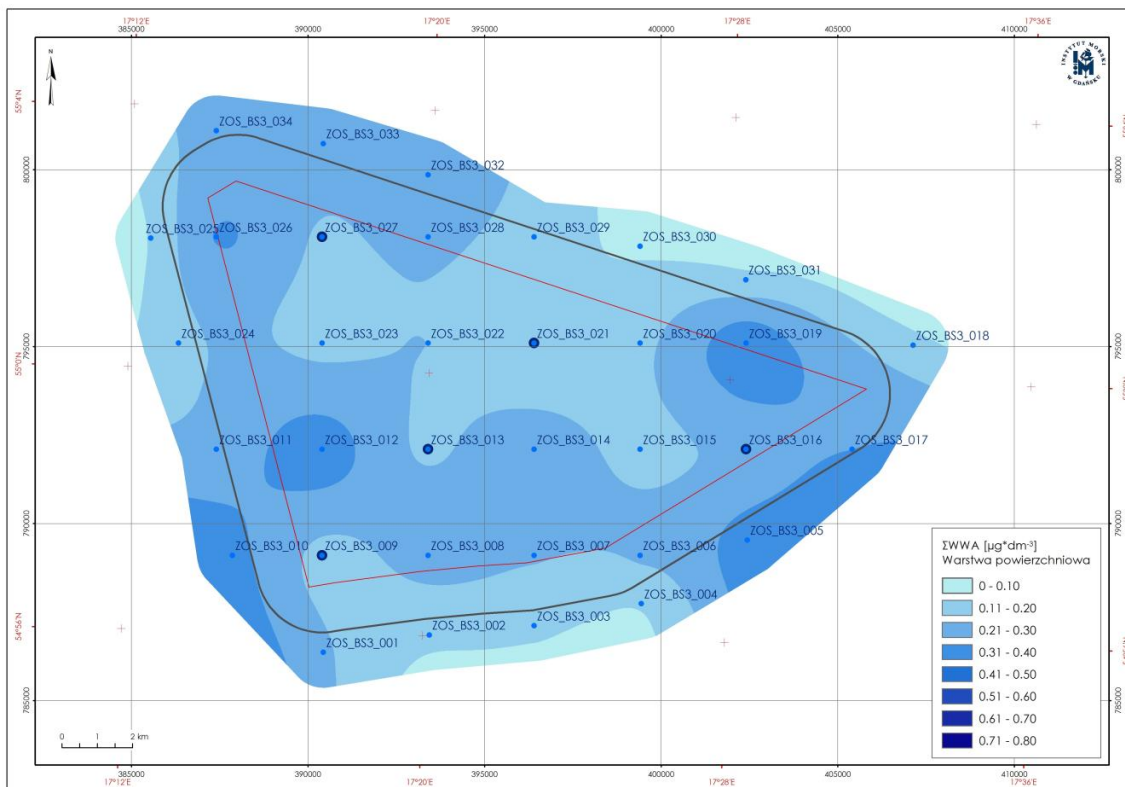
Z wieloletnich obserwacji wynika, że stężenie WWA w wodach Morza Bałtyckiego charakteryzuje cykl zmian sezonowych, uzyskując najwyższe stężenia w miesiącach zimowych i obniżając się po wiosennym rozkwicie glonów, osiągając najniższe stężenia latem, by ponownie wzrosnąć w miesiącach późnojesiennych. Taki cykl jest zgodny ze zmianami temperatury, ilości materii zawieszanej w wodzie, oraz ilości źródeł tych związków w środowisku (spalanie) (Witt, 2002).

Według danych literaturowych fenantren, fluoranten i piren stanowią główne składniki badanej mieszaniny WWA na powierzchni wody Morza Bałtyckiego (Witt, 2002), co potwierdzają także nasze wyniki badań.

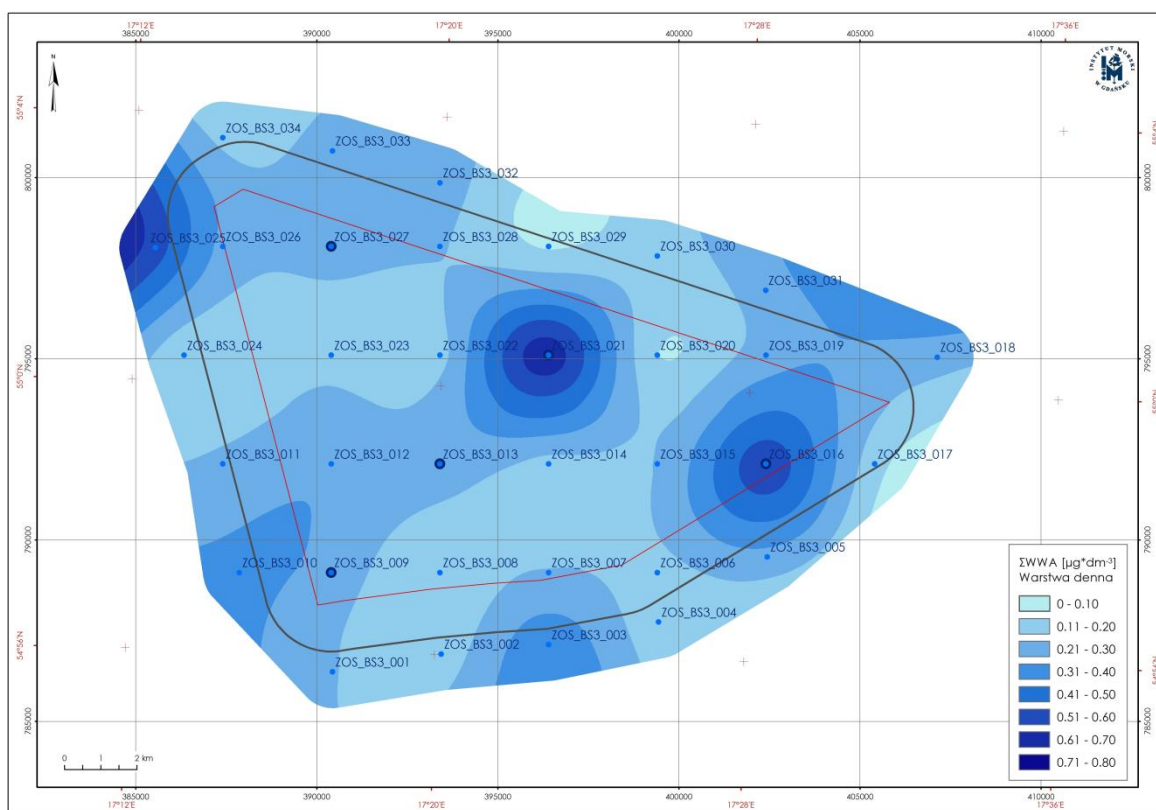
Na rysunkach poniżej (Rysunek 151 - Rysunek 156) przedstawiono przykładowe rozkłady stężeń sumy WWA, fluorantenu i pirenu w obszarze pola MFW BŚ III w powierzchniowej i przydennej warstwie wody. W powierzchniowej warstwie wody obserwuje się wzrost stężeń tych związków w części wschodniej, przechodzące przez część centralną i rozchodzące się w kierunku południowo-wschodnim i północno-zachodnim obszaru BŚ III, co koreluje z obecnością węgla organicznego (OWO) w powierzchniowej warstwie wody. W przydennej warstwie wody obserwuje się wzrost stężenia tych związków w sposób punktowy w części wschodniej, centralnej i północno-zachodniej badanego obszaru.

Podobny obraz uzyskuje się obserwując przestrzenne rozkłady stężeń fluorantenu, fenantrenu, pirenu, antracenu, benzo(a)antracenu i chryzenu. Stężenia pozostałych związków z tej grupy (5, 6 pierścieni w cząsteczce) w większości wykryte poniżej granicy oznaczalności nie nadają się do interpretacji.

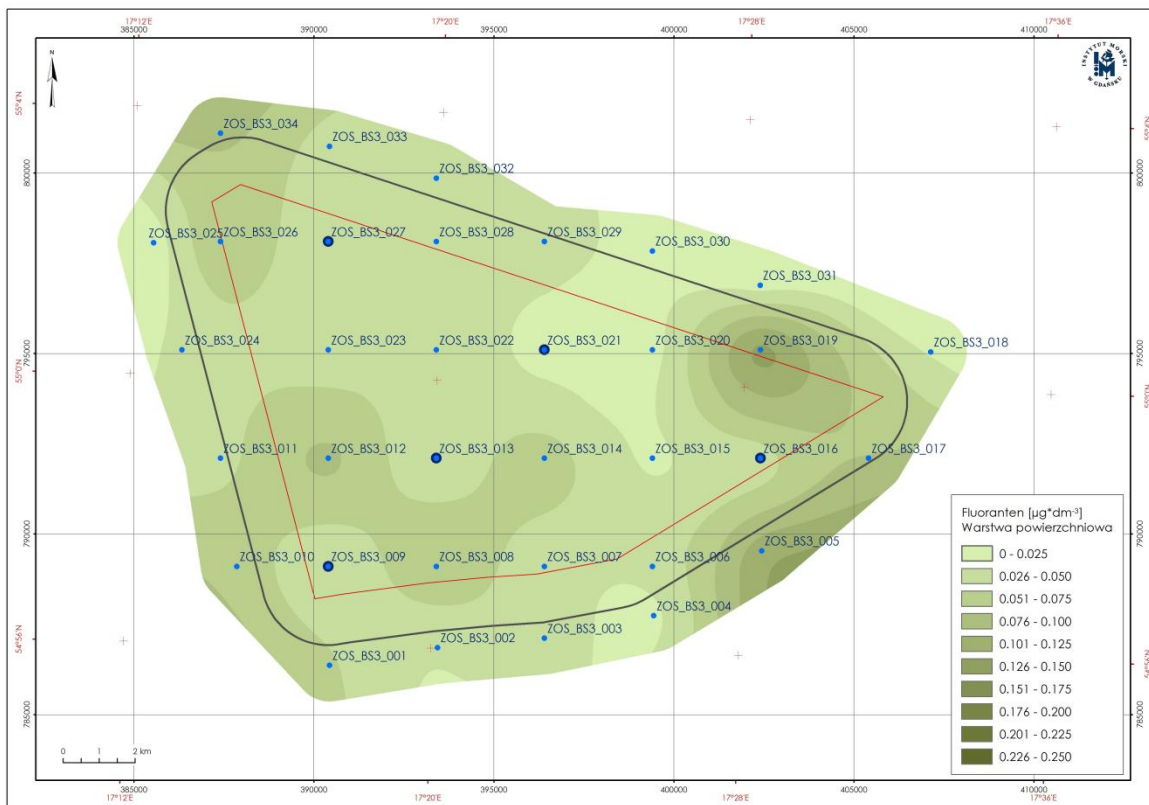
Wieloletnie badania monitoringowe powierzchniowych wód Morza Bałtyckiego w jego zachodniej i środkowej części wykazywały stosunkowo niskie stężenia wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Opublikowane w 2002 roku, przez HELCOM „COMBINE monitoring programme”, dane z lat 1994-1998, dotyczą stężeń pojedynczych WWA. Mieszczą się w zakresie od 4,5 do 2 pg·dm⁻³. Dla tych analiz średnie stężenie dla 2- do 4-pierścieniowych WWA (od naftalenu do chryzenu) na otwartym morzu wynosiło od 0,02 do 2,1 ng·dm⁻³. Natomiast średnie stężenia bardziej lipofilowych, 5 do 6-pierścieniowych związków (od benzo(b)fluorantenu do benzo(ghi)perylenu) wynosiło tylko od <0.005 do 0.15 ng·dm⁻³. Różnice w stężeniach widoczne są szczególnie dla bardziej lipofilowych, czyli silnie absorbowanych na powierzchni zawiesiny, flory, fauny czy osadów. Podczas tego programu ustalono także, że znacznie wyższe stężenia obserwuje się w okresie zimowym, co można tłumaczyć większą ilością źródeł WWA pochodzących ze spalania, wolniejszej degradacji. Natomiast w płytkich wodach ich stężenie spada także z powodu zmniejszonej zawartości materii zawieszonych, spowolniony jest proces adsorpcji i osadzania się na dnie w postaci osadu dennego (depozycja) (HELCOM, BSEP, 82B, 2002; Witt, 2002).



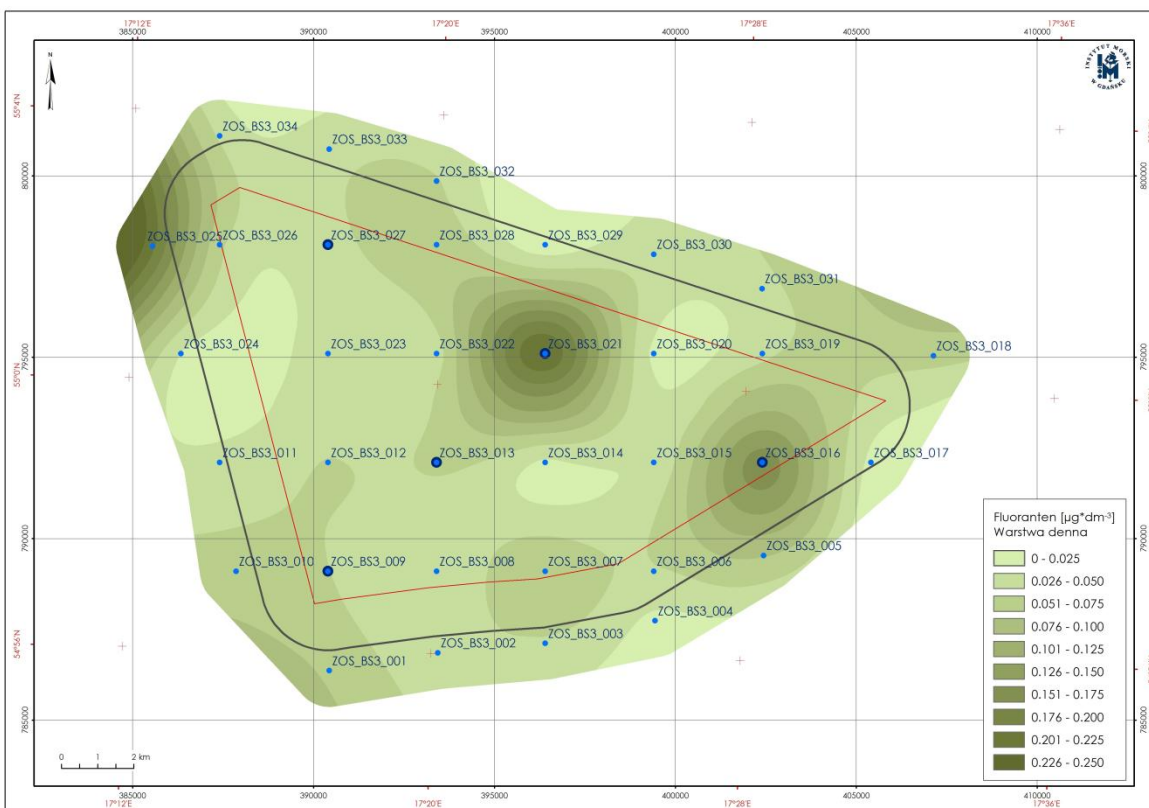
Rysunek 151. Przestrzenny rozkład stężeń sumy WWA w warstwie powierzchniowej



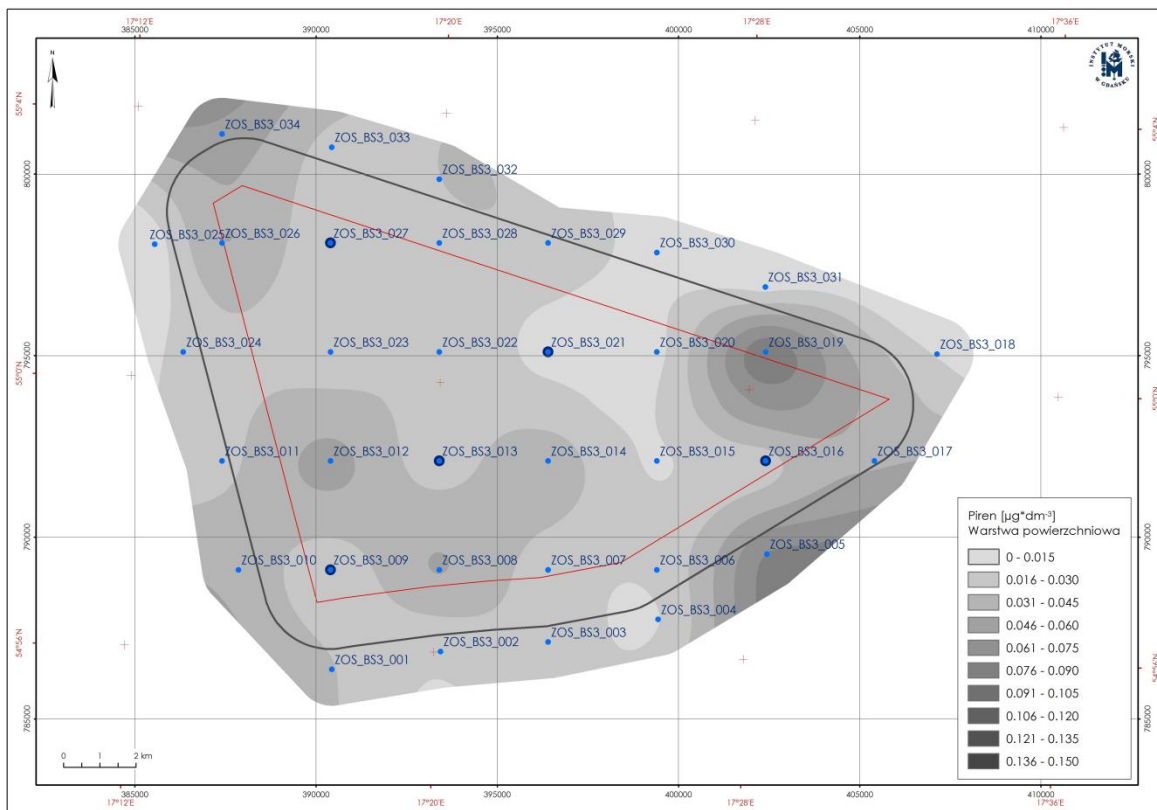
Rysunek 152. Przestrzenny rozkład stężeń sumy WWA w warstwie przydennej



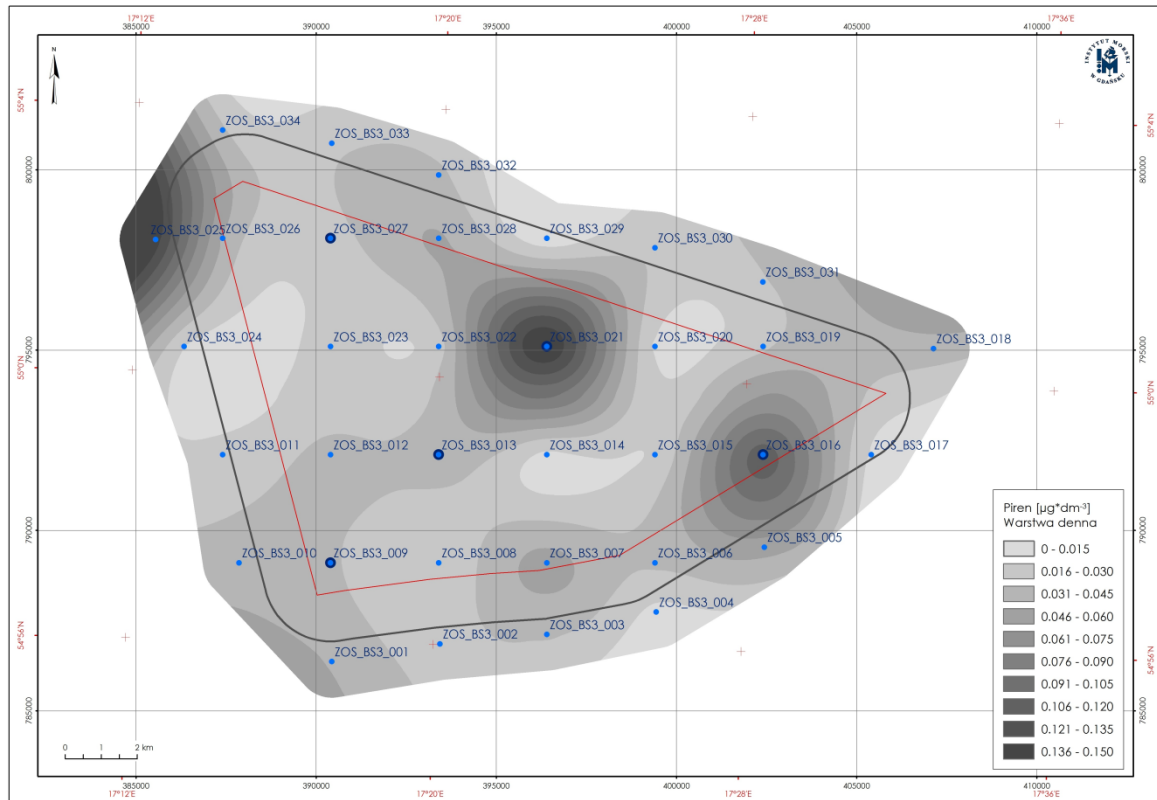
Rysunek 153. Przestrzenny rozkład stężeń fluorantenu w warstwie powierzchniowej



Rysunek 154. Przestrzenny rozkład stężeń fluorantenu w warstwie przydennej



Rysunek 155. Przestrzenny rozkład stężeń pirenu w warstwie powierzchniowej

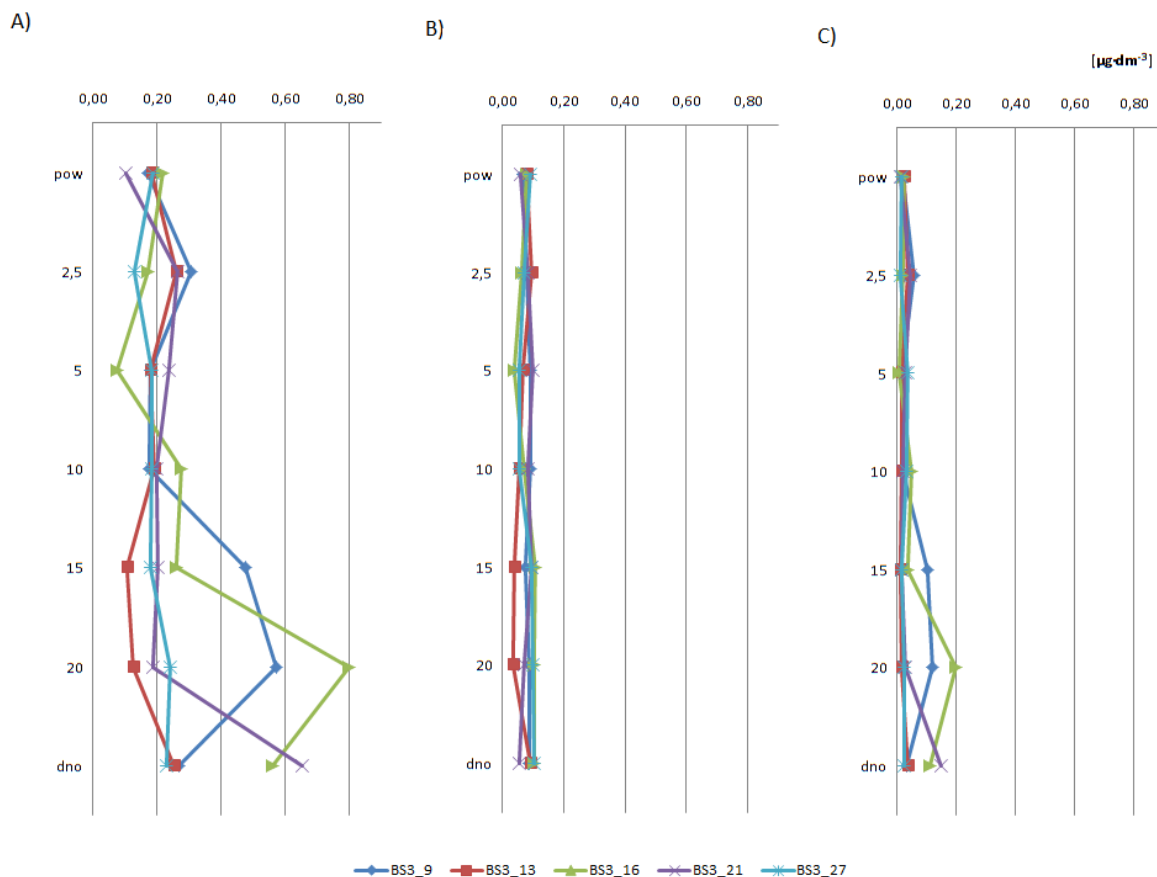


Rysunek 156. Przestrzenny rozkład stężeń pirenu w warstwie przydennej

Otrzymane wyniki badań WWA w wodach z obszaru MFW BŚ III charakteryzują się dysonansem w stężeniach 2-4 pierścieniowych WWA i 5-6 pierścieniowych WWA. Stężenie tych drugich kształtuje się dla większości prób poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody. Zaobserwowano natomiast ogólny wzrost stężeń w porównaniu ze wspomnianym wyżej okresem. Wzrost stężeń WWA w wodzie, być może spowodowany jest opadem pyłu wulkanicznego po erupcji wulkanu *Eyjafjallajökull* w południowej Islandii (20 marca 2010 r.), który opadł na niemalże całą powierzchnię Morza Bałtyckiego. Niestety brak danych literaturowych dotyczących stężeń WWA w wodach Bałtyku po tym wydarzeniu, do których można by się odnieść. Poza tym trudno porównywać wyniki uzyskane różnymi metodami badawczymi podawanymi przez autorów – chodzi tu głównie o izolowanie lub nie izolowanie materii zawieszanej podczas przygotowania próbek.

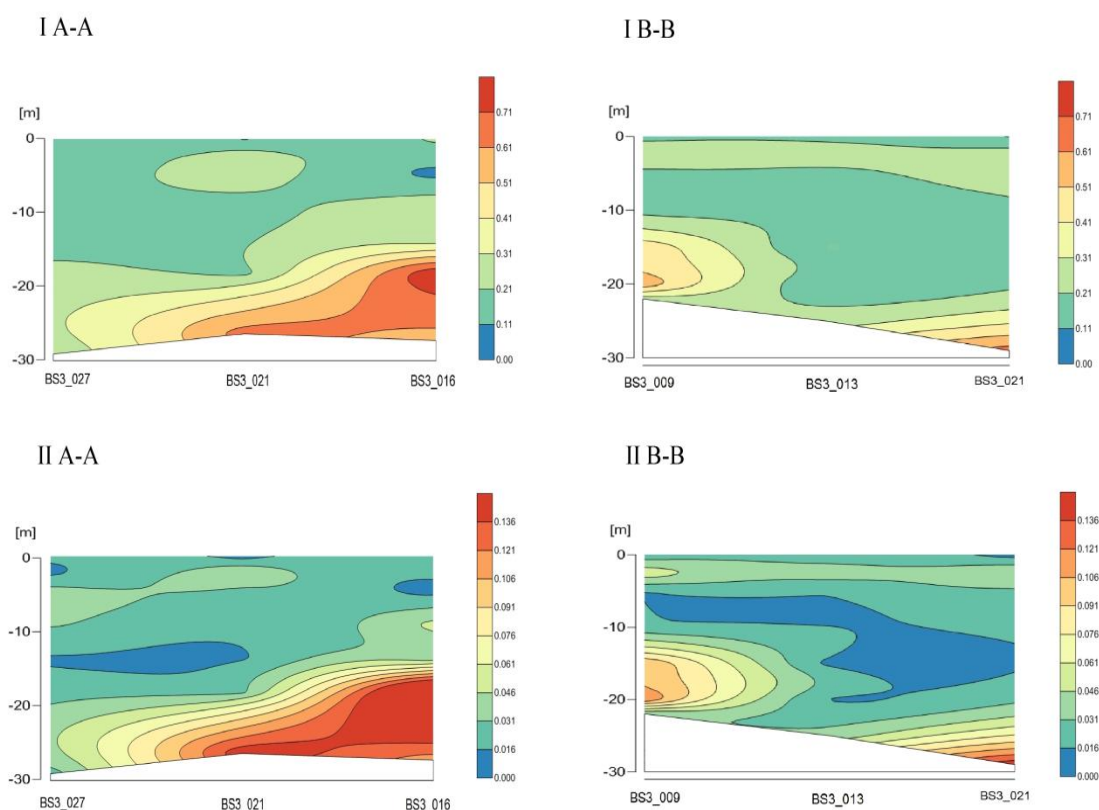
Porównując otrzymane wyniki z wartościami granicznymi wskaźników jakości wód odnoszącymi się do jednolitych części wód powierzchniowych takich jak morskie wody wewnętrzne, wody przejściowe i przybrzeżne określonymi w załącznikach nr 9 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2011 r. Nr 257, poz. 1545), stwierdzono, że określone granice stężeń dla naftalenu ($1,2 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ średniorocznie), benzo(a)piranu ($0,05 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), sumy benzo(b)fluorantenu i benzo(k)fluorantenu ($0,03 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), sumy benzo(g,h,i)teryleny i indeno(1,2,3,c,g)pirenu (wartość graniczna - $0,002 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) nie zostały przekroczone dla żadnej z pobranych próbek.

Zsumowane stężenia 16 WWA (Rysunek 157) układają się w głąb równomiernie z wyraźnie zarysowanym wzrostem stężeń w warstwie poniżej 15 m głębokości. Pionowy rozkład stężeń naftalenu (od powierzchni do dna) we wszystkich punktach pomiarowych wykazuje w miarę równomierny rozkład jego stężenia wraz z głębokością. Nieco inaczej kształtuje się rozkład stężeń pirenu, który jest słabiej rozpuszczalny, mniej lotny i ma mniejszy współczynnik podziału oktanol-woda ($\log K_{ow}$) (4,88) niż naftalen (3,36). Jego stężenie rozkłada się równomiernie wraz z głębokością, z lekką tendencją wzrostu przy dnie, jak dla sumy WWA. Taki rozkład stężeń jest uzasadniony ich własnościami fizykochemicznymi, takimi jak rozpuszczalności i własności adsorpcyjne.



Rysunek 157. Pionowy rozkład stężeń (A) sumy 16 WWA [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$], (B) naftalenu [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] i (C) pirenu [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$], w punktach BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27

Na rysunku poniżej (Rysunek 158) przedstawiono przestrzenny rozkład stężenia sumy WWA (I) i pirenu (II), jako jednego z mniej lotnych WWA występujących w wodach, w przekroju prostopadłym do powierzchni wody obrazującym zmiany ich stężeń w głąb obszaru MFW BŚ III w punktach pomiarowych BS3_27, BS3_21 i BS3_16 (A-A) oraz w punktach BS3_09, BS3_13 i BS3_21 (B-B). Na rysunkach wyraźnie widoczny jest w miarę równomierny rozkład stężenia sumy WWA wraz ze zmianą głębokości z lekkim wzrostem stężenia w warstwie przydennej. Wynika to z ich różnej lotności, rozpuszczalności i własności hydrofobowych oraz możliwości adsorpcji na cząstkach zawieszonych (stałych).



Rysunek 158. Zmiany zawartości sumy 16 WWA (I AA i IBB) oraz pirenu (II AA i II BB) z głębokością w punktach pomiarowych BS3_09, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27

Polichlorowane bifenyle (PCB)

Z punktu widzenia ochrony środowiska, ważną grupą substancji, występujących w próbkach wody są polichlorowane bifenyle (PCB). W latach sześćdziesiątych sformułowano przypuszczenie, że PCB nie są obojętne dla organizmów żywych, a w latach siedemdziesiątych wydano zakaz ich produkcji i stosowania. Od 1969 roku, to znaczy od daty pierwszego zbiorowego zatrucia w Japonii (choroba *Yusho*) olejem ryżowym, do którego w procesie produkcji przedostały się PCB, liczne badania wykazały obecność tych związków na wszystkich obszarach kuli ziemskiej. Ostatecznie zostały one sklasyfikowane przez Amerykańską Agencję do Spraw Ochrony Środowiska (Environmental Protection Agency - U.S. EPA), jak i Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (International Agency for Research on Cancer - IARC) jako substancje rakotwórcze i mutagenne (Lang, 1992).

PCB są to substancje syntetyczne nie występujące w środowisku w sposób naturalny, lecz są emitowane jedynie ze źródeł antropogenicznych i jak wskazują aktywnie prowadzone badania stanowią istotne zagrożenie dla środowiska. Występują zazwyczaj jako mieszanina 209 związków różniących się od siebie wyłącznie ilością i położeniem atomów chloru w cząsteczce. Stwierdzono istnienie pochodnych mono-, di-, tri-, aż do dekachlorobifenylu (Zakrzewski, 1995; Fuoco, 1995).

Polichlorowane bifenyle jako cieczy niepalne o bardzo dobrych, właściwościach dielektrycznych, odporne chemicznie były w znacznych ilościach produkowane w latach 1950 - 1970 i szeroko stosowane jako podstawowe komponenty cieczy izolacyjnych do napełniania transformatorów

i kondensatorów oraz jako płyny hydrauliczne. Różne inne zastosowania PCB obejmowały płynowe wymienniki ciepła, płyny do pomp próżniowych, smary, ciecze chłodząco-smarujące przy obróbce skrawaniem, dodatki do farb i lakierów, farb drukarskich i graficznych, plastyfikatory do tworzyw sztucznych, a także jako środki konserwujące i impregnujące oraz jako składniki klejów i lepików (Jones, 1991). Ponadto mieszaniny polichlorowanych bifenyli były stosowane jako:

- rozpuszczalniki dla insektycydów i związków bakteriobójczych,
- inhibitory wzrostu drobnoustrojów w szklivach,
- plastikowe materiały dźwiękochłonne stosowane w kolejnictwie,
- plastikowe materiały dekoracyjne (PCV), i wiele innych (Jones, 1991).

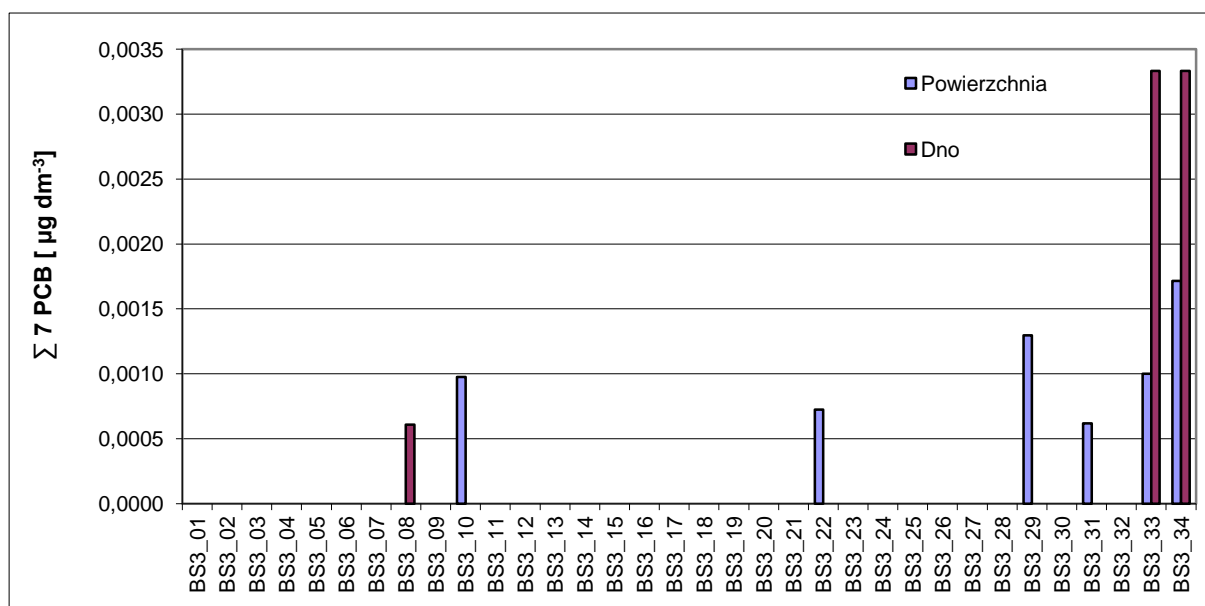
Interdyscyplinarne badania nad toksycznością tych związków dowiodły, że związki te (Lang, 1992):

- nie rozkładają się w organizmach żywych, a podlegają w nich procesowi kumulacji,
- blokują naturalną przemianę materii w organizmie i powodują trwałe uszkodzenia organów wewnętrznych,
- uszkadzają nieodwracalnie komórki systemu nerwowego,
- zaburzają proces przyswajania wapnia,
- powodują zakłócenia w funkcjonowaniu systemu odpornościowego organizmu,
- zniekształcają kod genetyczny,
- przy spalaniu w niskich temperaturach tworzą się z nich najbardziej toksyczne ze znanych trucizn - dioksyny i furany.

Zdolność PCB do zalegania w środowisku jest zadziwiająca. Ślady ich odkryto właściwie wszędzie, nawet w próbkach pobranych w odległych regionach Arktyki i Antarktydy (Zakrzewski, 1995; Lulek, 1995).

Wieloletnie badania monitoringowe stężenia PCB w wodach Morza Bałtyckiego wykazywały raczej niskie stężenia tych związków. Przykładowo stężenie PCB 153 - jeden z głównych kongenerów - występował w zakresie od 10 do 24 $\text{pg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (wartości średnie w okresie 1994-98r.) Autorzy tego opracowania nie mogli określić trendów czasowych, ze względu na niskie stężenia i fakt, że wiele z przebadanych próbek było poniżej granicy wykrywalności analiz. Nie znaleziono też żadnych dowodów na geograficzne zmiany stężeń, z wyjątkiem ogólnego wzrostu stężenia w kierunku wybrzeży. Stwierdzono też, że ze względu na swą wysoką lipofilowość PCB są wzbogacone w materii zawieszanej i osadach dennych (HELCOM, BSEP, 82B, 2002).

Na rysunku poniżej (Rysunek 159) przedstawiono stężenia sumy siedmiu kongenerów PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 i 180) w próbkach wód ze wszystkich punktów pomiarowych dla warstwy powierzchniowej i przydennej obszaru MFW BŚ III.



Rysunek 159. Stężenie sumy 7 PCB [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] w próbkach wód w poszczególnych punktach pomiarowych z warstwy powierzchniowej i przydennej

Wyniki stężeń sumy siedmiu kongenerów PCB (IUPAC nr 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) dla większości próbek pobranych z obszaru MFW BS III znajdują się poniżej granicy oznaczalności metody tj. $1\text{ ng}\cdot\text{dm}^{-3}$, jedynie w 9 próbkach sumę siedmiu kongenerów oznaczono w granicach od 0,1 do $3,4\text{ ng}\cdot\text{dm}^{-3}$ (tj. $0,0001\text{--}0,0034\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$). Było to sześć próbek wody powierzchniowej BS_10, BS3_22, BS3_29, BS3_31, BS3_33, BS3_34) i trzy próbki wody przydennej (BS3_8, BS3_33, BS3_34). W próbkach najczęściej pojawiającymi się kongenerami były PCB 138, PCB 180 i PCB 153. Wyniki te nie odbiegają od danych literaturowych dotyczących wód powierzchniowych południowego Bałtyku (Sapota, 2004; Kot-Wasik., 2004).

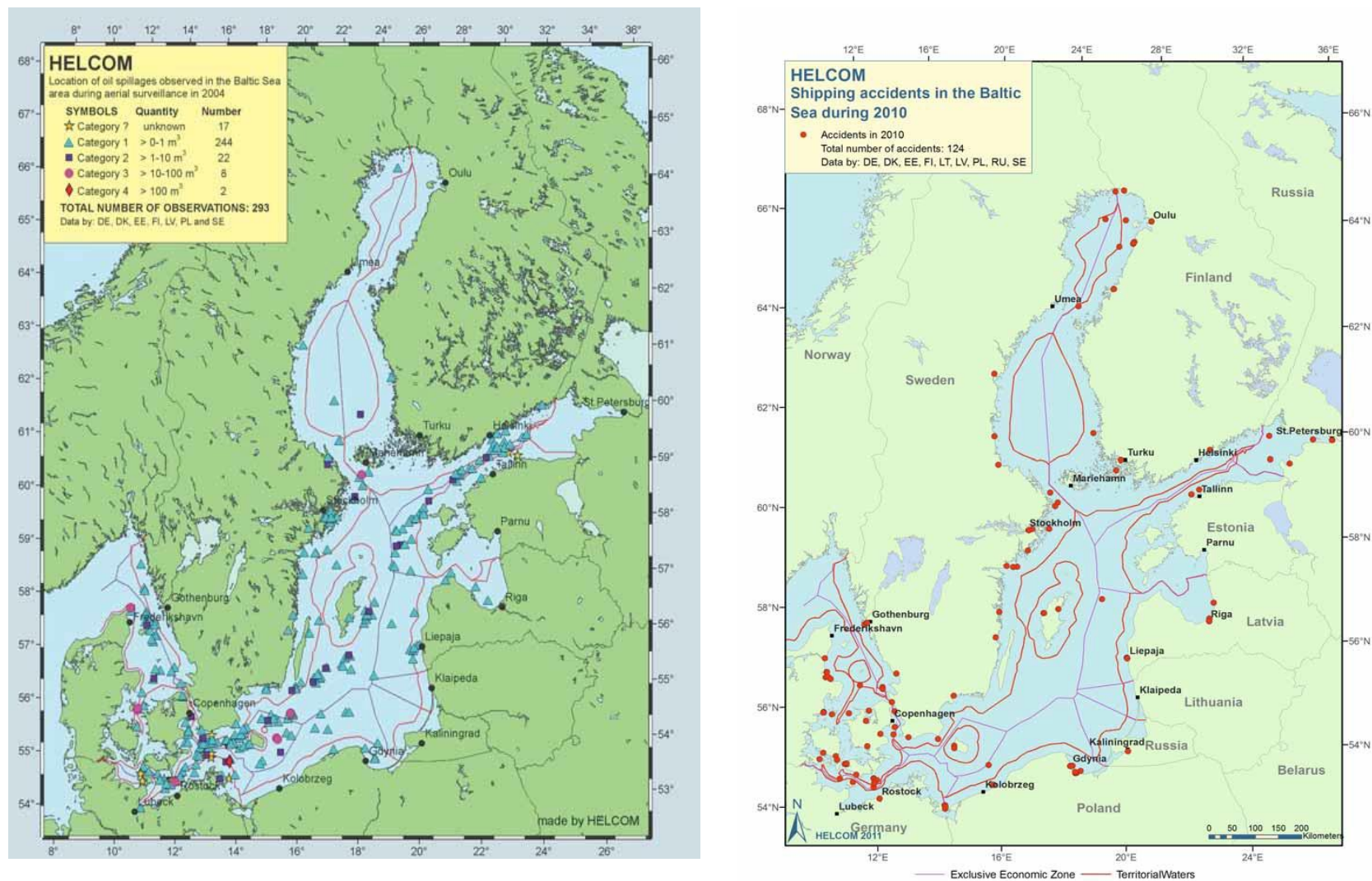
Niestety zbyt duża ilość próbek ze stężeniem poniżej granicy oznaczalności nie pozwala na znalezienie korelacji w powierzchniowym jak i pionowym (wraz z głębokością) rozkładzie stężeń, poza stwierdzeniem zgodności z danymi literaturowymi.

Indeks oleju mineralnego

Ropa naftowa rozlana na morzu podlega wielu procesom wywierającym istotny wpływ na rozmieszczenie jej pozostałości w środowisku morskim. Natychmiast po rozlaniu rozpoczyna się rozprzestrzenianie ropy na powierzchni morza. Szybkość i kierunek zależą głównie od temperatury wody, kierunku wiatru i prądów. Jednocześnie odbywa się odparowywanie lotnych składników ropy. Węglowodory zawierające do 12 atomów węgla w cząsteczce, wrzące poniżej $250\text{--}260\text{ }^{\circ}\text{C}$, odparowują już w ciągu kilku godzin. Węglowodory wrzące w wyższych temperaturach pozostają na powierzchni morza dłużej i na skutek ruchu mas wodnych ulegają dalszej dyspersji i rozpuszczeniu. Powierzchnia morza należy do strefy kontaktowej, gdzie bezpośrednie skutki rozlewu utrzymują się najdłużej, albo w postaci filmu (cienka, monomolekularna warstwa) lub jako agregaty smolne, z których część wskutek zmiany ciężaru właściwego może opadać na dno. W późniejszym etapie następuje dalsze rozprzestrzenianie się ropy: część jest akumulowana w organizmach żywych, pozostała natomiast przedostaje się do osadów dennych, gdzie tempo degradacji jest małe ze

względu na niską temperaturę oraz ograniczony dostęp światła i warunki tlenowe. (Fabisiak, 2008; Bądkowski, 1985)

Największym źródłem zanieczyszczeń olejowych jest spływ rzekami z lądu. Jest to spowodowane zanieczyszczonymi wodami technologicznymi z zakładów przemysłowych, wodami po myciu pojazdów mechanicznych i splukiwaniem paliw i olejów gubionych przez samochody na utwardzonych parkingach i ulicach. Drugim poważnym źródłem oleju jest normalna (a więc bezawaryjna) eksploatacja statków, w tym również statków sportowych. Dopiero na trzecim miejscu (w skali światowej) są katastrofy zbiornikowców. Niewiele ustępują im zanieczyszczenia olejowe wprowadzane przez atmosferę. Są to głównie skutki niepełnego spalania paliw płynnych w silnikach i kotłowniach lub elektrociepłowniach. Kolejne miejsce zajmują źródła naturalne (wycieki przez pęknięcia skorupy ziemskiej i przesączanie się ropy przez warstwy przepuszczalne). Na ostatnim miejscu znajduje się wydobywanie ropy spod dna morskiego, czyli działalność platform poszukiwawczych i produkcyjnych. (Fabisiak, 2008; Korzeniowski, 1998).



Rysunek 160. Zarejestrowane przypadki nielegalnych zrzutów oleju na Morzu Bałtyckim w 2006 i 2010 roku (HELCOM, BSEP, 107 i 132)

Rozlewy oleju zanieczyszczają wodę, tworząc oleistą warstwę na powierzchni lub mieszając się i rozpuszczając w wodzie w zależności od jakości oleju. Obecnie, zabronione są jakiegokolwiek zrzuty do Morza Bałtyckiego, ropy lub mieszaniny zawierające oleje rozcieńczone w dowolnej formie, w tym ropy naftowej, oleju opałowego, szlamu lub produktów rafinacji. Odnosi się to także do oleistych wód z maszynowni każdego statku, jak również do wód balastowych lub zbiorników ładunkowych zbiornikowców (HELCOM, BSEP, 107, 2006; BSEP, 132, 2012). Rysunek 160 obrazuje spadek ilości nielegalnych zrzutów oleju na Morzu Bałtyckim spowodowanych przez zrzut lub wyciek oleju zanotowany przez monitoring powietrzny i satelitarny stron Konwencji HELCOM oraz Europejskiej Agencji ds. Bezpieczeństwa na Morzu (HELCOM, BSEP, 107, 2006; BSEP, 132, 2012).

Wieloletnie badania monitoringowe powierzchniowych wód Morza Bałtyckiego w jego zachodniej i środkowej części wykazywały stosunkowo niskie stężenia indeksu oleju mineralnego. Opublikowane w 2002 roku, przez HELCOM „COMBINE monitoring programme”, dane wykazywały stężenia od 0,5 do 1,6 mg·dm⁻³ w miesiącach letnich 1997 i 1998 r. Wyższe wartości notowano dla regionów przybrzeżnych takich jak delta Odry. W okresie zimowym, stężenia były znacznie wyższe, w zakresie od 1,1 do 3 mg·dm⁻³ w tych samych latach. W związku z niewielkimi różnicami stężeń nie stwierdzono, żadnych trendów regionalnych (HELCOM, BSEP, 82B, 2002).

Wyniki stężeń indeksu mineralnego dla wszystkich prób pobranych z obszaru MFW BŚ III znajdują poniżej granicy oznaczalności metody, tj. 0,01 mg·dm⁻³. Wyniki te wskazują na dalszy spadek ilości tych zanieczyszczeń, co potwierdzają także inne dane literaturowe (HELCOM, BSEP, 132, 2012).

Z porównania otrzymanych wyników z wartościami granicznymi wskaźników jakości wód odnoszącymi się do jednolitych części wód powierzchniowych takich jak morskie wody wewnętrzne, wody przejściowe i przybrzeżne określonymi w załącznikach nr 6 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. (Dz. U. 2011, Nr 257, poz. 1545) wynika, że określona granica stężeń dla indeksu oleju mineralnego ($\leq 0,2$ mg·dm⁻³) nie została przekroczona dla żadnej próbki wody pobranej z obszaru MFW BŚ III.

Radionuklidy (¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr)

Głównymi źródłami zanieczyszczenia Morza Bałtyckiego sztucznymi izotopami promieniotwórczymi przed 1986 rokiem (czyli katastrofą w Czarnobylu) były:

- globalny opad atmosferyczny pochodzący z powietrznych testów broni jądrowej prowadzonych w latach 50-tych i 60-tych (12% całkowitej ilości wprowadzonego ¹³⁷Cs),
- zrzuty, które dostały się do Bałtyku wraz z wlewami z Morza Północnego pochodzące z zakładów przerobu paliwa jądrowego w Europie Zachodniej (Sellafield w Wielkiej Brytanii i La Hague we Francji),
- zrzuty z elektrowni nuklearnych zlokalizowanych wokół Morza Bałtyckiego (bardzo niewielki udział).

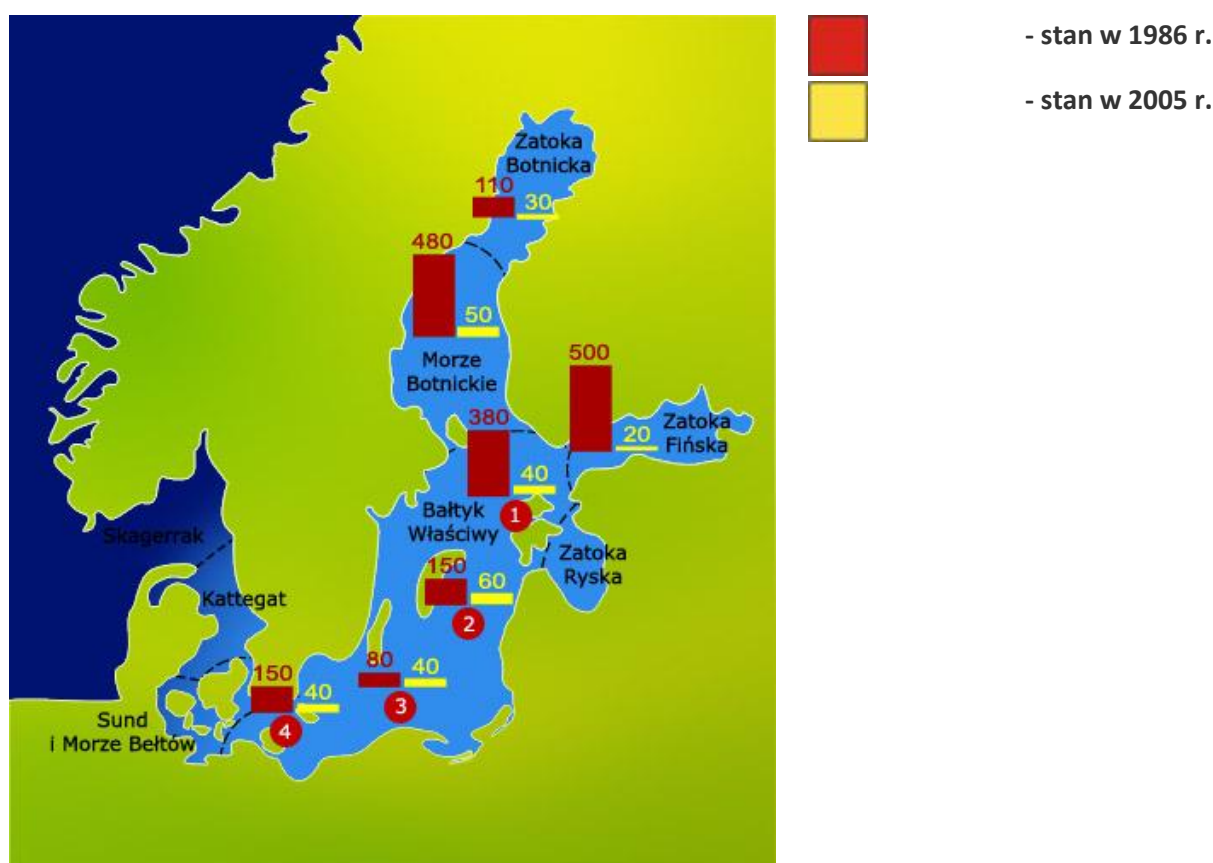
Awaria z 1986 roku w Czarnobylu istotnie zmieniła poziom zanieczyszczenia Morza Bałtyckiego. Większość niebezpiecznych substancji radioaktywnych uległa szybkiemu rozpadowi (do kilku miesięcy po katastrofie). Ocenia się, że całkowita ilość ¹³⁷Cs wprowadzona do Bałtyku po awarii w Czarnobylu wyniosła 4700 TBq (82% całkowitej ilości wprowadzonego ¹³⁷Cs) (Nielsen i in., 1999).

W środowisku Morza Bałtyckiego najistotniejsze okazało się skażenie ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{134}Cs . W 1986 roku najbardziej skażone było Morze Botnickie oraz Zatoka Fińska. Do wód Bałtyku Właściwego dostało się od 15 do 30% całkowitego ładunku ^{137}Cs .

Aktywność substancji promieniotwórczych w wodzie morskiej w poszczególnych akwenach Morza Bałtyckiego uległa od 1986 roku zmniejszeniu oraz wyrównaniu, w wyniku upływu czasu oraz zjawisk hydrologicznych, takich jak przemieszczanie się mas wodnych z jednego akwenu do drugiego. Porównanie sytuacji z 1986 roku i 2005 (według IOŚ) przedstawia Rysunek 161.

Poziom radioaktywności w Morzu Bałtyckim jest nadal podwyższony, względem stanu sprzed 1986. Szacuje się, że przy zachowaniu dotychczasowego trendu obniżania się aktywności substancji radioaktywnych w środowisku morskim, sytuację sprzed katastrofy uda się osiągnąć nie wcześniej niż w 2025 roku.

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency - IAEA) podaje, że reprezentatywne stężenie ^{90}Sr dla Bałtyku w 2000 roku to $10 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Czas połowicznego rozpadu dla ^{90}Sr w wodach Morza Bałtyckiego wynosi $12\pm 1,7$ lat (IAEA, 2005).



Rysunek 161. Porównanie stanu zanieczyszczenia Morza Bałtyckiego ^{137}Cs w latach: 1986 i 2005 (wg IOŚ)

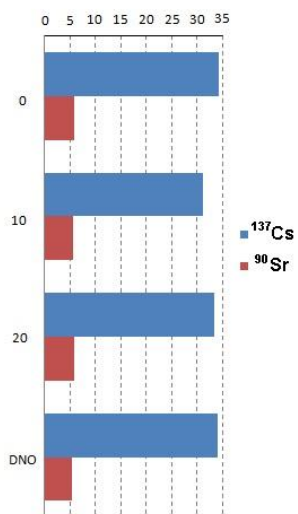
Średnia aktywność ^{137}Cs dla próbek wód z obszaru BS III w październiku 2012 roku wyniosła $31,7 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Zmienność aktywności jaką zaobserwowano w analizowanych próbkach wód z badanego obszaru wahała się w niewielkim zakresie od $28,5$ do $34,2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Podobną zmienność aktywności ^{137}Cs zaobserwowano w 2011 roku w wodach powierzchniowych zachodniej części strefy przybrzeżnej Bałtyku: $33-35 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Średnia aktywność w 2011 roku dla wód południowego Bałtyku

to $31,3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ (Zalewska, 2012). Uzyskane wyniki potwierdzają powolną tendencję spadkową aktywności ^{137}Cs na obszarze Morza Bałtyckiego.

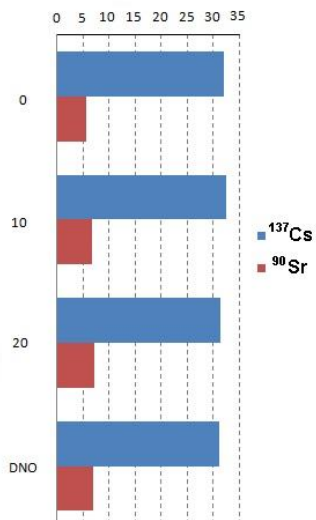
W analizowanych próbkach wód pobranych z obszaru BS III w październiku 2012 roku stężenia ^{90}Sr wahały się od $5,37$ do $9,74 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Średnie stężenie ^{90}Sr dla badanego obszaru wyniosło $7,6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Jak wskazują dane literaturowe w 2011 roku stężenia ^{90}Sr w wodach Bałtyku Południowego zmieniły się w zakresie od $4,6$ do $15,4 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Najwyższe stężenia odnotowano w wodach przydennych środkowego Wybrzeża. Średnie stężenie ^{90}Sr dla wód południowego Bałtyku wyniosło $8,4 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ (Zalewska, 2012). Uzyskane wyniki nie odbiegają więc od danych podawanych dla tego akwenu i potwierdzają bardzo powolną tendencję spadkową stężeń ^{90}Sr na obszarze Morza Bałtyckiego.

Pionowe rozkłady stężeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27 przedstawiono na rysunkach poniżej (Rysunek 162 oraz Rysunek 163).

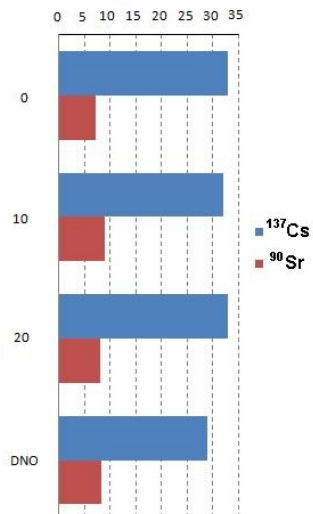
BS3_9



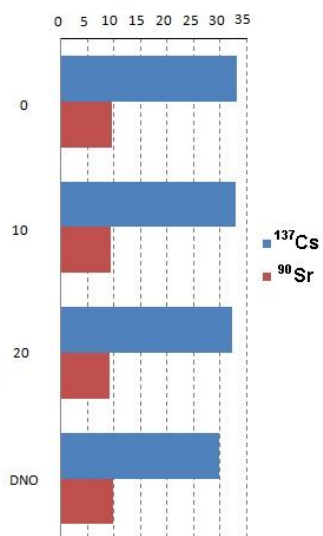
BS3_13



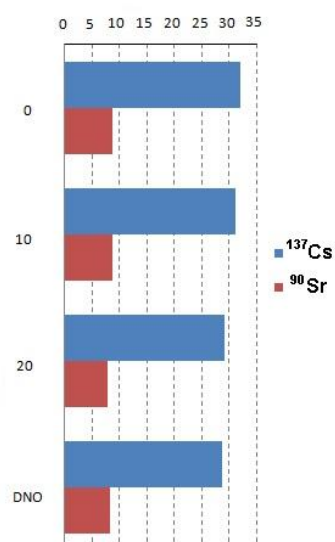
BS3_16



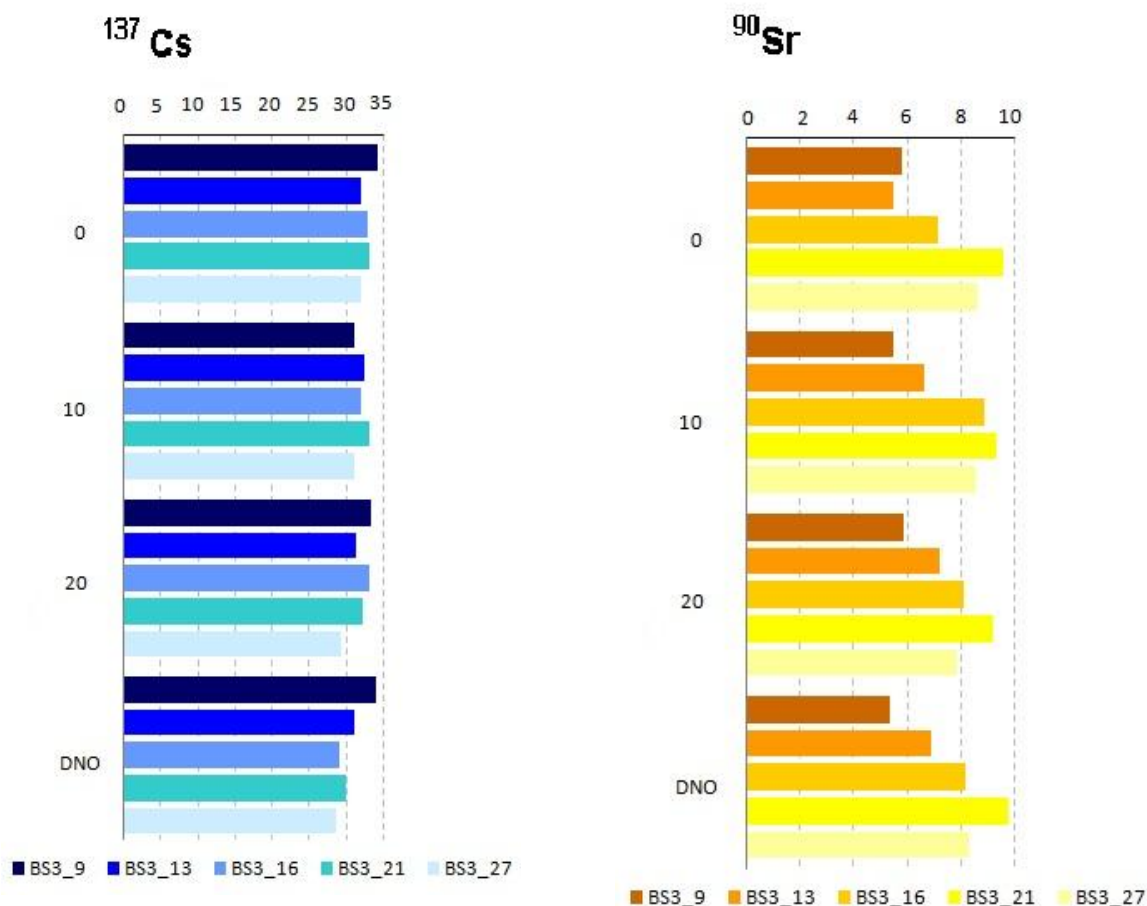
BS3_21



BS3_27

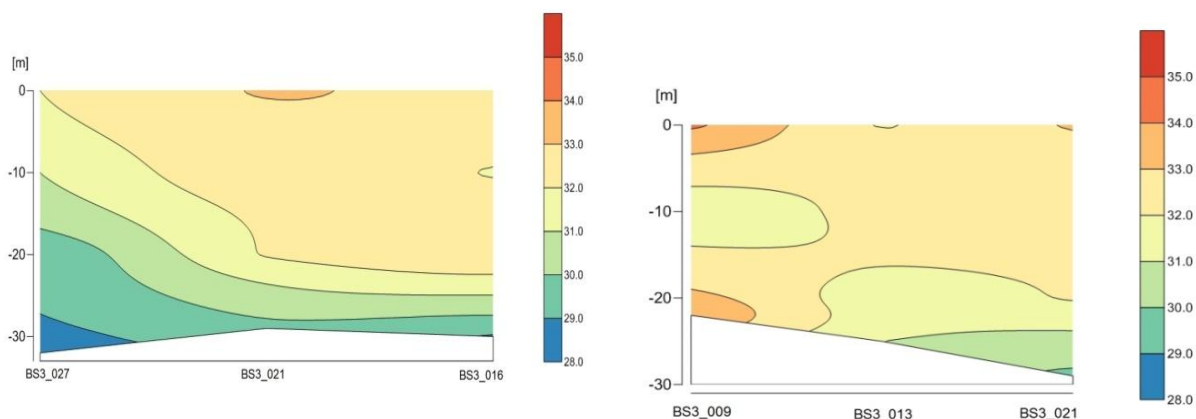


Rysunek 162. Pionowy rozkład stężeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27

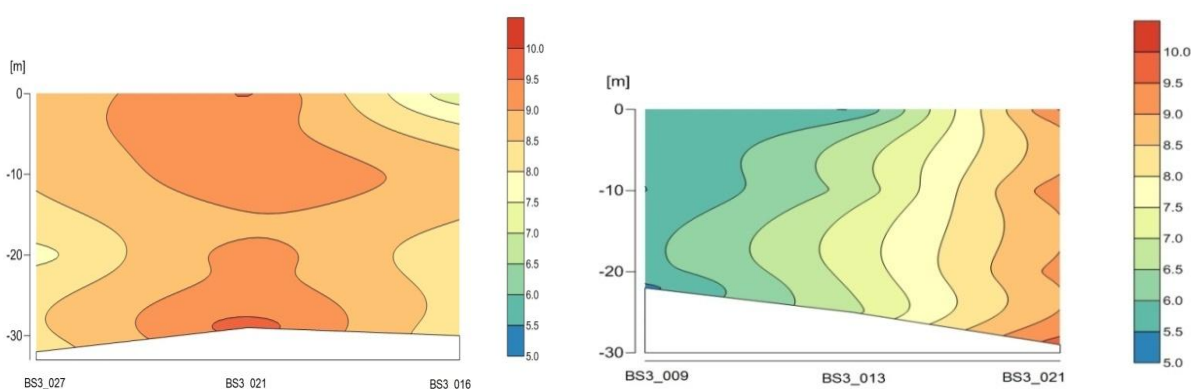


Rysunek 163. Pionowy rozkład aktywności ^{137}Cs i ^{90}Sr z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27

Analiza pionowych rozkładów aktywności ^{137}Cs wykazuje spadek wraz z głębokością (Rysunek 164). Natomiast w przypadku ^{90}Sr stężenia rozkładają się równomiernie od powierzchni do dna. Największe stężenie ^{90}Sr stwierdzono w punkcie pomiarowym BS3_21 (Rysunek 165).



Rysunek 164. Zmiany aktywności ^{137}Cs z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27

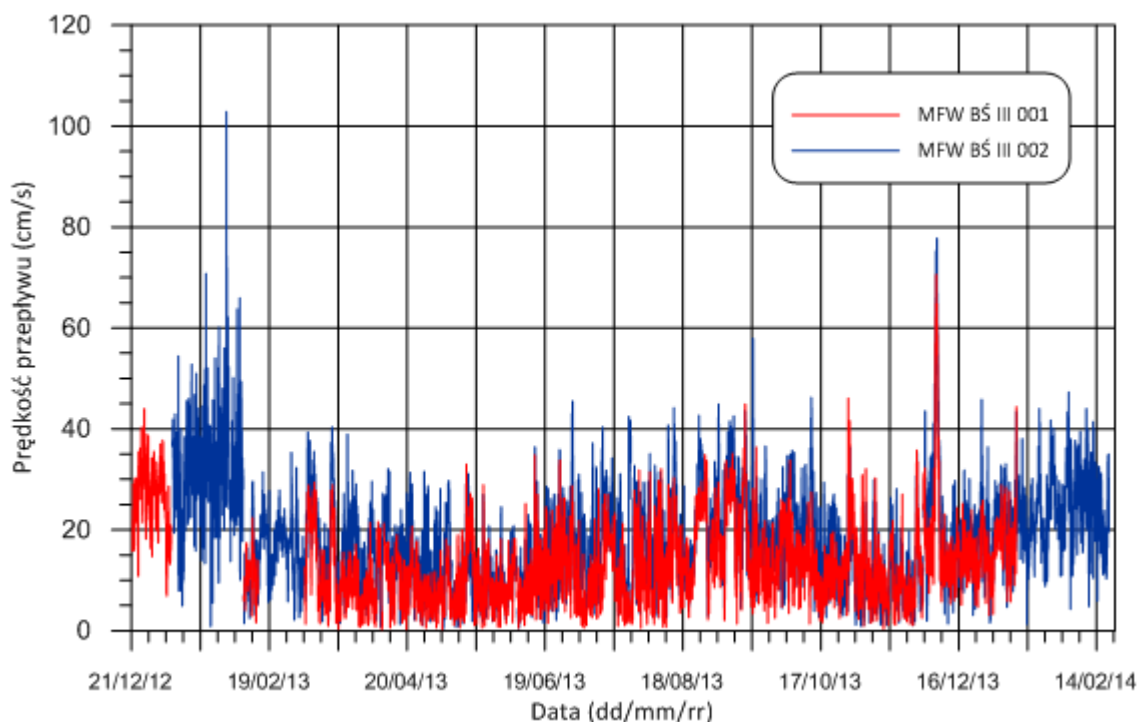


Rysunek 165. Zmiany aktywności ^{90}Sr z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27

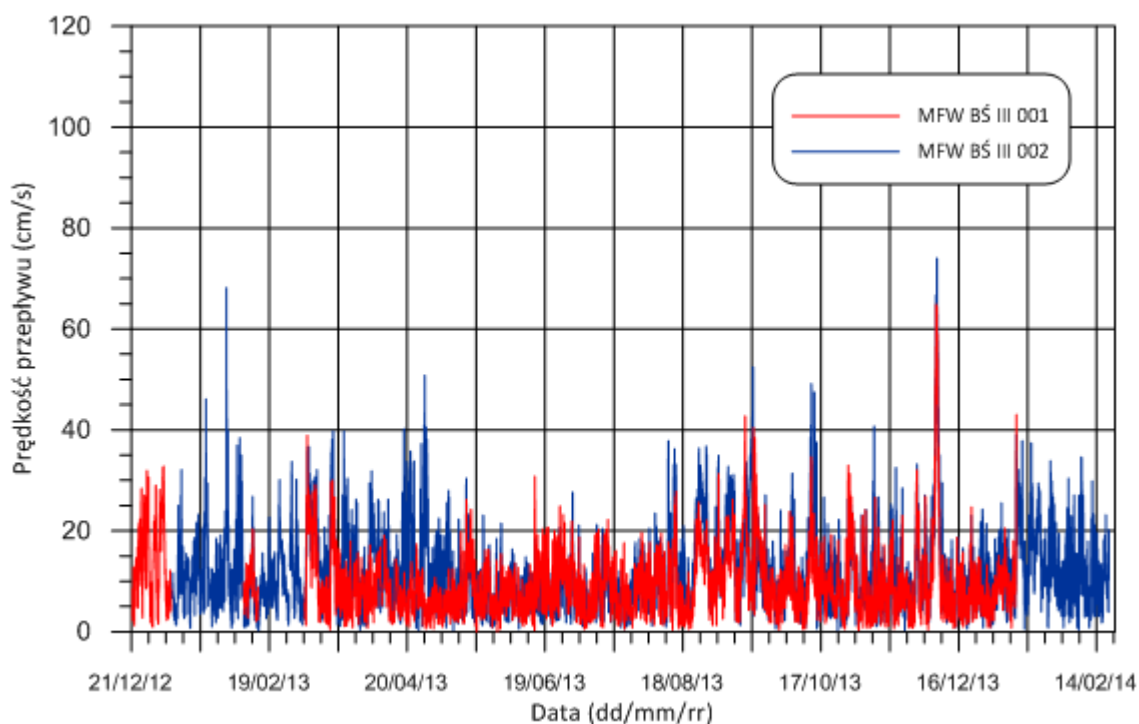
5.2 Prądy morskie

Pomiary przepływów wody w profilach pionowych zostały wykonane w dwóch wyznaczonych punktach pola MFW BŚ III. Pomiary w punkcie 001 rozpoczęto 14.10.2012, a w punkcie 002 30.10.2012 i zakończono w obu miejscach 19.02.2014, z Stąd z całego okresu prowadzenia rejestracji z punktu 001 otrzymano pokrycie prawidłowymi pomiarami na poziomie ok. 70 %, natomiast dla punktu 002 było ono znacznie większe – ok. 94%. Taka widoczna różnica spowodowana była z jednej strony wystąpieniem awarii prądomierza, która spowodowała utratę danych, z drugiej zaś faktem połączenia prądomierza z pławą przy pomocy liny. W czasie sztormu następowały szarpnięcia, co spowodowało wystąpienie nadmiernego przechylenia statywu ponad akceptowalny poziom, a tym samym zarejestrowane dane zakwalifikowano jako nieprawidłowe.

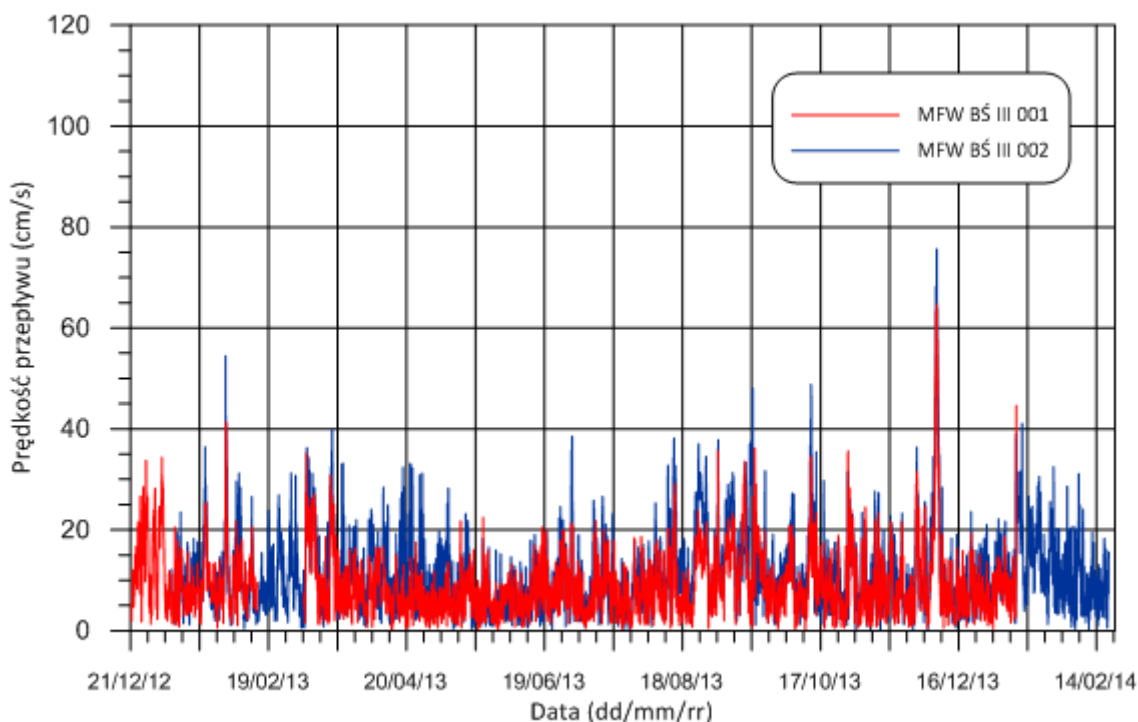
Na poniższych rysunkach (Rysunek 166 – Rysunek 172) przedstawiono przebiegi czasowe prędkości przepływu (cm/s) w kolejnych warstwach wody o grubości 4 m licząc od powierzchni morza do dna dla obydwu miejsc prowadzenia rejestracji na polu MFW BŚ III.



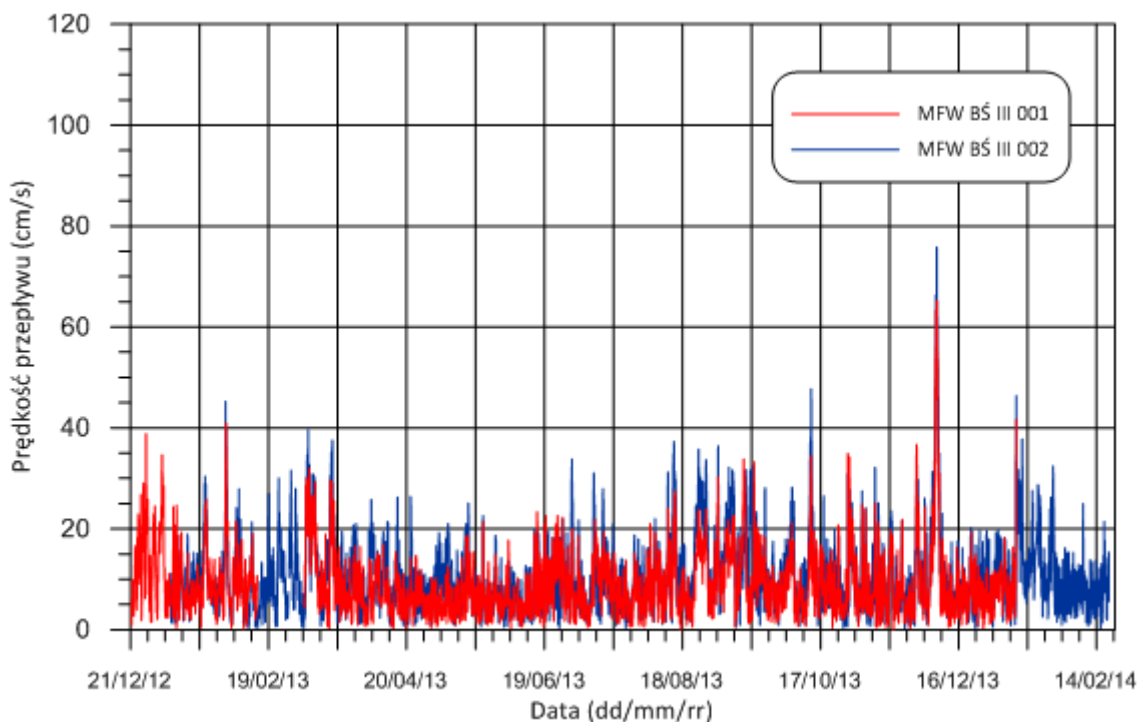
Rysunek 166 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 0 – 4 m p.p.m.



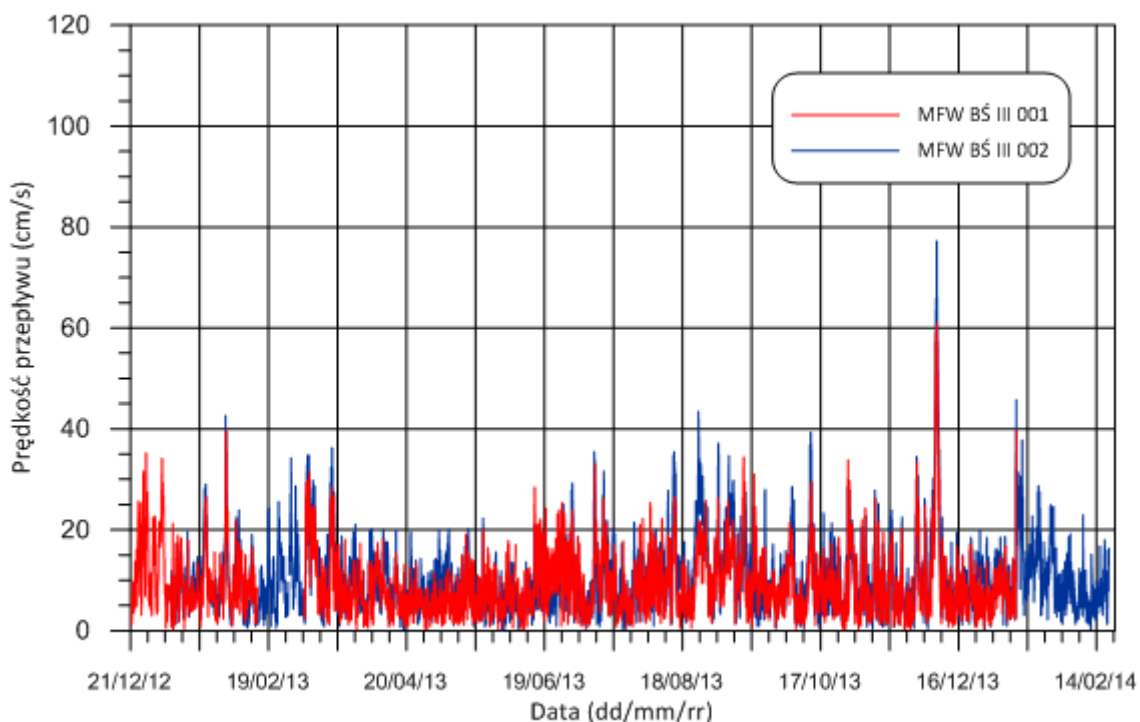
Rysunek 167 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MF BŚ III 002 na głębokości 4 – 8 m p.p.m.



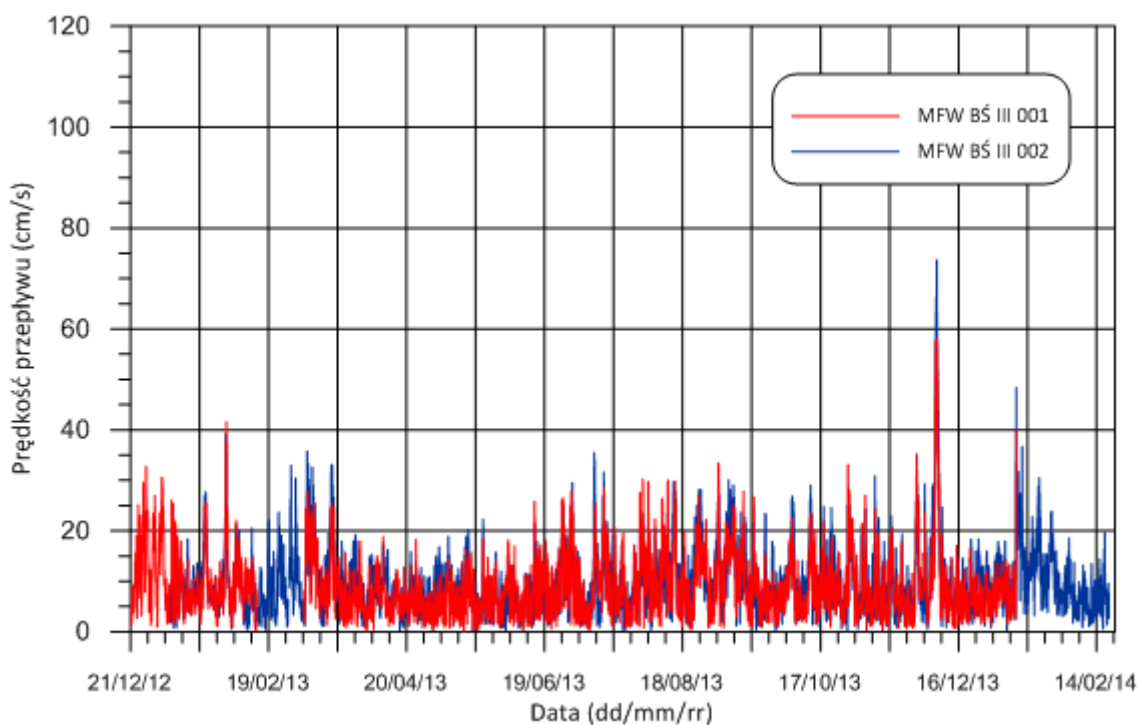
Rysunek 168 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 8 – 12 m p.p.m.



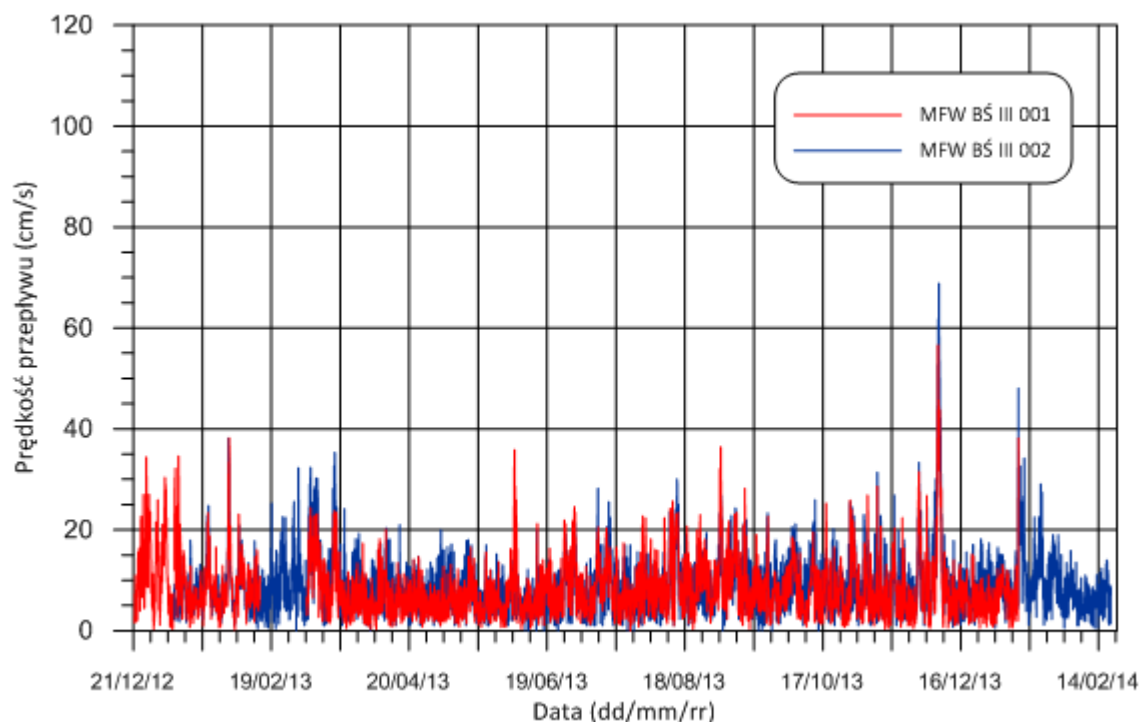
Rysunek 169 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 12 – 16 m p.p.m.



Rysunek 170 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 16 – 20 m p.p.m.



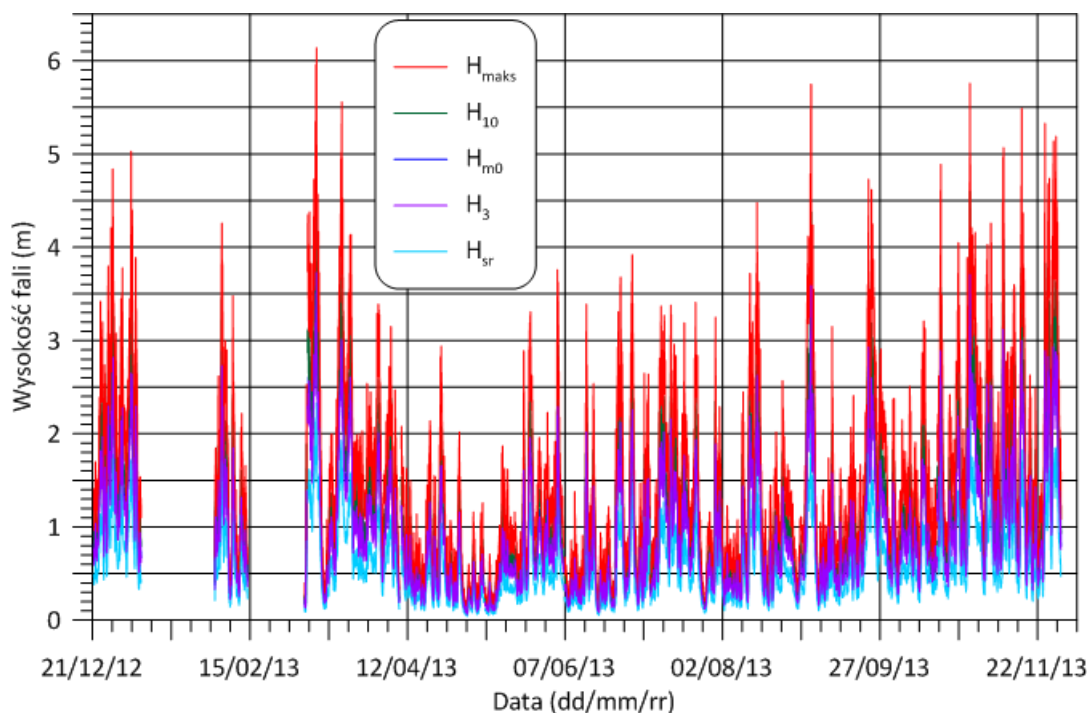
Rysunek 171 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 20 – 24 m p.p.m.



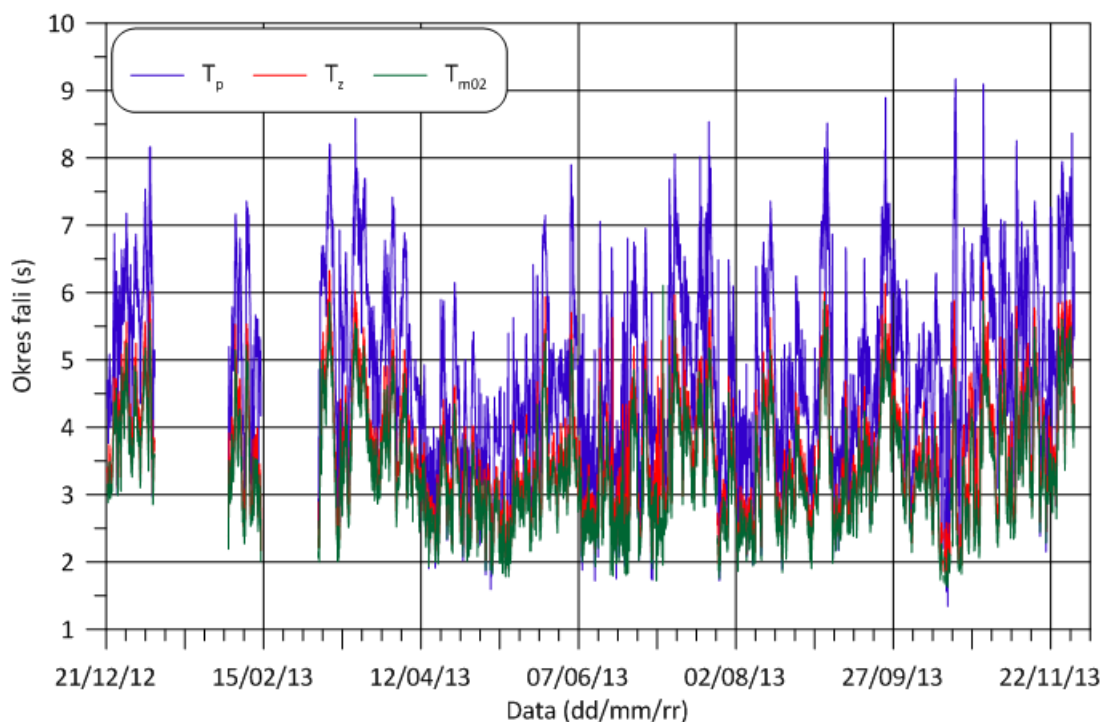
Rysunek 172 Prędkości przepływu wody w punkcie MFW BŚ III 001 na głębokości 24 – 28 m p.p.m.

5.3 Falowanie

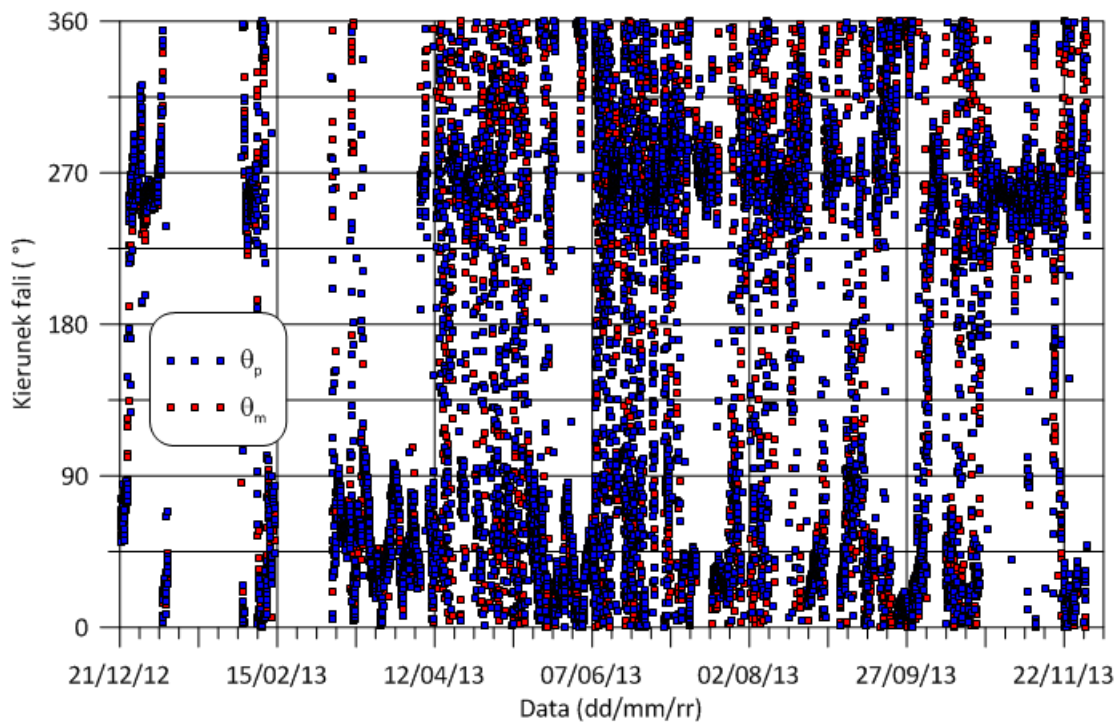
Wyniki uzyskane z pomiarów chwilowych zmian powierzchni swobodnej wody oraz zmiany średniego poziomu wody wykonanych w punkcie 001 pola MFW BŚ III przedstawione są na poniższych rysunkach (Rysunek 173 - Rysunek 177). Prawidłowe wyniki rejestracji objęły okres od 21.12.2012 do 10.01.2014 (z przerwami; pomiary z ostatniego miesiąca rejestracji – do 19.02.2014 odrzucono jako błędne – nastąpiło znaczne przechylenie statywu z głowica profilomierza).



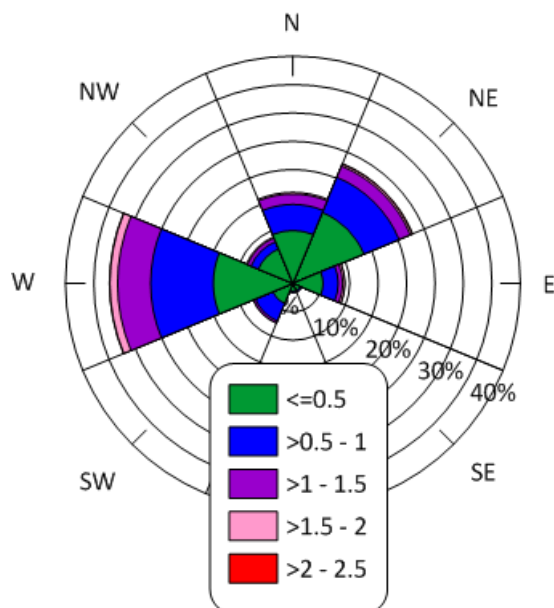
Rysunek 173. Wysokości fali maksymalnej H_{maks} , dziesięcioprocentowej H_{10} , znacznej H_{m0} i H_3 oraz średniej H_{sr} .



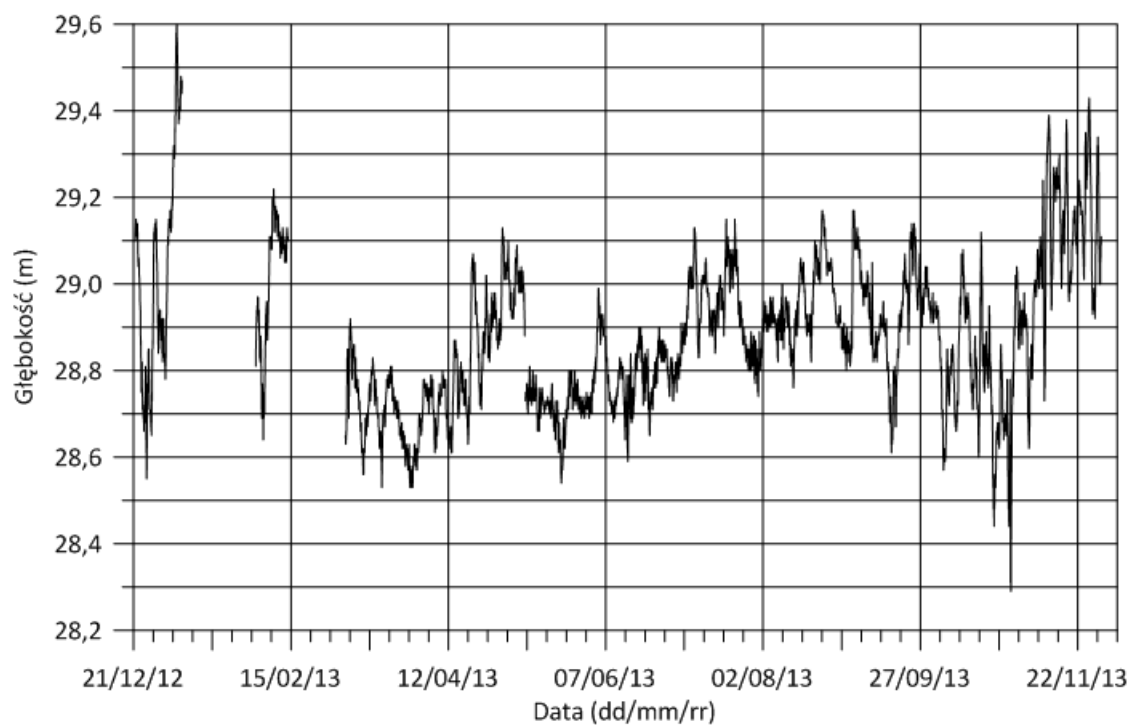
Rysunek 174. Okresy fali piku T_p i fal średnich T_{m02} i T_z .



Rysunek 175. Kierunek fali piku θ_p i średni kierunek falowania θ_{sr} .

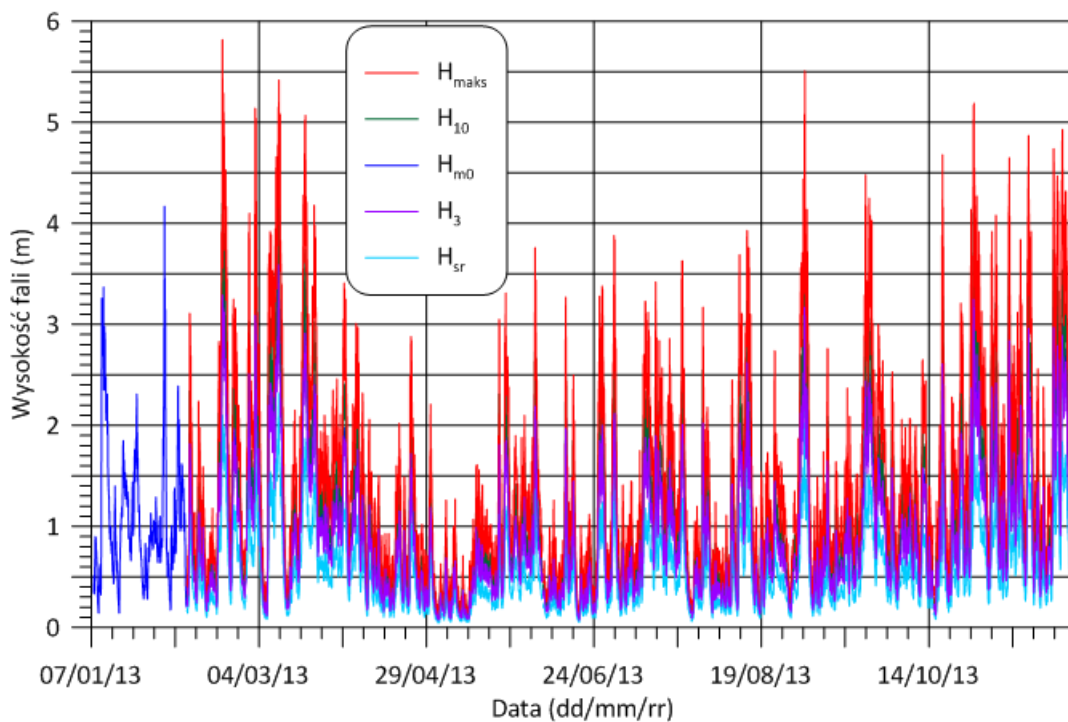


Rysunek 176. Róża falowania dla fali średniej H_{sr} .

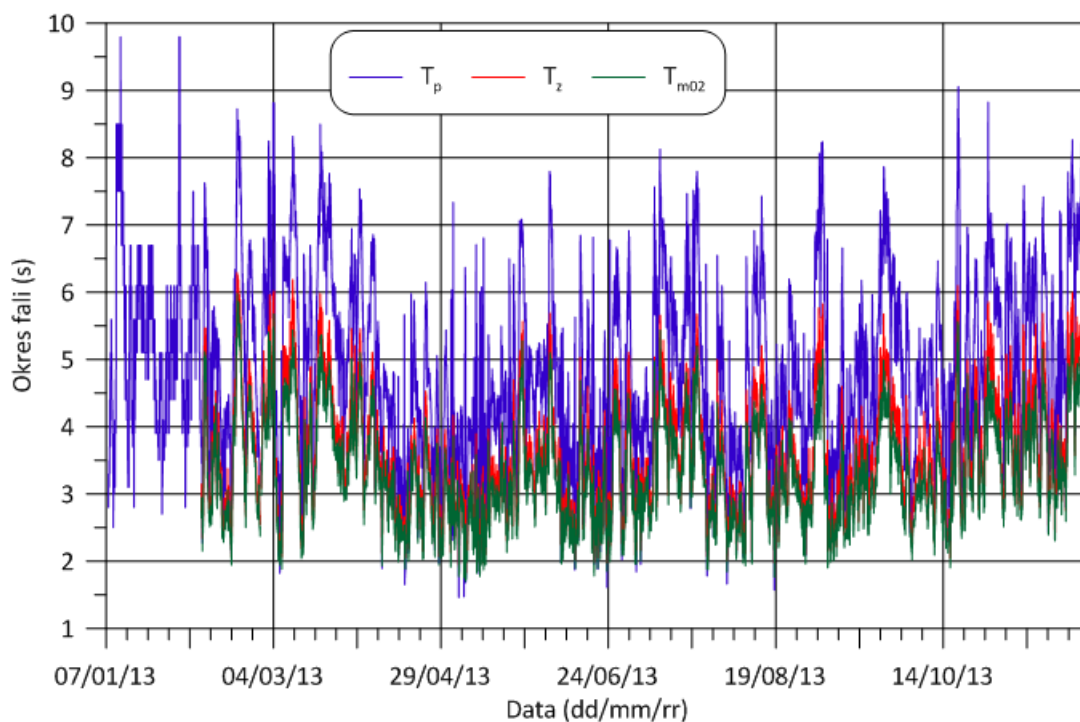


Rysunek 177. Średnia głębokość wody

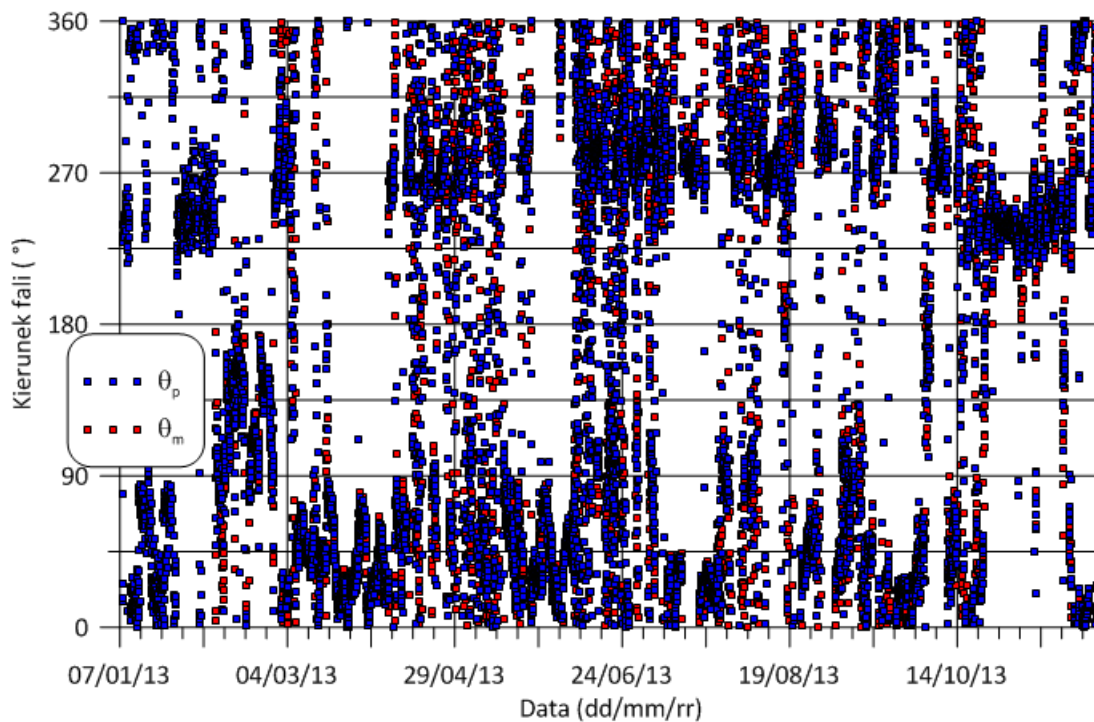
Wyniki uzyskane z pomiarów chwilowych zmian powierzchni swobodnej wody oraz zmiany średniego poziomu wody wykonanych w punkcie 002 pola MFW BŚ III przedstawione są na poniższych rysunkach (Rysunek 178 - Rysunek 182). Obejmują one okres od 07.01.2013 do 19.02.2014.



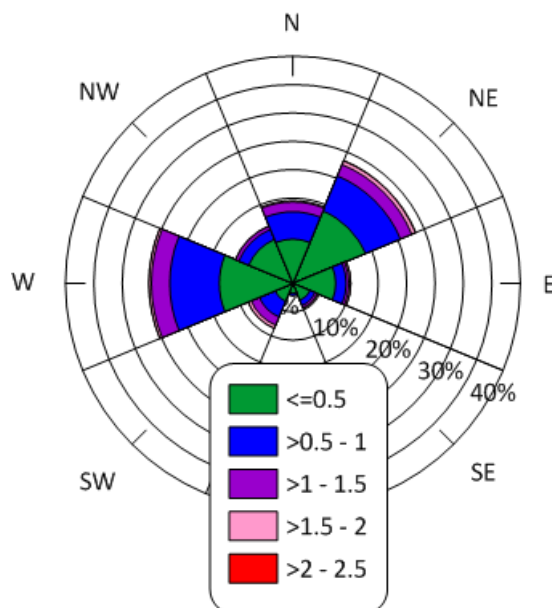
Rysunek 178. Wysokości fali maksymalnej H_{maks} , dziesięcioprocentowej H_{10} , znacznej H_{m0} i H_3 oraz średniej H_{sr} .



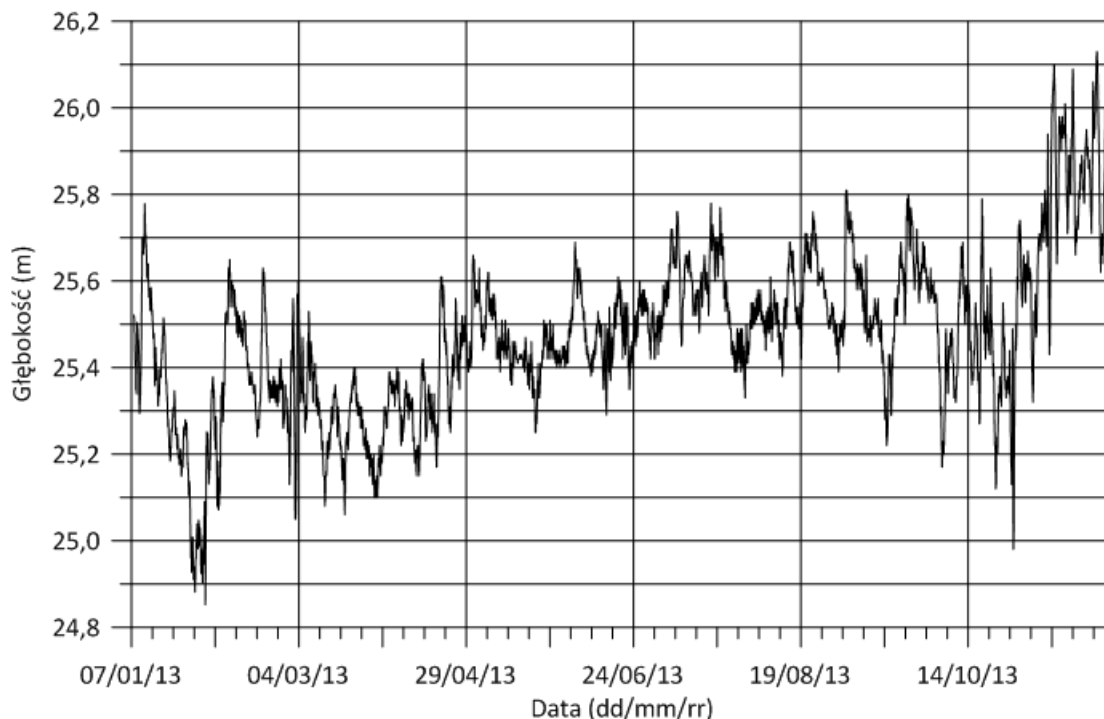
Rysunek 179. Okresy fali piku T_p i fal średnich T_{m02} i T_z .



Rysunek 180. Kierunek fali piku θ_p i średni kierunek falowania θ_{sr} .



Rysunek 181. Róża falowania dla fali średniej H_{sr} .

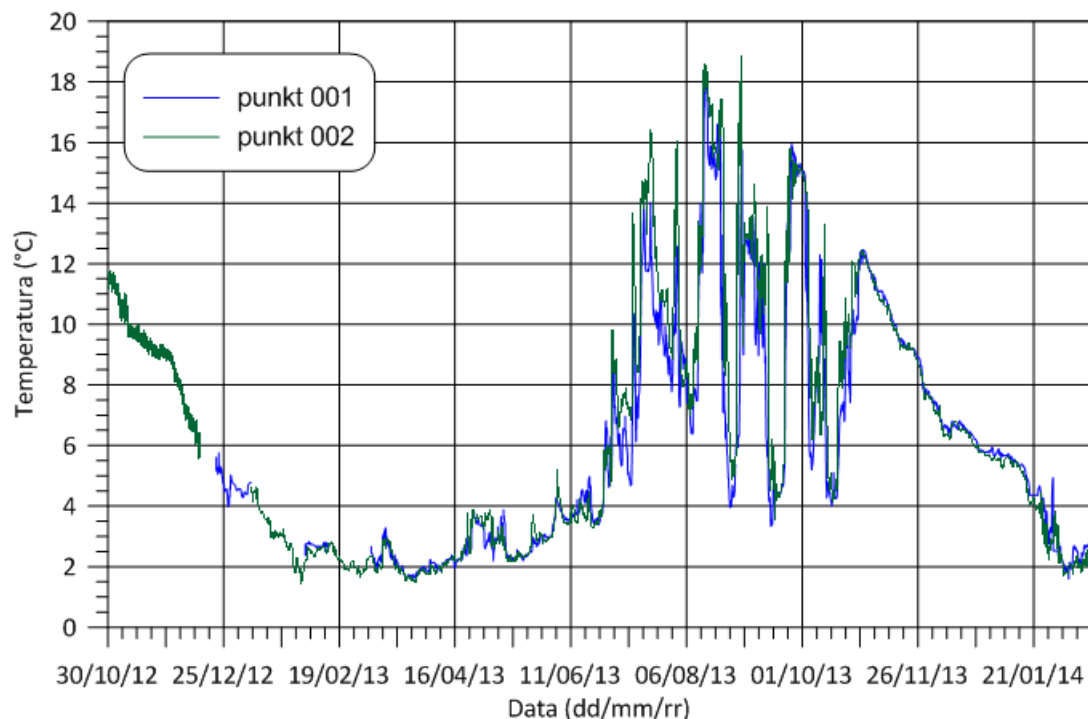


Rysunek 182. Średnia głębokość wody

5.4 Temperatura wody

5.4.1 Temperatura wody przy dnie

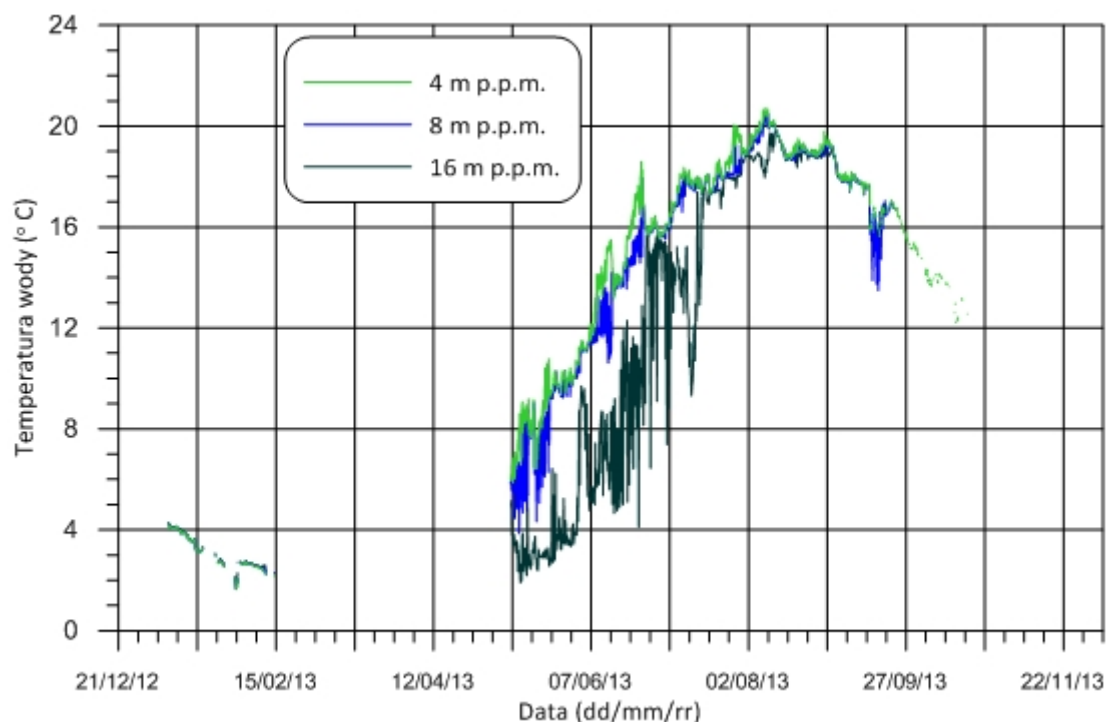
Obydwa posadowione na dnie prądomierze profilujące AWAC, oprócz pomiarów prędkości przepływu i falowania powierzchniowego, rejestrowały również temperaturę wody na wysokości około 0,7 m nad dnem. Uzyskano tu dane z całego dostępnego czasu prowadzenia rejestracji. Na poniższym rysunku (Rysunek 183) przedstawiono przebieg zmian temperatury przy dnie zarejestrowany punktach pola MFW BŚIII 001 i 002.



Rysunek 183. Temperatura przydenna wody w punktach 001 i 002

4.1.3. Temperatura w toni

Temperatura wody na trzech poziomach w toni była mierzona przez czujniki znajdujące się na girlandzie przymocowanej do pławy pomiarowej, zakotwiczonej w punkcie 001 pola MFW BŚIII. Czujniki te znajdowały się na głębokościach: 4, 8 i 16 m poniżej średniego poziomu wody. Prawidłowe wyniki uzyskane z pomiarów przedstawiono na poniższym rysunku (Rysunek 184).



Rysunek 184. Temperatura wody w punkcie 001 na głębokościach 4, 8 i 16 m poniżej średniego poziomu morza

4.1.4. Rozkłady temperatury w całym obszarze pola

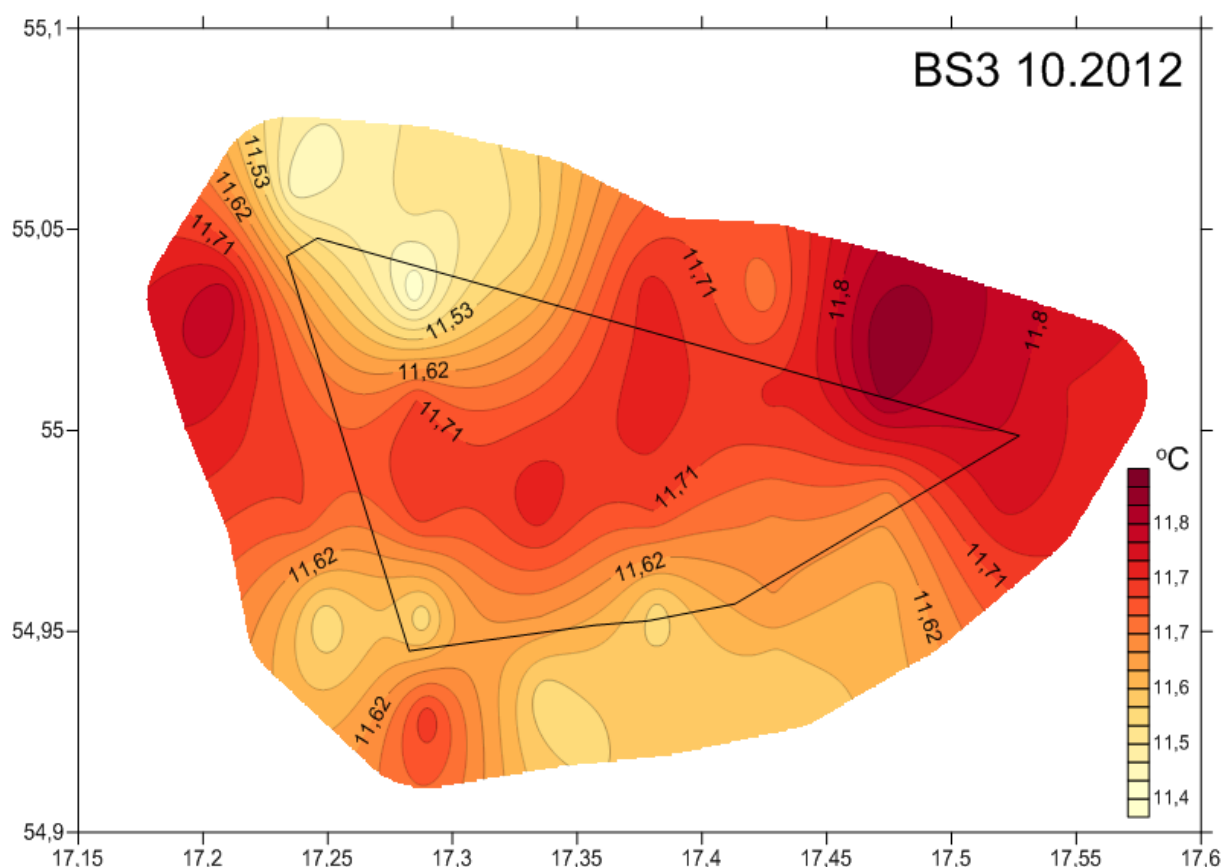
W czasie wykonywania poborów prób wody (w pięciu terminach od października 2012 do listopada 2013), rejestrowano również parametry fizykochemiczne wody (temperaturę, zasolenie, przewodność oraz prędkość rozchodzenia się dźwięku w wodzie). Poniższe mapy obszarowe pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej od wewnątrz MFW przedstawiają przestrzenny rozkład temperatur na powierzchni morza oraz w warstwie przydennej, wraz z naniesionym kształtem pola. Poniżej przedstawiono mapkę lokalizacyjną pola MFW BŚ III z zaznaczonymi punktami poboru prób wody. W celu uzupełnienia informacji dotyczącej warunków termicznych w całym przekroju toni, przedstawiono wykresy obrazujące pionowe profile przebiegu temperatur od powierzchni do maksymalnej głębokości opuszczenia sondy. Prezentowane punkty (7 punktów poboru wody) wybrano na podstawie kryterium zbliżonej głębokości.

W poniższej tabeli (Tabela 10) przedstawiono podstawowe wartości parametru temperatury z pomiarów rozetą w terminach od października 2012 do listopada 2013. Tabela zawiera informacje dotyczące wartości maksymalnych, minimalnych oraz średnich dla danych terminów wykonania pomiarów. Poza wyżej wymienionymi informacjami, w tabeli znajduje się również amplituda oraz zmienność przedstawiona za pomocą odchylenia standardowego dla terminów wykonania pomiarów.

Tabela 10. Wartości statystyczne dla parametru temperatury z poborów wody

Termin wykonania pomiaru	Warstwa powierzchniowa					Warstwa przydenna				
	Wartość maksymalna	Wartość minimalna	Wartość średnia	Amplituda	Zmienność	Wartość maksymalna	Wartość minimalna	Wartość średnia	Amplituda	Zmienność
27 - 29 października 2012	11,68	11,24	11,46	0,43	0,13	11,88	11,39	11,65	0,49	0,13
13 - 14 lutego 2013	2,32	2,01	2,15	0,31	0,08	2,74	2,24	2,56	0,50	0,16
11 - 12 kwietnia 2013	2,42	1,97	2,23	0,45	0,12	2,25	1,91	2,09	0,34	0,09
4 - 5 lipca 2013	17,23	16,17	16,70	1,06	0,27	8,22	2,83	5,57	5,38	1,35
13 - 14 września 2013	17,82	14,83	16,85	2,98	0,89	17,87	2,94	7,45	14,93	5,49
14 - 15 listopada 2013	9,98	9,16	9,65	0,83	0,21	10,14	9,11	9,75	1,04	0,20

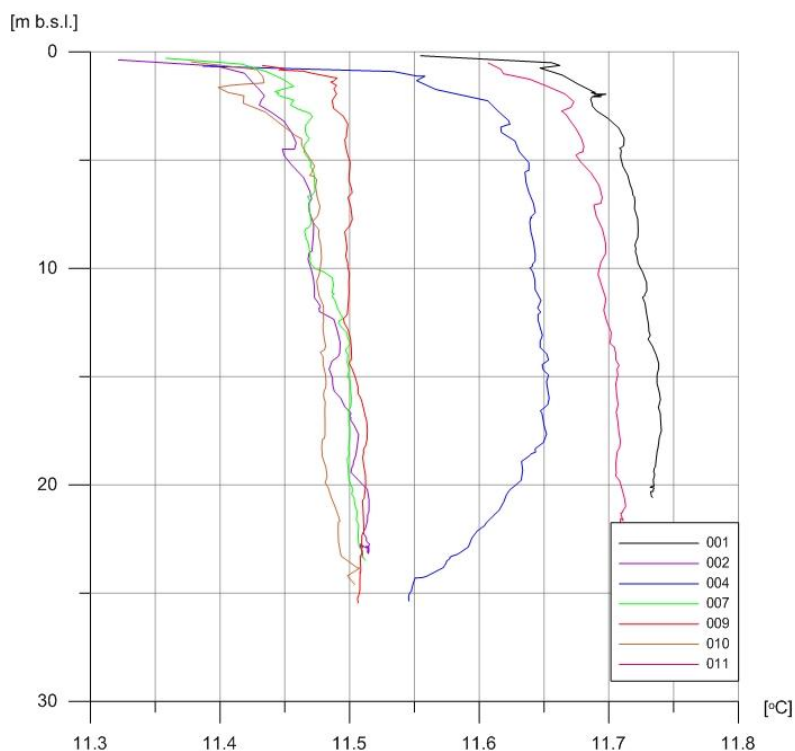
Mapę obszaru pola MFW BŚ III z lokalizacją punktów pomiarowych, w których zmierzono pionowe profile przebiegu temperatury przedstawia rysunek 2, rozdział 4 (Rysunek 2).



Rysunek 186 Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola BŚ III z października 2012

Poniżej przedstawiony wykres (Rysunek 187) przedstawia profil pionowy wartości temperatury od powierzchni do punktu położonego najbliżej dna (należy tu wskazać, że zwykle nie odpowiada on maksymalnej głębokości morza w punkcie wykonywania pomiaru, ze względu na konieczność uniknięcia uszkodzenia sprzętu pomiarowego). Wybrane punkty z pola poboru prób wody MFW BŚ III zostały wybrane z miejsc o zbliżonej głębokości.

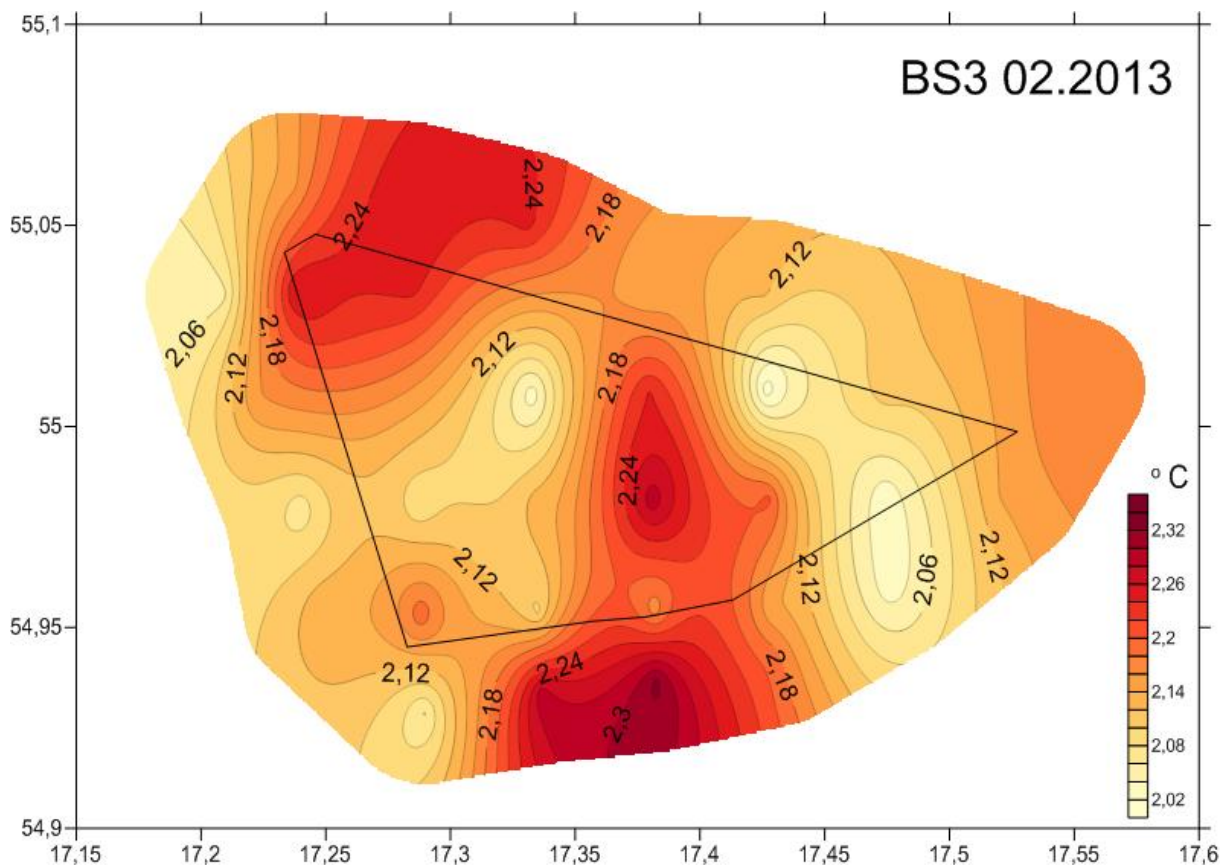
Temperatury zmierzone w powierzchniowej warstwie wody mają nieco niższe wartości, ponieważ jest to warstwa, która znajduje się pod dużym wpływem falowania powierzchniowego oraz wiatru. Niewielka zmienność temperatury w pionie potwierdziła wysoki stopień wymieszania wody w całym pionowym profilu.



Rysunek 187. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z października 2012

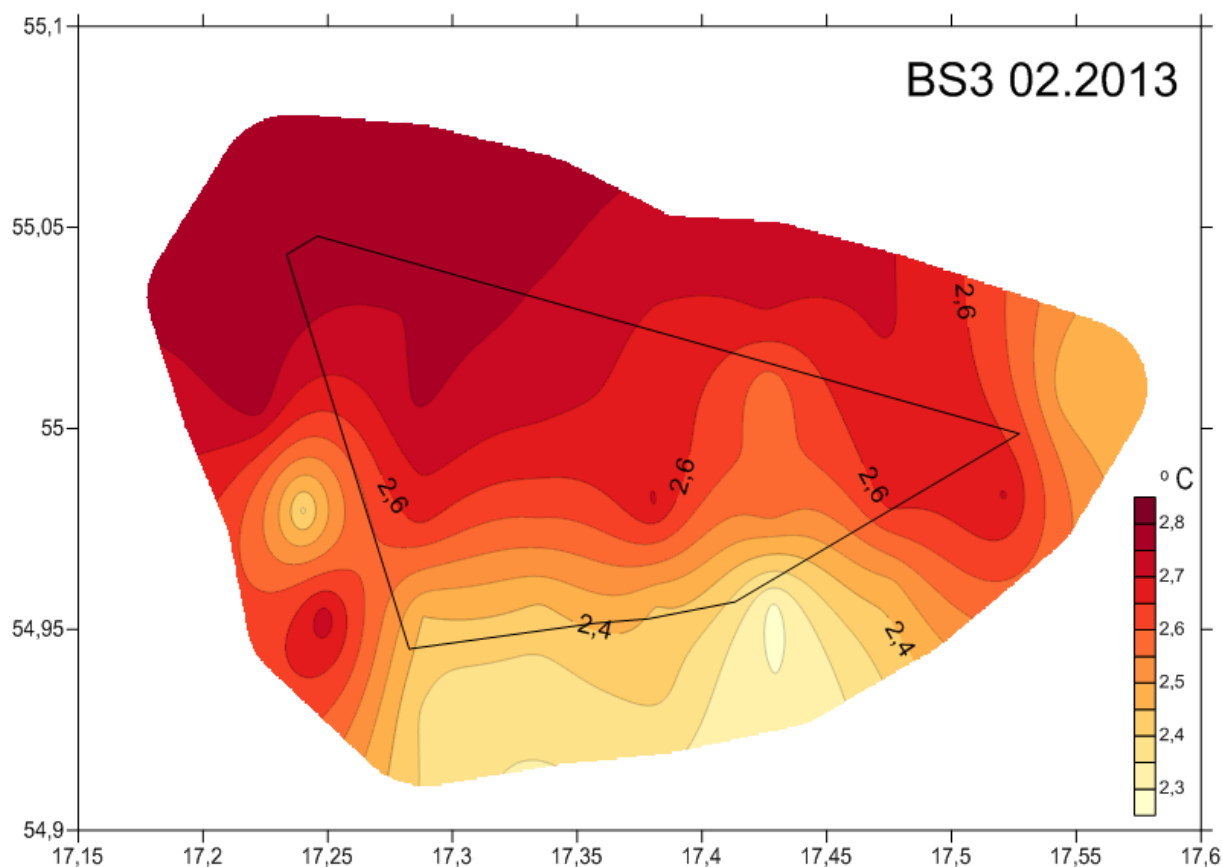
Luty 2013

Temperatura powierzchniowa wody na polu MFW BŚ III zmierzona w lutym 2013 roku mieściła się w przedziale pomiędzy 2,02 °C (minimum), a 2,32 °C (maksimum). Amplituda wartości wyniosła 0,3 °C. Wartość średnia w warstwie powierzchniowej wyniosła 2,15 °C. Rozkład temperatur na powierzchni był odwrotny od zaobserwowanego w październiku 2012 roku. Najzimniejszymi obszarami w lutym były wschodnie i zachodnie obszary pola (najgłębsze części), a maksymalne wartości były obecne w środkowej części od północy do południa pola (wypłylenia). Dominowały wartości minimalne. Nie stwierdzono też wystąpienia zmian temperatury przy przechodzeniu warstw (Rysunek 188).



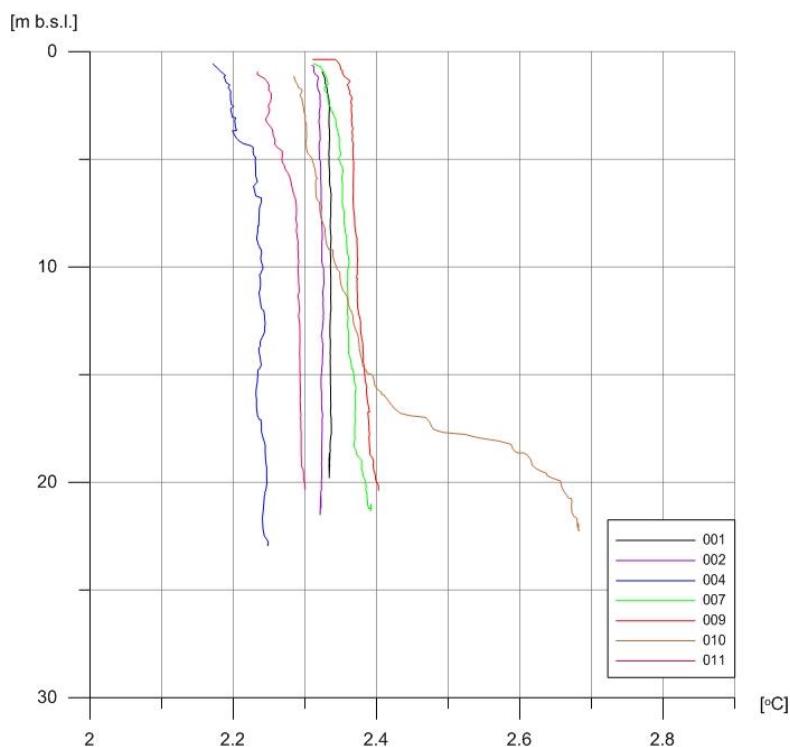
Rysunek 188. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z lutego 2013

W warstwie przydennej wartości temperatury zawierały się od 2,3 °C do 2,8 °C. Średnia wartość tego parametru przy dnie wyniosła 2,56 °C. Najzimniejszym obszarem tu była część południowa (maksymalna głębokość około 23 m), a najcieplejszym północna (maksymalna głębokość od 30 – 40 m). Amplituda wartości wyniosła 0,5 °C co pokazuje jej zróżnicowanie przestrzenne. Widoczne było zaburzenie procesu konwekcji. Wraz ze zbliżaniem się wiosny, warstwa powierzchniowa może przyjmować nieco niższe wartości temperatury, niż warstwa przydenne (Rysunek 189).



Rysunek 189. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z lutego 2013

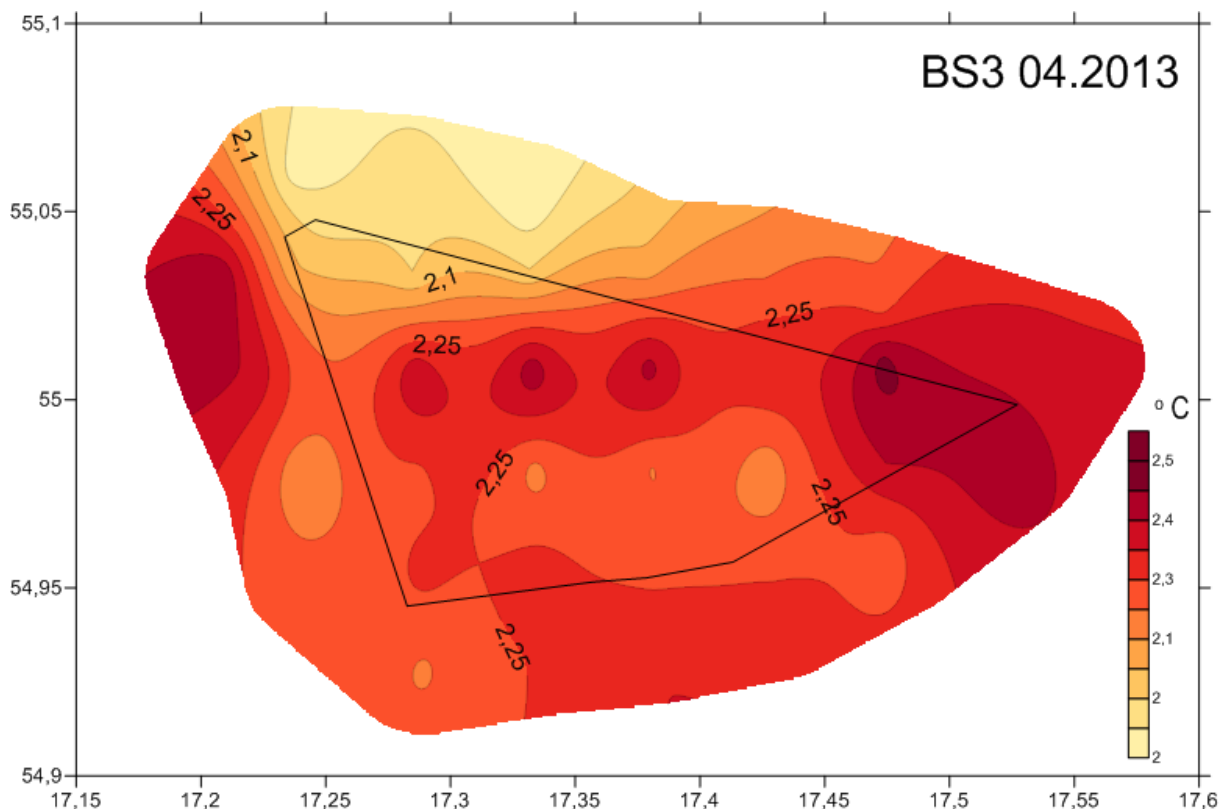
Poniżej przedstawiono pionowe profile wartości temperatury wody dla tych samych punktów (Rysunek 190). W większości, (poza punktem 9) widoczne było stabilne wymieszanie całego pionu wody morskiej. W punkcie 9 zaznaczyła się termoklina od głębokości 15 m p.p.m., w tym punkcie rozpoczęło się kształtowanie stratyfikacji wiosennej wody. Powierzchnia wody ulega dużemu wymieszaniu podczas silnych wiatrów. Powoduje to kształtowanie się w miarę jednorodnej warstwy wody z wyraźnym ostrym skokiem temperatury na głębokości od kilkunastu do 20-40 m. To zjawisko nasila się najbardziej w okresie letnim (Andrulewicz i in., 2008).



Rysunek 190. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z lutego 2013

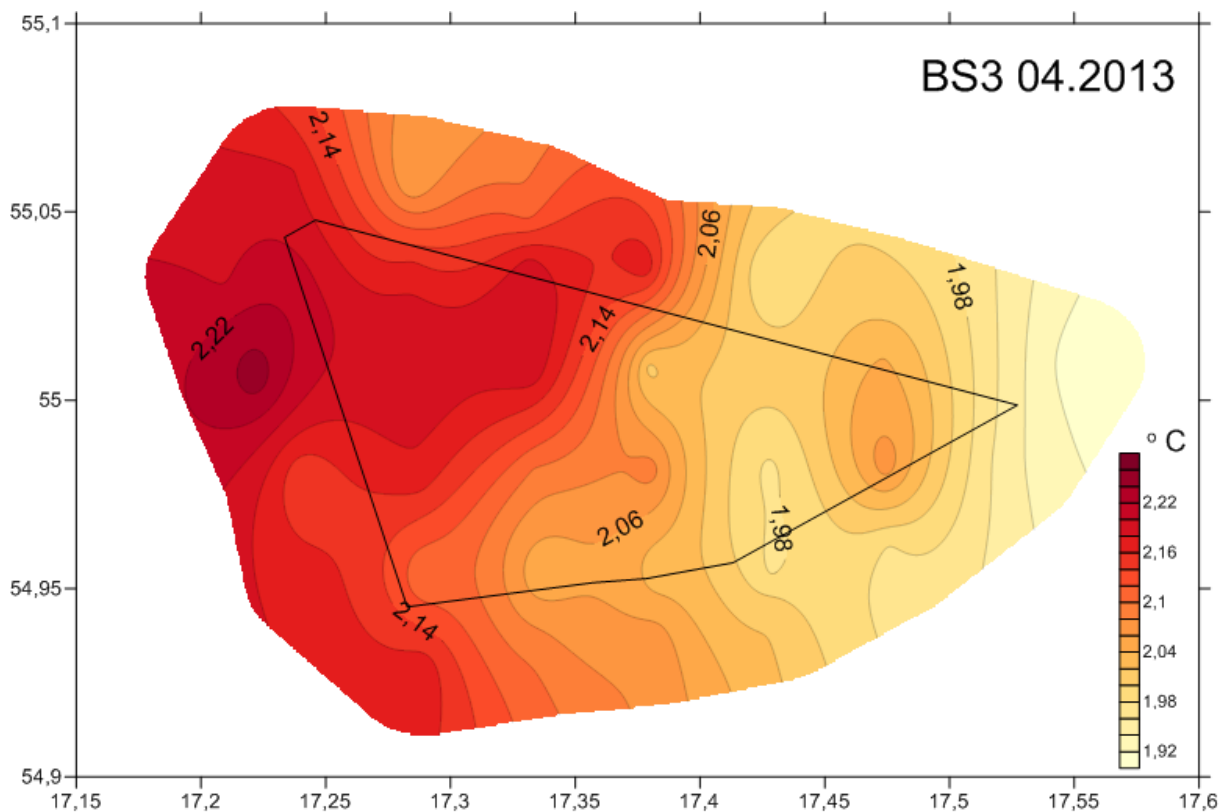
Kwiecień 2013

Temperatura warstwy powierzchniowej morza na polu MFW BŚ III w kwietniu 2013 zawierała się w wartościach od 2 – 2,5 °C (Rysunek 191). Różnica między wartością maksymalną, a minimalną na powierzchni wyniosła 0,5 °C. Średnia wartość temperatury przy powierzchni wyniosła 2,23 °C. Najcieplejszym obszarem była południowa część pola BŚ III. Wartości zbliżone lub równe wartości minimalnej temperatury wystąpiły na północnej części obszaru MFW BŚ III (najpłytszy obszar o maksymalnej głębokości do 23 m). Wartości zbliżone do maksymalnych pokrywały większość pomierzonego pola. Widoczny jest wzrost temperatury powierzchniowej wody (w porównaniu do pomiarów z lutego) w związku ze zwiększaniem się wartości nasłonecznienia oraz wydłużaniem dnia.



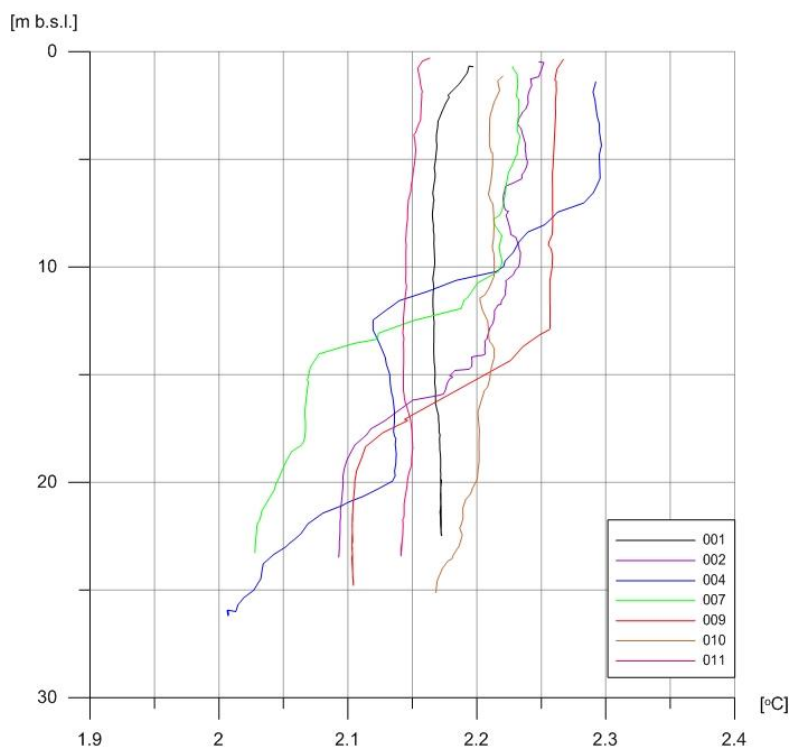
Rysunek 191. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z kwietnia 2013

Temperatura wody w warstwie przydennej w kwietniu 2013 zmieniała się w zakresie pomiędzy 1,92 – 2,22 °C (Rysunek 192).. Amplituda wartości wyniosła 0,34 °C. Średnia temperatura przy dnie wyniosła 2,09 °C. Wartości minimalne obejmowały wschodnią część obszaru (na północy głębia, na południu wypłylenia), a maksymalne zachodnią (głębina do maksymalnie 42 m p.p.m.). Temperatura przy dnie pozostaje jednorodna na całym polu. Wartości przydenne przyjmują nieco niższe wartości niż przy powierzchni. Świadczy to o zapoczątkowaniu kształtowania się warunków stratyfikacji letniej w morzu.



Rysunek 192. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z kwietnia 2013

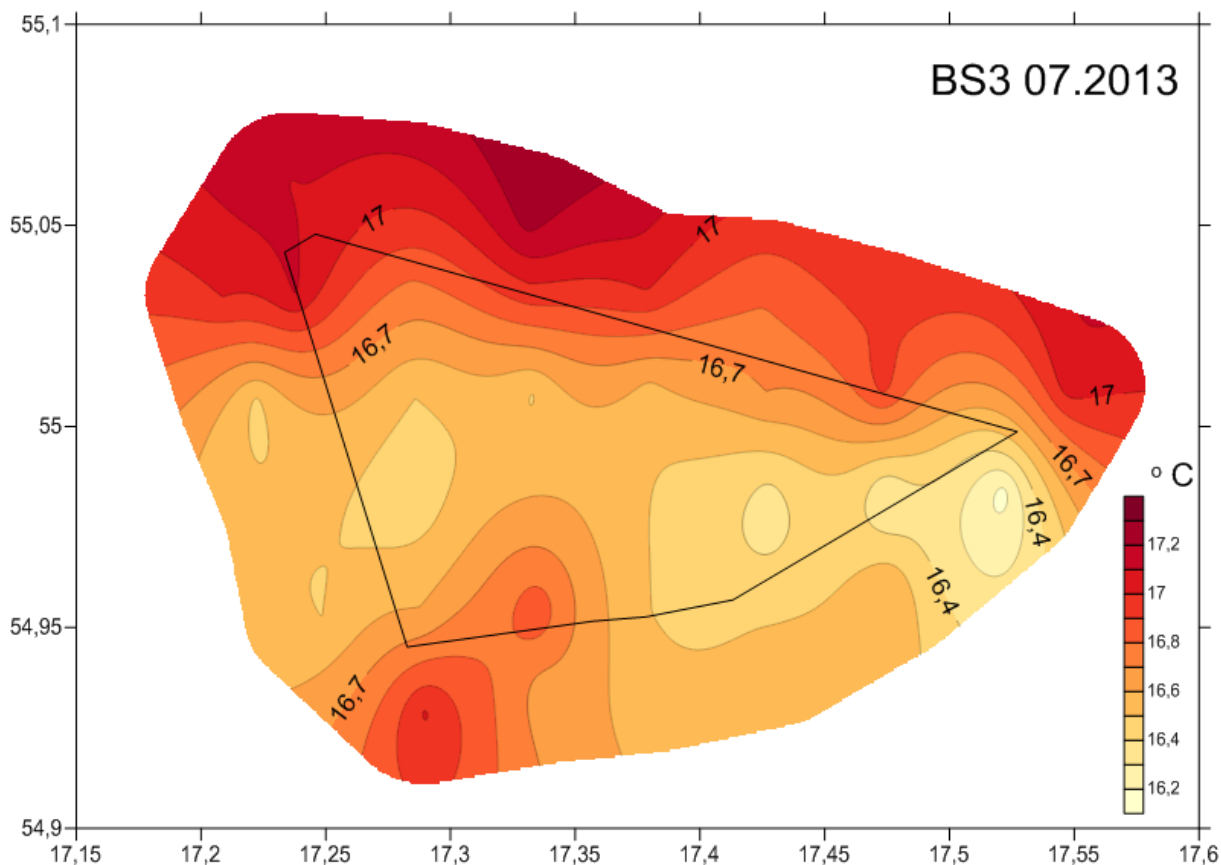
Pionowy profil temperatury pomierzonej w kwietniu 2013 pokazał rozwój stratyfikacji letniej w morzu (Rysunek 193). Wartości temperatury zaczęły być niższe przy dnie, a wyższe na powierzchni morza. Termoklina ustaliła się na głębokości 16 m. Punkt 1 oraz 11 charakteryzował się brakiem kształtowania się letniej stratyfikacji.



Rysunek 193. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z kwietnia 2013

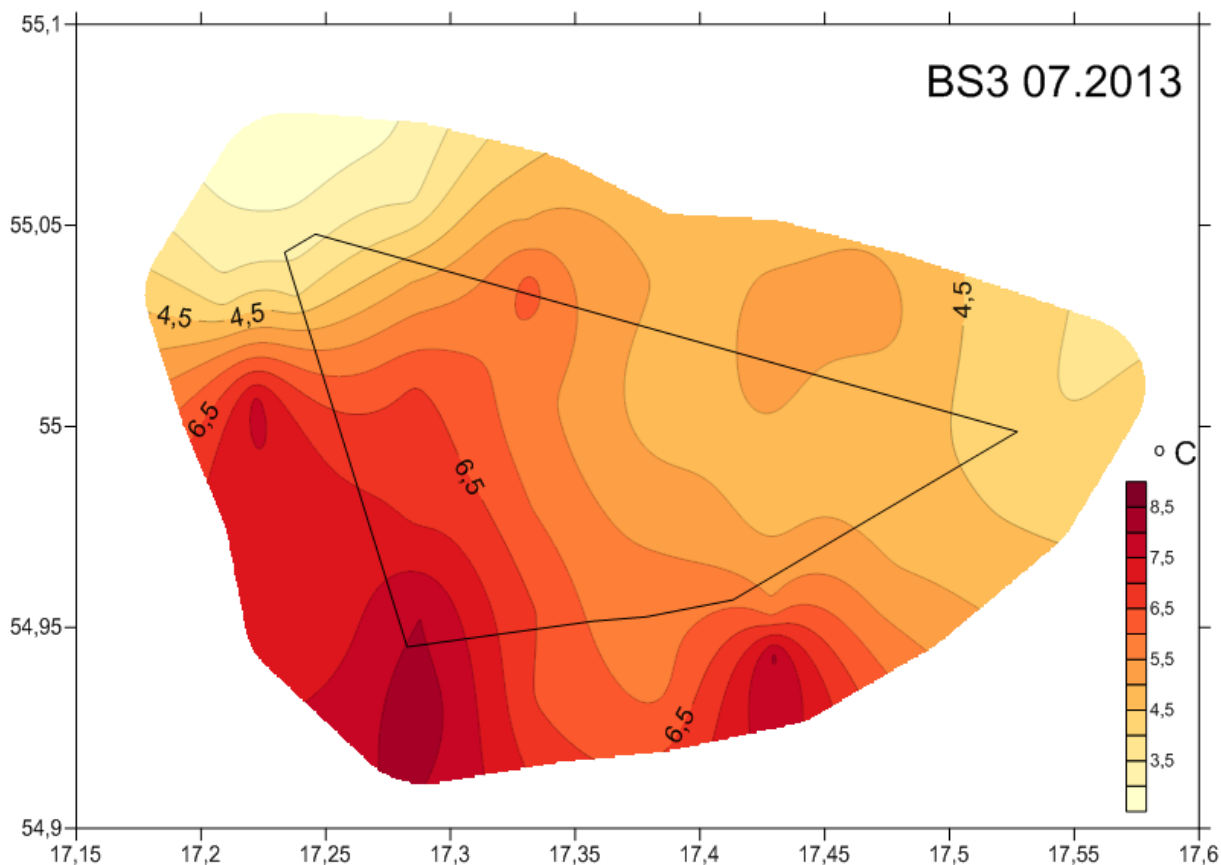
Lipiec 2013

Zmierzone wartości temperatury w warstwie przy powierzchniowej na polu MFW BŚ III w lipcu 2013 cechowały się znacznie wyższymi wartościami od otrzymanych ze wcześniejszych pomiarów (Rysunek 194) (z października 2012, lutego i kwietnia 2013). Wartości zawierały się od 16,2 do 17,2 °C. Różnica między temperaturą maksymalną i minimalną wyniosła 1 °C. Wartość średnia temperatury powierzchniowej wyniosła 16,70 °C. Dominowały wartości zbliżone lub równe wartości minimalnej (16,2 °C) w przeciwieństwie do wyników pomiarów kwietniowych. Minima temperatury znajdowały się na obszarze południowym, najpłytszym pola BŚ III. Wartości maksymalne objęły północną, najgłębszą część obszaru pola, odwrotnie było w przypadku rozkładu wartości temperatur zaobserwowanych w kwietniu 2013 roku.



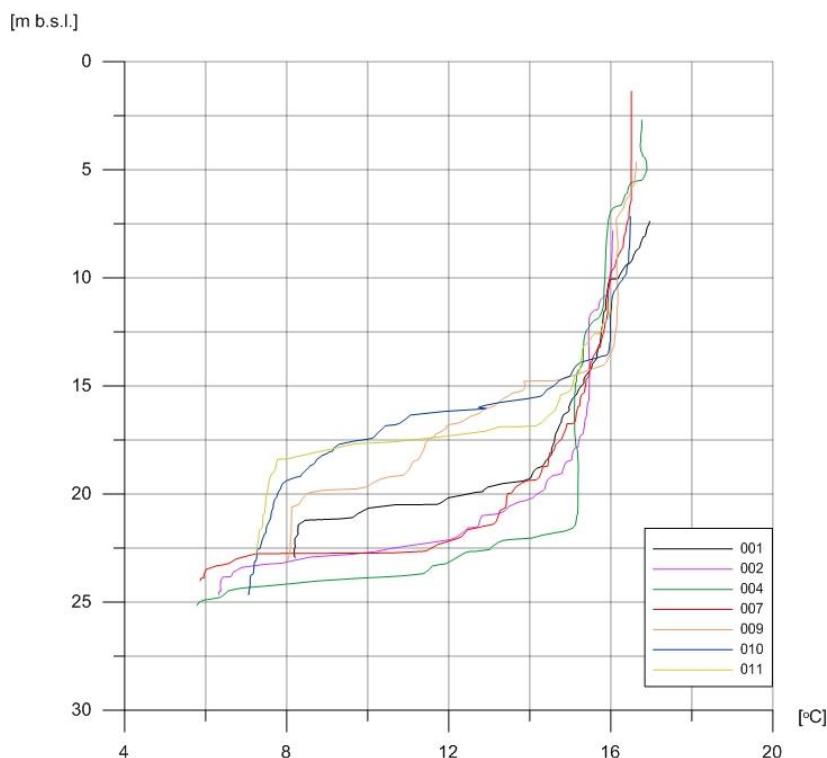
Rysunek 194. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z lipca 2013

Wartości temperatury wody w warstwie przydennej w lipcu 2013 zawierały się w granicach od 3 do 8 °C (Rysunek 195). Różnica między maksimum i minimum wyniosła 5 °C. Wartość średnia tego parametru przy dnie wyniosła 5,57 °C. W obszarze pola dominowały wartości zbliżone lub równe wartości minimalnej temperatury, tak jak w warstwie przypowierzchniowej, jednakże w tym przypadku wartości zbliżone do bliskie wartości minimalnej objęły północną część obszaru pola (najgłębsza część pola MFW BŚ III). Najcieplejszym obszarem pola BŚ III przy dnie była część południowa, w przeciwieństwie do warstwy powierzchniowej, gdzie najcieplejszym obszarem była północ część obszaru. Wody przydenne są chłodniejsze od powierzchniowych, przez co osiadają stabilnie na dnie i nie są mieszane dynamicznie. Barierą dla mieszania się warstwy przydennej z wodami płytszymi jest termoklina na głębokości 15 – 20 m .p.p.m.



Rysunek 195. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z lipca 2013

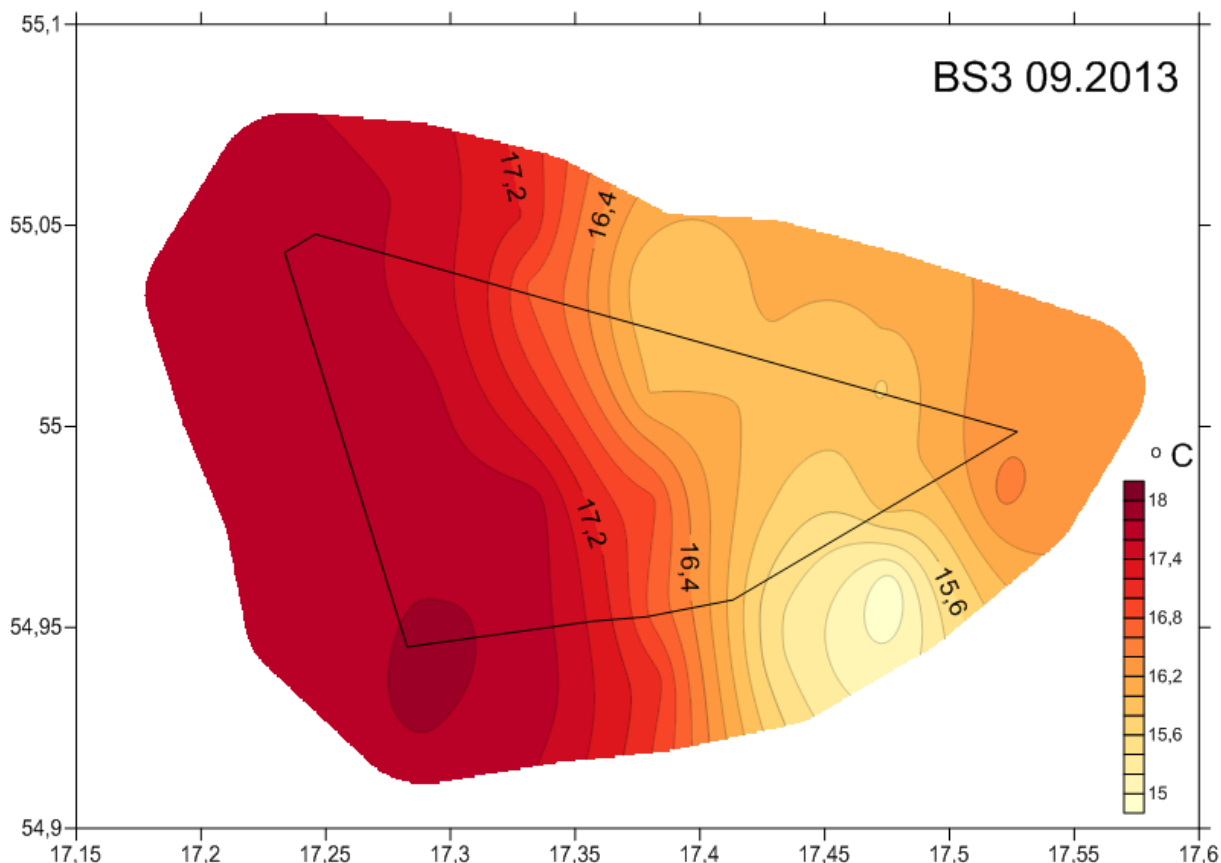
Wraz z upływem czasu, termoklina sytuuje się coraz głębiej w toni (Andrulewicz i in., 2008). Na niżej przedstawionym wykresie (Rysunek 196) zjawisko to występuje na głębokości od 15 do 22,5 m. Na wykresie pionowego przebiegu wartości temperatury dla lipca 2013 wyraźnie widać wysoki stopień wymieszania wód do głębokości 15 m. Jest to potwierdzenie tego, że termoklina stanowi barierę, poniżej której wody nie ulegają tak dobremu wymieszaniu i ich cechy zaczynają znacznie odbiegać od warunków powyżej termokliny (np. niższa temperatura przy dnie).



Rysunek 196. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z lipca 2013

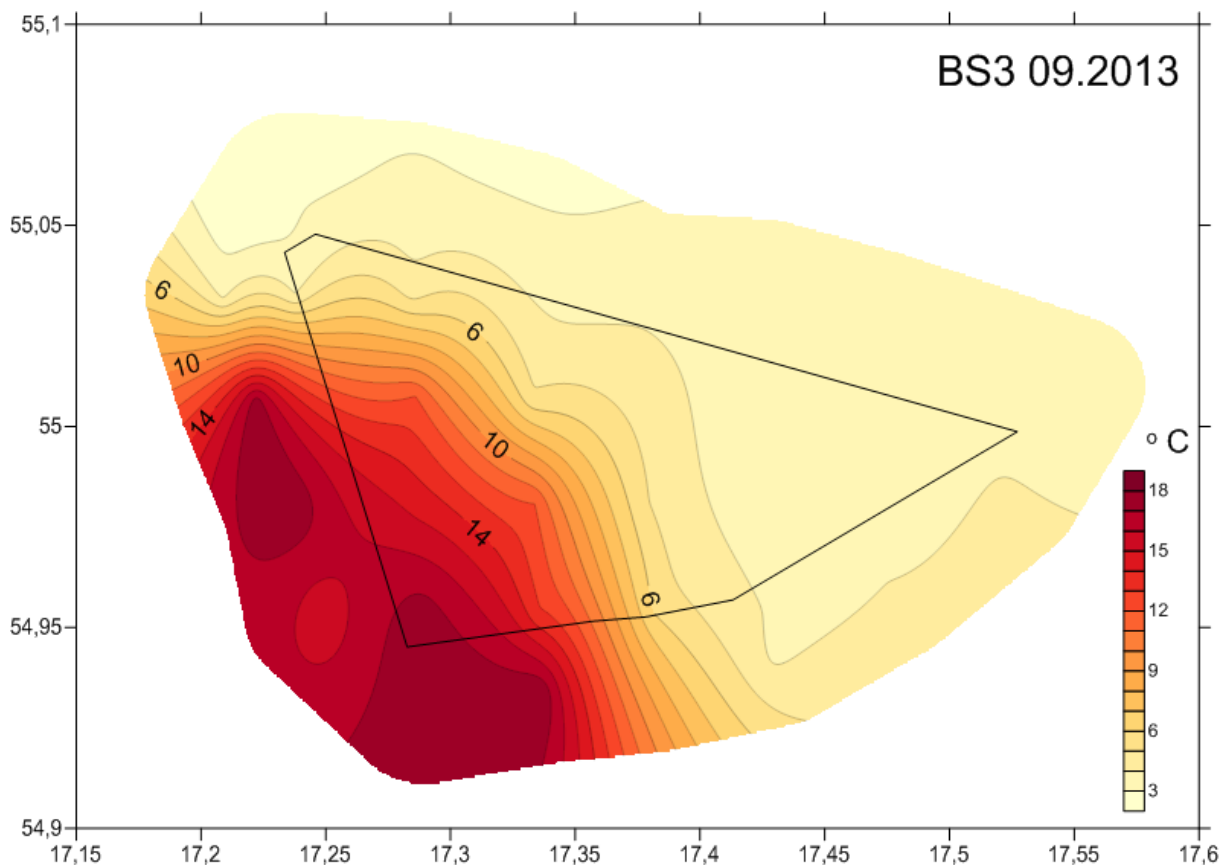
Wrzesień 2013

Temperatura powierzchni morza we wrześniu 2013 roku na polu MFW BŚ III osiągnęła wartości najwyższe zarejestrowane w czasie wszystkich poborów. Zawierała się ona pomiędzy 15 a 18 °C (Rysunek 197). Najcieplejszym obszarem była część zachodnia pola (na północnym – zachodzie głębia, na południowym – zachodzie wypłyca), a najchłodniejszym jego część wschodnia (maksymalne głębokości). Amplituda wyniosła 3 °C. Wartość średnia temperatury powierzchniowej wyniosła 16,85 °C. Widoczne jest też niski poziom zróżnicowania temperatury na powierzchni morza. Rozpoczęcie się jesieni zapoczątkuje na nowo cykl konwekcji wody i wraz z ochładzaniem się temperatury powierzchni morza różnica między temperaturą powierzchniową i przydenną zostanie zniwelowana.



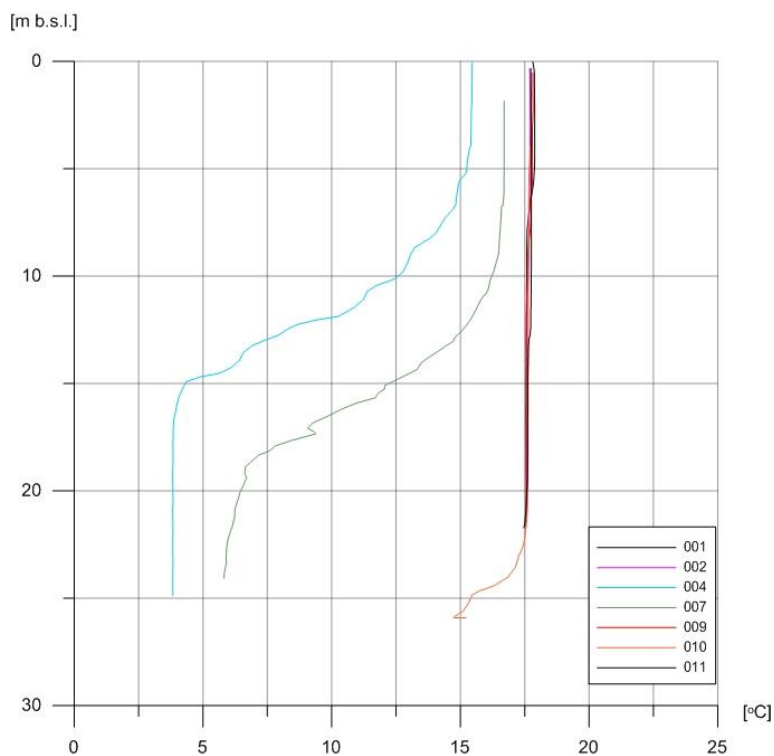
Rysunek 197. Temperatura powierzchniowa pola MFW BS III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z września 2013

Zmienna temperatura warstwy przydennej w obszarze pola BS III we wrześniu 2013 cechowała się dużą amplitudą. Wartość maksymalna wyniosła 18 °C, a minimalna 3 °C (Rysunek 198). Różnica między wartościami ekstremalnymi wyniosła 15 °C. Wartość średnia temperatury przy dnie wyniosła 7,45 °C. Największą część obszaru zajmowały wartości temperatury wody zbliżone do minimalnych. Oznacza to brak utrzymywania się termokliny i rozpoczęcie się silnego mieszania w całym przekroju toni między warstwą powierzchniową i przydenną. Chłodniejsze masy wody (na większości obszaru, poza jego południowo – zachodnią częścią, czyli najgłębsze obszary pola MFW BS III) zostały wypchnięte na powierzchnię ruchem orbitalnym, dlatego maksimum temperatury wody przy dnie znajduje się w południowo – zachodniej, głębszej części, a minimalne wartości temperatury zostały ochłodzone wodami znad dna i pokryły wschodnią i południowo – wschodnią część obszaru pola przy powierzchni. Rozpoczęło to proces kształtowania stratyfikacji zimowej w morzu.



Rysunek 198. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z września 2013

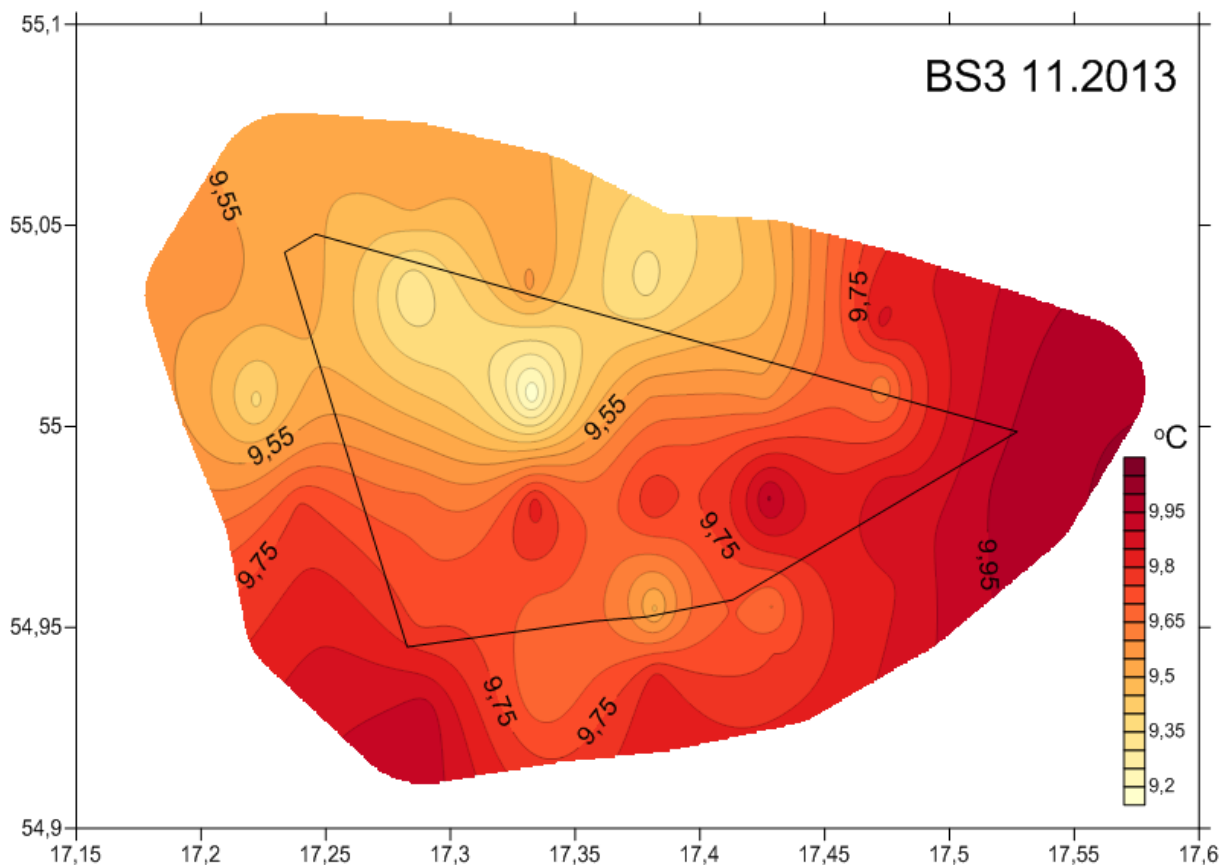
Pionowe profile temperatury we wrześniu 2013 roku na polu MFW BŚ III miały zróżnicowany przebieg (Rysunek 199). Większość punktów wskazywała na brak termokliny i stratyfikacji zimowej morza (konwekcja, silne wymieszanie całego pionu wody). Kilka punktów (4, 7, 10) nie wykazało stratyfikacji zimowej, termoklina jest wciąż widoczna. W przypadku 10 punktu termoklina znajdowała się na bardzo dużej głębokości (powyżej 20 m), co świadczy o silnym mieszaniu się wód w pionie i praktycznym zaniku termokliny. Punkty 4 oraz 7 z poboru wód, wciąż wykazywały niskie wymieszanie wód i utrzymywanie się termokliny.



Rysunek 199. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z września 2013

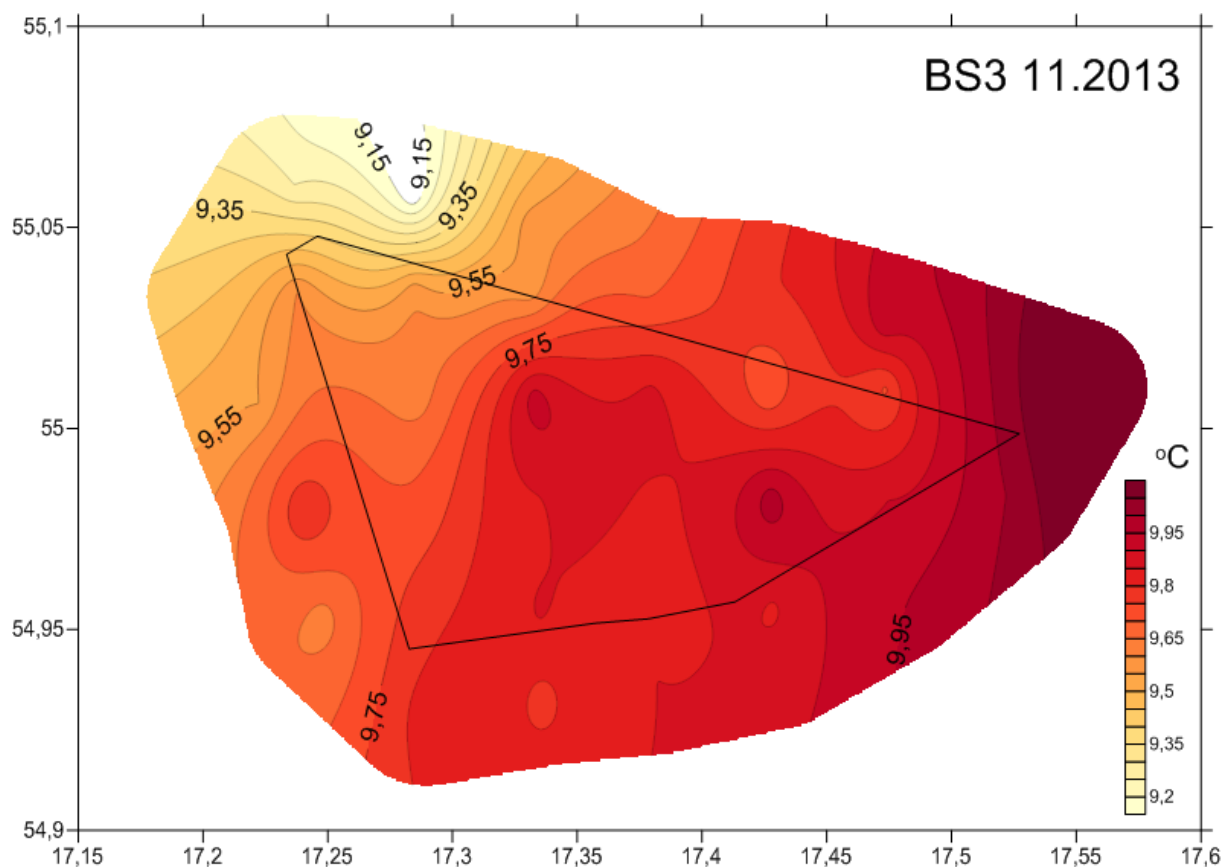
Listopad 2013

Temperatura powierzchniowa otrzymana z pomiarów listopadowych cechowała się niższymi wartościami niż wartości lipcowe i wrześniowe. Widoczna była ponowna stratyfikacja zimowa, silne wymieszanie całej toni. Temperatura przy powierzchni zawierała się pomiędzy 9,2 °C, a 10 °C. Amplituda tych wartości wyniosła 0,83 °C (Rysunek 200). Wartość średnia temperatury powierzchniowej wyniosła 9,65 °C. Najcieplejszym obszarem pola była część południowa i południowo – wschodnia. Chłodniejszą temperaturę miał obszar północny i północno – zachodni. Temperatura była równomiernie rozmieszczona w całym pionie.



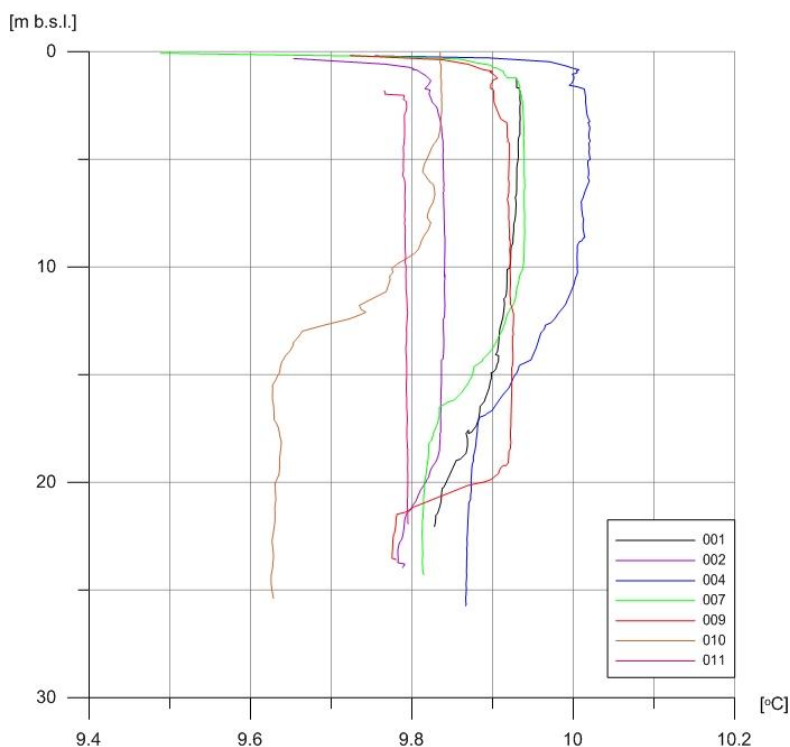
Rysunek 200. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z listopada 2013

Temperatura w warstwie przydennej kształtująca się w listopadzie 2013 roku na polu BŚ III zawierała się w tych samych granicach co w warstwie przypowierzchniowej (Rysunek 201). Średnia wartość temperatury przy dnie wyniosła 9,75 °C. Rozkład obszarowy temperatur był również zbliżony do powierzchniowego. Woda była wymieszana w całym pionie.



Rysunek 201. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z listopada 2013

Pionowy przebieg wartości temperatury dla punktów na polu MFW BŚ III pokazał widoczne ukształtowanie się stratyfikacji zimowej i istnienie zjawiska konwekcji (Rysunek 202). Warstwa powierzchniowa jest modyfikowana przez warunki atmosferyczne oraz falowanie, dlatego cechuje się wartościami znacznie niższymi niż w warstwach głębszych. W niektórych punktach warunki wykazują się mniejszą stabilnością niż w październiku 2012.



Rysunek 202. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z listopada 2013

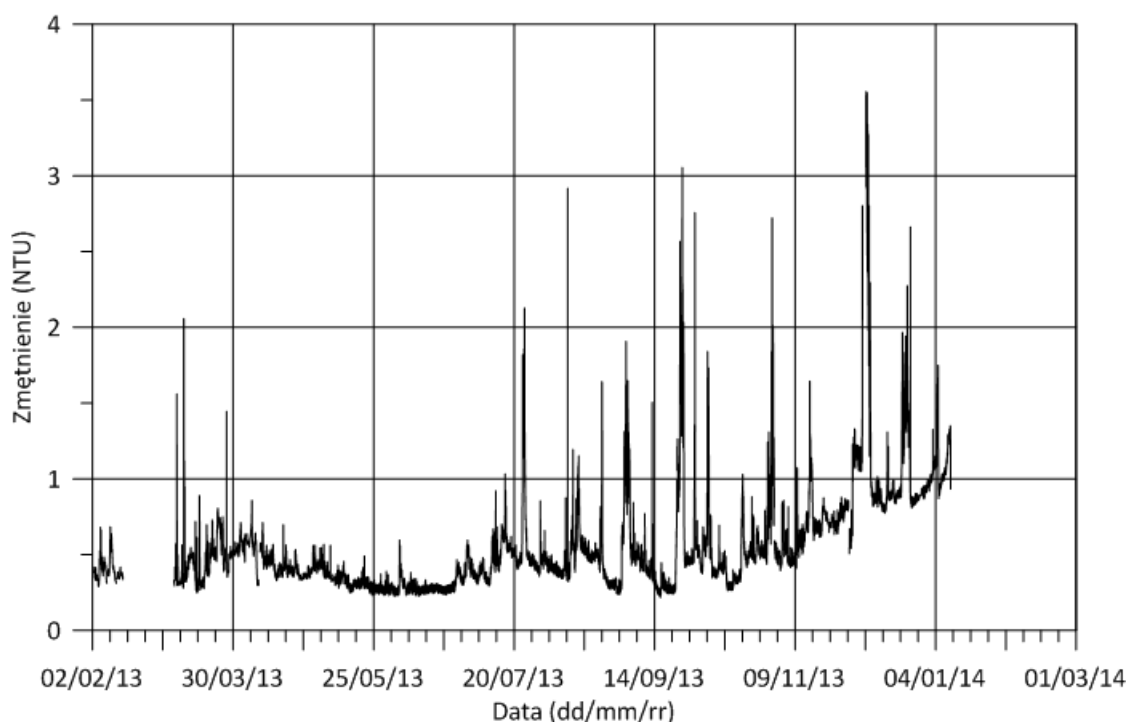
5.5 Warunki lodowe

Na pławie pomiarowej nie było zainstalowanej aparatury pozwalającej rejestrować zjawiska lodowe na morzu, jakie mogłyby wystąpić w jej otoczeniu. Tym nie mniej na podstawie informacji dotyczących warunków lodowych na Bałtyku publikowanych na bieżąco przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Gdyni w sezonie zimowym 2012/13, jak też i na podstawie informacji uzyskanych w czasie rejsów serwisowych do pławy można stwierdzić, że zjawiska lodowe na polu MFW BŚ III nie występowały.

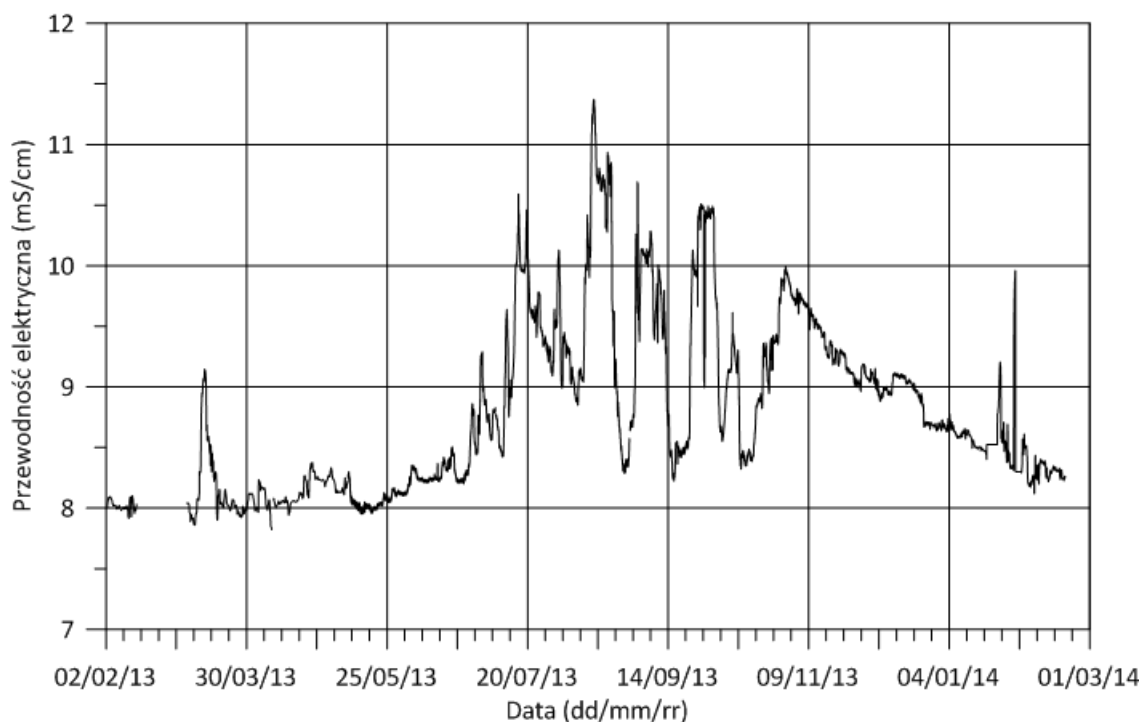
5.6 Zmętnienie i przewodność elektryczna wody nad dnem

Do pomiaru zmętnienia i przewodności elektrycznej wody zainstalowano dwa czujniki na ramie prądomierza profilującego na wysokości około 0,5 m nad powierzchnią dna. Zmętnienie wody mierzono w okresie od 02.02.2013 do 10.01.2014 a jej przewodność – od 02.02.2013 do 19.02.2014. Z wcześniejszego okresu brak jest wyników rejestracji, ale jak pokazują poniższe rysunki (rysunek 204 i Rysunek 205), nie powinno mieć to wpływu na ogólną ocenę wielkości zmętnienia i przewodności elektrycznej przy dnie w ciągu całego roku.

Uzyskane wyniki i przedstawione są w formie graficznej na poniższych rysunkach (Rysunek 203 i Rysunek 204).



Rysunek 203. Zmętnienie wody nad dnem w punkcie 001 pola MFW BŚ III



Rysunek 204. Przewodność elektryczna wody nad dnem w punkcie 001 pola MFW BŚ III

5.7 Warunki meteorologiczne

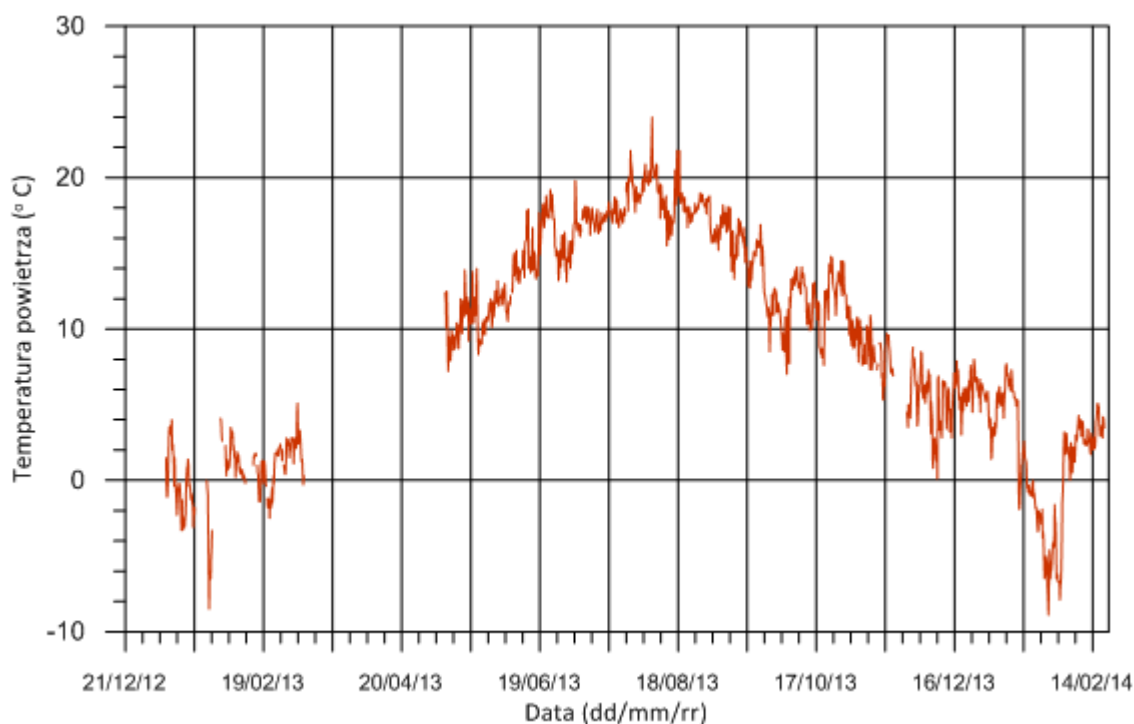
Podczas pomiaru parametrów oceanograficznych automatyczna stacja meteorologiczna na boi rejestrowała parametry takie jak temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, prędkość wiatru

oraz jego kierunek. Poniżej przedstawiono wyniki rejestracji dla całego okresu pomiarowego. Na potrzeby niniejszego raportu przedstawiono dane dotyczące temperatury powietrza (w °C), prędkości wiatru (w m/s) oraz kierunków wiatru (za pomocą różny kierunków).

5.7.1 Temperatura powietrza

Poniższy rysunek (Rysunek 205) przedstawia przebieg zmian temperatury powietrza nad powierzchnią morza na polu MFW BŚ III zmierzony w okresie od stycznia 2013 do końca lutego 2014. Widoczne przerwy w rejestracji danych wynikły z powodu awarii automatycznej stacji meteo na pławie, powstałej podczas silnego sztormu na przełomie stycznia i lutego 2013 roku oraz w okresie zimowym, kiedy przez niedostateczne nasłonecznienie pojawiały się niedobory energii niezbędnej do zasilania urządzeń rejestrujących. Przerwy w pomiarach nie miały wpływu na jakość wyników, ponieważ nie wystąpiły w okresie najniższej i najwyższej wartości temperatury powietrza. Dodatkowo została zarejestrowana i przedstawiona tendencja zmienności temperatury powietrza, która umożliwia charakterystykę obszaru badań, pomimo niekompletności zestawu danych.

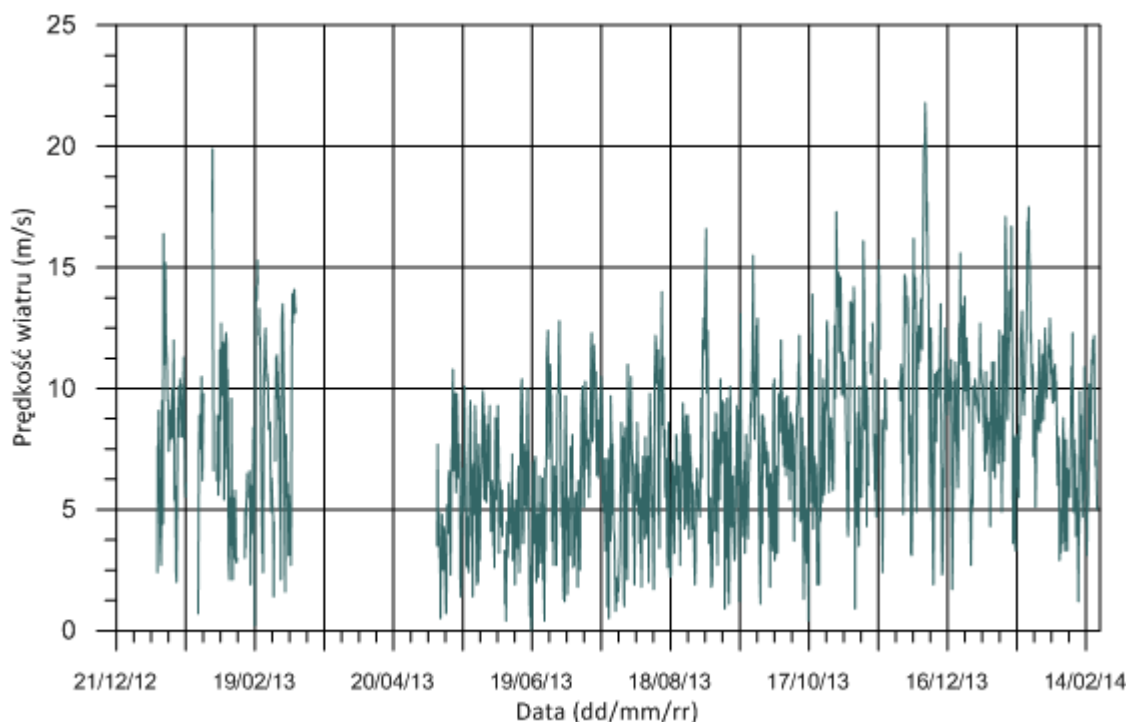
Minimalną wartość temperatury (-8,5 °C) zanotowano 26.01.2013 oraz 10.01.2014 (-8,3 °C), natomiast wartość maksymalną (23,6 °C) 06.08.2013.



Rysunek 205. Temperatura powietrza nad powierzchnią morza na polu MFW BS III

5.7.2 Warunki wietrzne

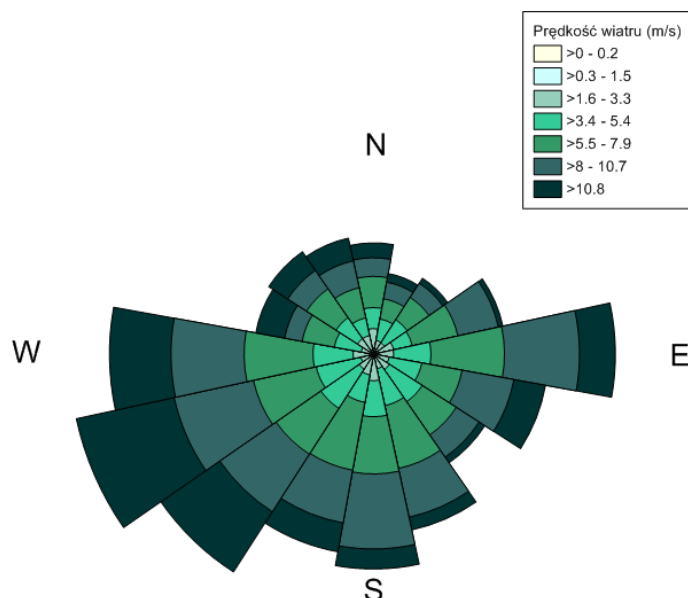
Na poniższym rysunku (Rysunek 206) przedstawiono przebieg prędkości wiatru zarejestrowaną na morzu w okresie od stycznia 2013 do końca lutego 2014, przez wiatromierz automatycznej stacji meteo na pławie umieszczony na wysokości około 4,5 m nad powierzchnią wody.



Rysunek 206. Prędkość wiatru nad powierzchnią morza na polu MFW BS III

Maksymalną prędkość wiatru, która wyniosła 20,8 m/s (9 stopni w skali Beauforta), zanotowano w dniu 31.01.2012 podczas przejścia silnego sztormu na morzu. Spowodował on znaczne uszkodzenie urządzeń rejestrujących, których ponowne uruchomienie było możliwe dopiero na początku maja 2012. Nie ma to wpływu na jakość danych, ponieważ wartość maksymalna została zarejestrowana w późniejszym okresie, podczas huraganu (12 stopni w skali Beauforta) o nazwie Ksawery. Prędkość wiatru podczas tego zjawiska mającego miejsce 8.12.2013 przekroczyła 23 m/s. W analizowanym okresie przeważały wiatry wiejące z sektorów zachodnich i południowo-zachodnich (powietrze polarno – morskie znad północnego obszaru Atlantyku i powietrze kontynentalne – morskie znad Azorów).

Na poniższej różnicy wiatrów (Rysunek 207) przedstawiono kierunki i prędkości wiatru w skali Beauforta (wg Komisji JCOMM), która obejmuje wartości w zakresie od 0 – 5 stopni. Wiatry o wyższej sile miały minimalny udział.



Rysunek 207. Prędkości i kierunku wiatru nad powierzchnią morza na polu MFW BS III

6. Ekstremalne warunki hydrodynamiczne dla potrzeb wyznaczenia parametrów konstrukcyjnych

W tabeli poniżej zostały przedstawione wartości średnie i maksymalne prędkości prądów morskich (cm/s) uzyskane po podzieleniu toni wodnej na warstwy czterometrowe. Wartości minimalne dla prędkości prądów wyniosły 0 m/s więc nie zostały uwzględnione w poniższej tabeli (Tabela 11).

Tabela 11. Statystyka prędkości przepływów (cm/s) dla pola MFW BŚ III w okresie grudzień 2012 – styczeń 2014

	MFW BŚ III 001		MFW BŚ III 002	
	maksimum	średnia	maksimum	średnia
0-4	80,35	13,65	102,88	18,28
4-8	72,84	9,75	74,58	12,14
8-12	68,13	9,28	75,67	11,50
12-16	69,61	9,21	76,40	10,96
16-20	70,07	9,34	77,26	10,62
20-24	65,73	9,20	73,68	9,95
24-28	66,43	8,42	68,88	9,02

W poniższej tabeli zestawiono maksymalne, średnie i minimalne wartości wybranych parametrów falowych pomierzonych w odstępach godzinnych. Parametry te obejmują wysokości fali maksymalnej H_{maks} , dziesięcioprocentowej H_{10} , znacznej H_{m0} i H_3 i średniej H_{sr} oraz okresy fali piku T_p i średniej T_z a także okres spektralny T_{m02} .

Tabela 12. Wybrane parametry falowe dla punktów 001 i 002 pola MFW BŚ III

MFW BŚ III wartość parametr	Punkt 001			Punkt 002		
	maksymalna	średnia	minimalna	maksymalna	średnia	minimalna
H_{maks}	6,14	1,48	0,11	5,82	1,40	0,11
H_{10}	4,60	1,12	0,08	4,37	1,06	0,08
H_{m0}	3,89	0,96	0,07	3,69	0,90	0,07
H_3	3,73	0,89	0,06	3,59	0,85	0,07
H_{sr}	2,41	0,57	0,04	2,32	0,54	0,04
T_p	9,18	4,82	1,34	9,10	4,79	1,46
T_z	6,45	3,56	1,76	6,29	3,56	1,82
T_{m02}	6,11	3,31	1,62	5,98	3,29	1,70

7. Podsumowanie wyników

7.1 Jakość wody

Parametry fizyko-chemiczne wody w rejonie MFW BŚ III generalnie nie odbiegały zasadniczo od typowych zawartości dla wód południowego Bałtyku.

Wody te charakteryzowały się zasadowym odczynem (pH od 7,0 do 8,8), zasadowością ok. 1,75 oraz stosunkowo dobrym natlenieniem, ze zmiennością sezonową charakterystyczną dla wód południowego Bałtyku. Ocena jakości wody w obszarze MFW BŚ III, w oparciu o zawartość tlenu w warstwie przydennej w okresie letnim (VII, IX) wskazuje na dobry stan (brak deficytu tlenowego). Średnie zawartości tlenu rozpuszczonego w tym okresie występowały powyżej wartości granicznej $6,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Krzymiński i in., 2013).

W całym okresie pomiarowym (październik 2012 – listopad 2013) średnie biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT_5) w próbkach wód pobranych z obszaru MFW BŚ III w poszczególnych okresach pomiarowych, zawierało się w przedziale $\leq 2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Najniższe średnie wartości biologicznego zapotrzebowania tlenu (BZT_5) potrzebnego do utlenienia związków organicznych na drodze biochemicznej w poszczególnych okresach pomiarowych były w kwietniu i lipcu 2013r., co korelowało z najniższymi też w tym okresie wartościami ogólnego węgla organicznego (OWO) i najwyższym natlenieniem wód. Najwyższe zaś wartości BZT_5 obserwowano w październiku 2012r., kiedy stężenie ogólnego węgla organicznego osiągało również najwyższe wartości.

Również zawiesina w poszczególnych okresach pomiarowych występowała na poziomie typowym dla wód południowego regionu Morza Bałtyckiego. Najniższe średnie stężenia zawiesiny w badanym obszarze występowały w okresie jesienno- zimowym (około $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$, zaś najwyższe w kwietniu ($4,48 \text{ mg dm}^{-3}$, co mogło być spowodowane rozpoczęciem wzmożonej produkcji pierwotnej.

Zawartość substancji biogenicznych (azotu ogólnego, azotu mineralnego (azotanów, azotynów i amoniaku), fosforanów oraz fosforu ogólnego) w badanych wodach wykazywała zmienność sezonową charakterystyczną dla wód południowego Bałtyku. Najniższe stężenia badanych substancji występowały w lipcu ($\text{DIN } 0,153 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{N}_{\text{og}} 13,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{PO}_4 0,24 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{P}_{\text{og}} 0,49 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), natomiast w miesiącach jesienno-zimowych (październik, listopad, luty) obserwowano ich znaczny wzrost zgodnie z sezonową tendencją odbudowy substancji biogenicznych. Średnie wartości stężeń z okresu jesienno-zimowego wyniosły: $\text{DIN } 1,332 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{N}_{\text{og}} 25,94 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{PO}_4 0,36 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{P}_{\text{og}} 0,69 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Wody badanego rejonu charakteryzowały się niskimi zawartościami substancji szczególnie szkodliwych. Na poziomie śladowym występowały stężenia: polichlorowanych bifenyli, olejów mineralnych (indeks oleju mineralnego), cyjanków wolnych i związanych, metali (Pb, Cd, Cr, Cr(VI), As, Ni, Hg) oraz fenoli. Badane wody charakteryzują się również niskimi wartościami aktywności ^{137}Cs ($31,7 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$) oraz ^{90}Sr ($7,6 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$), typowymi dla wód południowego Bałtyku i potwierdzają bardzo powolną tendencję spadkową stężeń ^{90}Sr i ^{137}Cs na obszarze Morza Bałtyckiego (Zalewska, 2012).

W rejonie MFW BŚ III zaobserwowano niewiele wyższe od literaturowych stężenia WWA, co wynikać może z różnic na etapie przygotowania próbek do analizy (WWA oznaczano w wodach bez oddzielenia materii zawieszanej). Oznaczone stężenia WWA były dość dobrze skorelowane z zawartością węgla organicznego (OWO).

Porównując otrzymane wyniki badań wód z wartościami granicznymi określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 09 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2011, Nr 257, poz.1545), można badany obszar MFW BŚ III zaliczyć do I klasy jakości wód (stan bardzo dobry) ze względu na zawartość tlenu rozpuszczonego przy dnie, BZT_5 , nieorganicznych związków azotu (w okresie zimowym), fosforu ogólnego i OWO (w okresie letnim), cyjanków wolnych i związanych, indeksu oleju mineralnego, fenoli oraz metali (As, Cr (VI), Cu).

W wodach badanego obszaru nie stwierdzono również przekroczenia wartości granicznych wskaźników jakości wód dla WWA (naftalenu, fluorantenu benzo(a)pirenu, sumy benzo(b)fluorantenu i benzo(k)fluorantenu oraz sumy benzo(g,h,i)perylenu i indeno(1,2,3,c,g)pirenu) jak również kadmu, ołowiu, rtęci i niklu.

Jednakże ze względu na nieznaczne podwyższenie średniorocznego odczynu badanych wód oraz stężenia azotu ogólnego w miesiącach letnich i fosforanów w okresie zimowym, wody z rejonu MFW BŚ III zostały zaliczone do II klasy jakości wód to znaczy wód o dobrym stanie (w oparciu o wyniki badań fizykochemicznych).

7.2 Prądy morskie

Widoczny jest bezpośredni wpływ bieżących warunków atmosferycznych na kształtowanie się wielkości i charakteru przepływów wody, przy czym ze względu na obszar otwartego morza gdzie znajdowały się przyrządy pomiarowe, wpływ ten zaznacza się wyraźnie w różnicy między dynamicznie kształtującymi się warunkami na granicy woda – powietrza oraz powoli zmieniającymi się warunkami przydennymi morza. Widoczne jest sezonowe zróżnicowanie wartości prędkości prądów. Największą zmienność odnotowano w warstwie na głębokości 0-4 m p.p.m., gdzie na początku lutego w okresie jesiennym maksymalne prędkości przepływu wody dochodziły do 102 cm/s w punkcie pomiarowym

BS III 002. Takie wartości przepływu wody zanotowano w czasie silnego sztormu na Bałtyku w dniach 31.01 – 02.02.2013 r., przy czym dla tego okresu nie udało się wykonać podobnych rejestracji w punkcie pomiarowym BS III 001. Widoczne są duże różnice wartości maksymalnych prędkości przepływów w obu miejscach pola pokazane w tabeli znajdującej się w rozdziale 6 (Tabela 11). Prędkości przepływu wody w warstwach położonych głębiej, oscylują w granicach od 0 do 50 cm/s i cechują się znacznie mniejszymi amplitudami.

7.3 Falowanie

Poprawne pomiary falowania powierzchniowego w polu MFW BŚ III zostały wykonane dla punktu 001 w okresie od 21.12.2012 do 10.01.2014 (z dwiema przerwami w okresie zimowym) a dla punktu dla punktu 002 w okresie od 07.01.2013 do 19.02.2014, co stanowi ponad pełny rok ciągłej rejestracji. Oznacza to, że pomierzone dane obejmują sezonową zmienność pola falowego włączając w to zarówno warunki spokojnej powierzchni swobodnej morza jak i okresy wzmożonych sztormów. Zmienność tę da się zaobserwować na dołączonych do tego Raportu wykresach (rozdział 5.3).

Najintensywniejsze falowanie miało miejsce w okresie jesienno-zimowym, najspokojniej zaś było wiosną i latem. Najwyższa zarejestrowana fala miała 6,14 m wysokości a najwyższa fala znaczna - 3,89 m. Średnia wysokość fal (liczona jako średnia ze wszystkich zarejestrowanych fal średnich) dla punktu 001 wyniosła 0,57 m a dla punktu 002 - 0,54 m. Ruch falowy odbywał się głównie z kierunku zachodniego (W) i północno-wschodniego (NE). Maksymalne różnice poziomów średnich swobodnej powierzchni morza dla obydwu punktów pomiarowych w omawianym okresie czasu znacznie przekroczyły 1 m.

7.4 Temperatura wody

Przebieg przedstawionego wykresu zmian temperatury w punktach MFW BŚ III 001 i 002 przedstawia warunki sezonowe panujące nad obszarem otwartego morza. Wartości temperatur nie odbiegają od standardowych wartości dla całego okresu pomiarowego. Nie wystąpiły zjawiska ekstremalne, odbiegające od standardowych wartości dla obszaru Bałtyku Południowego (The Climate of Baltic Sea Basin). Zaobserwowano wzrost średniej temperatury Bałtyku (od 6,3 °C do 7,8 °C). Na dużych głębokościach wartość temperatury może przewyższać wartość temperatury na powierzchni z powodu braku wpływu fal i czynników atmosferycznych. Temperatura przydenna jest stabilna, niemodyfikowana zjawiskami dynamicznymi w wodzie i atmosferze.

7.5 Zmętnienie i przewodność elektryczna wody nad dnem

Pomierzone wartości zmętnienia wody nad dnem mieszczą się w zakresie od 0,215 do 3,556 NTU. Średnia wartość dla całego cyklu pomiarowego wynosi 0.553 NTU. Można tu zaobserwować liczne, chwilowe wzrosty tego parametru względem średniego trendu.

Przewodność elektryczna wody nad dnem zmieniała się w zakresie od 7,82 do 11,37 mS/cm. Największe wartości pomierzono w okresie letnim, najmniejsze zaś zimą. Średnia wartość przewodności dla całego okresu pomiarowego wynosi 8,77 mS/cm

7.6 Warunki lodowe

Istnieje znikoma możliwość wystąpienia zjawisk lodowych na obszarze pola MFW BŚ III. Odnosząc się do ostatnich publikacji na ten temat, notowany jest spadek prawdopodobieństwa wystąpienia tego

zjawiska na Morzu Bałtyckim. Z danych modelowych wynika, iż w najbliższych 100 latach może dojść do całkowitego zaniku zlodzenia na obszarze Bałtyku.

7.7 Warunki meteorologiczne

7.7.1 Wiatr

W badanym okresie czasu zmierzone prędkości wiatru zawierały się w zakresie od 0 – 5 stopni w skali Beauforta. Większe prędkości notowano jedynie w czasie silnych sztormów na morzu, które miały miejsce w dniach 31.01 – 02.02.2013 oraz 8 – 10.12.2013. Wtedy zmierzona prędkość wiatru przekroczyła 20 – 23 m/s. Okresem, w którym wieją wiatry o większej sile jest okres jesienno – zimowy. W tym czasie występuje też większość sztormów na morzu. Na obszarze pola MFW BŚ III dominują wiatry z sektora zachodnio – południowego, a także wschodnio – północnego. Wraz w tym powietrzem nad obszar Bałtyku (pole BŚ III) docierają masy powietrza kontynentalno – polarnego raz polarno – morskiego. Wiatry kontynentalno – polarne są wiatrami o mniejszej sile, natomiast polarno – morskie (znad północnego obszaru Atlantyku) są zwykle wiatrami silnymi.

7.7.2 Temperatura powietrza

Temperatura powietrza miała roczny przebieg zgodny ze średnim przebiegiem temperatury na obszarze Bałtyku (Climate of Baltic Sea Basin, 1998). Wartość minimalna nie przekroczyła -10°C . Temperatura maksymalna była mniejsza niż 25°C . Obszar otwartego morza powoduje zatarcie wpływu kontynentu na warunki termiczne. Zimy są łagodniejsze i lata są chłodniejsze.

8. Niedostatki techniki i luki we współczesnej wiedzy

Badania hydrologiczne na obszarze pola MFW BŚ III, obejmujące między innymi pomiary parametrów dynamicznych morza: prądów morskich i falowania powierzchniowego, były wykonywane tylko w dwóch punktach tego obszaru liczącego około 120 km^2 . Pomiary prędkości przepływów obejmowały praktycznie całą grubość toni, z tym, że niedostępna była ostatnia przydenna warstwa wody o grubości około 1m. Spowodowane było to koniecznością umieszczenia głowicy pomiarowej na stojaku o wysokości ok. 60 – 70 cm nad dnem (dla zabezpieczenia przed zasypaniem), a dodatkowo technika wykonywania pomiarów powodowała istnienie strefy martwej, bezpośrednio nad głowicą pomiarową o grubości 0,5 m (blank). Uzyskanie informacji o wielkości ruchu wody w bezpośredniej bliskości dna wymagałoby zastosowania drugiej głowicy skierowanej w dół, co wymagałoby zastosowania bardzo złożonej i dotychczas nieprzetestowanej konstrukcji, która pozwoliłaby uzyskać odpowiednie warunki stabilności urządzenia.

Ze względu jednak na brak istnienia jakichkolwiek punktów osobliwych na badanym akwenie morza, można uzyskane wyniki uznać za wystarczające i reprezentatywne dla całego obszaru. W takiej sytuacji zwiększanie ilości punktów pomiarowych byłoby niecelowe ze względu na znacznie rosnące koszty wykonania pomiarów, ponadto nie wniosło by dodatkowych istotnych informacji. Także wykonanie danych z pomiarów satelitarnych byłoby niewskazane ze względu na ich małą dokładność oraz na fakt, że nie uwzględniają one procesów zachodzących głęboko w toni wodnej.

Nie istnieją dane archiwalne dla pomiarów hydrologicznych i meteorologicznych z tego obszaru morza, gdyż nigdy nie był on objęty stałym monitoringiem. Natomiast wykonane przez Instytut

Morski w Gdańsku pomiary obejmują tylko 13 miesięcy. W takiej sytuacji optymalnym podejściem dla uzyskania parametrów projektowych oraz oceny wpływu projektowanych elektrowni wiatrowych na środowisko jest wykonanie analizy statystycznej wybranych parametrów o zadanym prawdopodobieństwie wystąpienia wykorzystując dane z dostępnych pomiarów terenowych.

Jak już wspomniano powyżej, pomiary prądów morskich, mimo że do ich wykonania stosuje się najnowsze rozwiązania technologiczne, pomijają warstwę wody bezpośrednio przylegającą do dna oraz warstwę przypowierzchniową. Do wartości zmierzonych w warstwie przypowierzchniowej o miąższości 2 - 4 m należy podchodzić z dużą rezerwą, gdyż szybko zmieniająca się granica między wodą a atmosferą oraz jej zatarcie wskutek wymieszania się ośrodka ciekłego i gazowego (pęcherzyki powietrza, aerozole), może wprowadzać błędy nawet większe od wielkości pomiaru. Stąd do oceny poprawności wymagane jest duże doświadczenie osoby analizującej dane.

9. Bibliografia

1. Alloway B.J., Ayres D.C., *Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1999
2. Andrulowicz Eugeniusz, Szymelfenig Maria, Urbański Jacek, Węśławski Jan Marcin, Węśławski Stanisław, *Morze Bałtyckie – o tym warto wiedzieć z 1998, 2008*, Zeszyty Zielonej Akademii, Zeszyt nr 7, Polski Klub Ekologiczny, Gdynia
3. Aminot A. Quality assurance of pre-determination steps for dissolved nutrients in marine samples [w:] *Quality assurance in environmental monitoring. Sampling and sample pretreatment* (red. P. Quevauviller), VCH, Weinheim, rozdz. 4, 100-105, 1995.
4. Bądkowski A., *Rozlewy olejowe na morzu. Przyczyny, zapobieganie, wykrywanie, zwalczanie, największe katastrofy*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk, 1985
5. Bernard P.C., Grieken R.E., Brugmann L., *Geochemistry of Suspended Matter from the Baltic Sea. 1. Results of Individual Particle Characterization by Automated Electron Microprobe*, *Marine Chemistry*, 26 (1989) 155-177, 1989,
6. Bogdaniuk M., Sapota G., Dembska G., Aftanas B., *Determination of PAHs and PCBs in the Polish area of shipwreck exploration*, *Pol. J Environ. Stud.* 21(2), 295-304, 2012
7. Bojanowska I., Bielicka A., Ganczarek P., Świerk K., *Azot i fosfor – substancje odżywcze czy toksyczne, materiały konferencyjne Polska Chemia w Unii Europejskiej*, Gdańsk, 08.06.2004,
8. Bolałek J., Falkowska L., *Analiza chemiczna wody morskiej. Część 1 – Makroskładniki i gazy rozpuszczone w wodzie morskiej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1999
9. Bradtke K., *Pole zawiesiny i jego wpływ na właściwości optyczne wód przybrzeżnych na przykładzie Zatoki Gdańskiej*, Praca doktorska, maszynopis. Biblioteka UG, s. 201, 2004
10. Brutemark A, Engström-Öst J., Vehmaa A., *Long-term monitoring data reveal pH dynamics, trends and variability in the western Gulf of Finland*, *Oceanological and Hydrobiological Studies* 40(3), 91-94, 2011
11. Burska D., Pryputniewicz D., *Badania Hydrologiczne (w:) Wykonanie analiz hydrologicznych, hydrochemicznych, biologicznych i hydrofizycznych z rejonu planowanej inwestycji wypuszczenia kolektora ścieków w Dębogórze. Cz. I. Badania przedinwestycyjne. Sprawozdanie techniczne z rejsów badawczych*. UG, IO (maszynopis):15-19, 2008a
12. Burska D., Pryputniewicz D., Falkowska L. 2005. *Stratification of particulate organic carbon and nitrogen in the Gdańsk Deep (southern Baltic Sea)*. *Oceanologia* 47 (2): 201-217.
13. Carstensen J., Andersen J. H., Dromph K., Fleming-Lehtinen V., Simis S., Gustafsson B., Norkko A., Radtke H., Petersen D.L. J., Uhrenholdt T., *Approaches and methods for eutrophication target setting in the Baltic Sea region*, Helsinki Commission Baltic Marine Environment Protection Commission, Baltic Sea Environment Proceedings No. 133, 2013
14. Council Directive 76/464/EEC of 4 May 1976 on pollution caused certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community, *Official Journal of the European Communities*. 129, 18/05/1976, 0023-0,0029.

15. Dembska G., Gryniewicz M., Wiśniewski S., Aftanas B., *Metale w wodach powierzchniowych na obszarach zurbanizowanych w okolicy Gdańska*, Wiadomości Chemiczne, 2006, **60**, 3-4, str. 302-320, 2006
16. Dojlido J. R., *Chemia wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, 1995
17. Eisma D., *Suspended matter in the Aquatic Environment*, Springer-Verlag, Berlin, . 1993
18. Fabisiak J., *Zagrożenia ekologiczne Bałtyku związane z zanieczyszczeniami chemicznymi węglowodory.*, Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej, Rok XLIX nr 3 (174), 2008
19. Dyrektywa 2006/11/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 15.02.2006r. w sprawie zanieczyszczenia spowodowanego przez niektóre substancje niebezpieczne odprowadzane do środowiska wodnego Wspólnoty.
20. Falkowska L., Bolałek J., Łysiak-Pastuszek E., *Analiza chemiczna wody morskiej. Część 2 – pierwiastki biogeniczne N, P, Si, Fe*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1999
21. Falkowska L., Burska D., Bolałek J., Roguszczyk D., *Short-term changes in the hydrochemical constituents in the water column of the Gdańsk Deep (Baltic Sea) in spring. Part 1. Nutrient and oxygen concentrations in relation to the density stratification*, Oceanologia 40 (2), 83-104, 1998
22. Font G., Mañes J., Moltó J.C., Picó Y. *Solid-phase extraction in multi-residue pesticide analysis of water*, J. Chromatogr. A, 733, 449-471, 1996
23. Forsberg C., *Eutrophication of the Baltic Sea*, The Baltic Sea Environment, BUP Upsala University, Sweden, 1993
24. Fuoco R., Colombini M.P., Abete C., Carignan S., *Polychlorobiphenyls in sediment, soil, and sea water samples from Antarctica*, Intern. J. Environ. Anal. Chem., 61, 309, 1995
25. Galer K. , Makuch B., Wolska L., Namieśnik J., *Toksyczne związki organiczne w osadach dennych: problemy związane z przygotowaniem próbek i analizą*, Chem. i Inż. Ekol., 4(3), 285, 1997
26. Graneli E., Wallstorm K., Larsson U., Graneli W., Elmgren R., *Nutrient limitation of primary production in the Baltic Sea area*, AMBIO 19 (3), 142-151, 1990
27. Grasshoff K., Ehrhardt M., Kremljig K., *Methods of seawater analysis*. Verlag Chem., Weinheim, 1983
28. HELCOM, *Environment of The Baltic Sea area 1994-1998*, Baltic Sea Environment Proceedings No. 82B, Helsinki Commission, 2002.
29. HELCOM, 2013, *Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013*. Balt. Sea Environ. Proc. No. 137
30. HELCOM, *Activities 2005. Overview*, Baltic Sea Environment Proceedings No. 107, Helsinki Commission, 2006.
31. HELCOM, *Activities 2011. Overview*, Baltic Sea Environment Proceedings No. 132, Helsinki Commission, 2012

32. HELCOM, Annex B-15. Technical note on the measurement of total alkalinity in seawater, 2012
33. Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziorowski B., Fizyko – chemiczne badanie wody i ścieków, Wyd. Arkady, Warszawa, 1976
34. Hjalmarsson S, Wesslander K., Anderson L. G., Omstedt A., Pattilä M., Mintrop L., Distribution, long-term development and mass balance calculation of total alkalinity in the Baltic Sea, *Continental Shelf Reserch* 28, 593-601, 2008
35. IAEA, Worldwide Marine Radioactivity Studies (WOMARS), Radionuclides Levels in Oceans and Seas. IAEA-TECDOC-1429, ISBN 92-0-114904-2, s. 125, 2005
36. IARC (International Agency for Research on Cancer), Poly-nuclear Aromatic Compounds. Part 1. Chemicals. In: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans, vol. 32., 1983.
37. Jansen, F., Schrum G., Bachaus J., A climatological dataset of temperature and salinity for the North Sea and the Baltic Sea, *German Journal of Hydrography* 9, 245, 1999
38. JCOMM, Manual on Marine Meteorological Services, załącznik I.12: Marine Climatological Summaries for fixed ship stations, WMO, 2012
39. Jones K.C., Burnett V., Duarte-Davidson R., Waterhouse K.S., *PCBs in the environment, Chem. in Brit.*, 435, 1991
40. Knapinska-Skiba D., Bojanowski R., Piekos R., Dissolved and suspended forms of cesium-137 in Marine and riverine environments of southern Baltic ecosystem. *Nukleonika* 47(2), 53-58, 2002
41. Kopeć J., *Ocena stanu środowiska w gminie Gdańsk za 1999 rok.*, Wyd. Prezydent Miasta Gdańska, Gdańsk, 2000, 1999
42. Korzeniowski K., *Ochrona Środowiska Morskiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1998
43. Kot-Wasik A., Dębska J., Namieśnik J., Monitoring of organic pollutants in coastal waters of the Gulf of Gdańsk, Southern Baltic, *Marine Pollution Bulletin*, 49, 264, 2004
44. Krężel A., Cyberski J. Influence of the Vistula river on suspended matter content in the Gulf of Gdańsk waters, *Studia I Materiały Oceanologiczne. KBM PAN* 64: 27-39, 1993
45. Krzymiński W. (red.), *Wstępna ocena stanu środowiska wód morskich polskiej strefy Morza Bałtyckiego. Raport do Komisji Europejskiej*, Główny inspektorat Ochrony Środowiska, 2013
46. Lang V., Polychlorinated biphenyls in the environment, *J. Chromatogr.*, 595, 1., 1992
47. Lekkas, G. Kolokythas, A. Nikolaou, M. Kostopoulou, A. Kotrikla, G. Gatidou, N.S. Thomaidis, S. Golfinopoulos, C. Makri, D. Babos, M. Vagi, A. Stsinakis, A. Pestas, D.F. Lekkas, *Environmental International*, 30, 995, 2004,
48. *Leksykon ochrony środowiska*, Fundacja Ekobaltic, Gdańsk, 1995.
49. Lulek J., *Polichlorowane bifenyle – analityka i problemy.*, Materiały Sympozjum „Związki organiczne w środowisku i metody ich oznaczania”, 9-12 maja 1995, Jachranka, s. 52, 1995.

50. Luoma S.N., Davis J.A. Requirements for modeling trace metal partitioning in oxidized estuarine sediments, *Mar. Chem.*, **12**, 159, 1983
51. Ma J., Xiao R., Li J., Yu J., Zhang Y., Chen L., Determination of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons in environmental water samples by solid-phase extraction using multi-walled carbon nanotubes as adsorbent coupled with gas chromatography-mass spectrometry, *J. Chromatogr. A*, 1217(34), 5462-5469, 2010
52. Manoli E., Samara C., Konstantinou I., Albanis T., Polycyclic aromatic hydrocarbons in the bulk precipitation and surface waters of Northern Greece, *Chemosphere* 41, 1845, 2000
53. Matthaus W., The history of investigation of salt water inflows into the Baltic Sea- from the early beginning to recent results *Meeres wissenschaftliche Berichte*, 65, IOW, Wamemünde, 2006,
54. Miętus M., Sztobryn M., Stan środowiska polskiej strefy przybrzeżnej Bałtyku w latach 1986-2005, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej , Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2011
55. Migaszewski Z.M., Gałuszka A., Podstawy geochemii środowiska, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2007
56. Morison R.T., Boyd R.N., Chemia organiczna, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1990
57. Namieśnik J. (red.); *Metody instrumentalne w kontroli zanieczyszczeń środowiska*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk (1992)
58. Namieśnik J., Modern trends in monitoring and analysis of environmental pollutants, *Pol. J. Environ. Stud.*, **10**, 127, 2001
59. Nausch G., Nehring D., Artebjerg G., Antropogenic Nutrient Load of the Baltic Sea. *Limnologica* 29, 233-241, 1999
60. Nehring D. Artebjerg G., Vreteilungsmuster und Bilanzenan organischer Nahrstoffesowie Eutropierung. [W] Lozan J.L., Lampe R., Matthaus W., Rachor E., Rumohr H., Westernhagen H. von Warnsignaleaus der Ostsee, Berlin, 1996
61. Nielsen S.P., Bengston P., Bojanowski R., Hagel P., Hermann J., Ilus E., Jacobson E., Motiejunas S., Panteeleev Y., Skuijna A., Suplińska M., The radiological exposure of man from radioactivity in the Baltic Sea, *Sci Total Environ* 237/238, 133-141, 1999
62. Nriagu J.O., *Environ. Pollut.*, 50,139, 1988
63. Osterblom H., Hansson S., Larsson U., Hierne O., Wulff F., Folke C., Human inducted Trophic Cascades and Ecological Regime Shifts in the Baltic Sea, *Ecosystems*, 10,877-889, 2007
64. Pempkowiak J., Chiffolleau J.F., Staniszewski A., The vertical and horizontal distribution of selected trace meatal in the Baltic Sea of Poland, *Estuaria, Costa and Shelf Science*, 51, 115-125, 2000
65. PN-EN ISO 9963-1:2001/Ap1 Jakość wody - Oznaczanie zasadowości - Część 1: Oznaczanie zasadowości ogólnej i zasadowości wobec fenoloftaleiny.

66. PN-ISO 6439, 1994. Jakość wody. Oznaczanie indeksu fenolowego. Metody spektrofotometryczne z 4-aminoantypiryną po destylacji
67. Podbielkowski Z., Glony, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1996
68. Podemski J., *Przegląd Geologiczny*, 52, 95, 2004
69. Poleszczuk G., General chemical indicators of water quality in Roztoka Odrzańska (Odra river mouth, NW Poland), *Oceanological Studies*, No 3, 55-6, 1996
70. Projekt KLIMAT, Zadanie 6, Bałtyk jako element system klimatycznego i jego rola w tworzeniu się stanów zagrożenia
71. Rodhe J., *The Sea* 11, 699-732, 1998
72. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. W sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Dz. U. 2011, 257, 1545
73. Royal HaskoningDHV, 2014, Polenergia Offshore Wind Developments for projects Middle Baltic II and Middle Baltic III, Niderland B.V.
74. Salbu B., Oughton D.H. Strategies of sampling, fractionation and analysis. [w:] Trace elements in natural waters. (red. B. Salbu, E. Steinnes), rozdz. 3, s. 41-69, Boca Raton-Ann Arbor-London-Tokyo, CRC, 1995
75. Sapota G., Polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) in seawater of the southern Baltic Sea, *Desalination* 162, 153, 2004
76. Sontag J. M., *Carcinogens in Industry and the Environment.*, Marcel Dekker, Inc., New York-Basel, 1981
77. Stańczykowska A., *Ekologia naszych wód*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1997
78. Stroomberg G.J., Freiriks I.L., Smedes F., Cofino W. P., *Quality assurance and quality control of surface water sampling*, [w:] *Quality assurance in environmental monitoring. Sampling and sample pretreatment* (red. Ph. Quevauviller), VCH, Weinheim - New York - Basel - Cambridge - Tokyo, . 3, ss. 51 – 90, 1995
79. Styro D., Bumeliene Zh., Likinskiene M., Morkuniene R., ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr behavioural regularities in the south-eastern part of the Baltic Sea. *J. Environ. Radioactivity* 53, 27-39, 2001
80. *The Climate of the Baltic Sea Basin: The Final Report of WMO Project Accompanied by a Diskette with Compressed Data*, WMO, 1998
81. Tomczak J., Sztuczne radionuklidy. [W] Warunki środowiskowe polskiej strefy Bałtyku w 1998 roku. Roczny raport Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Gdynia, 170-176, 1999
82. Trzosińska A., Nutrients, *Stud. i Mater. Oceanol.* 61, 107-130, 1992
83. Trzosińska A., Związki azotu i fosforu [w:] *Zatoka Gdańska*, A. Majewski (ed.), Wyd. Geol., Warszawa, 275-291, 1990

84. Ulfsabo A., Hulth S., Anderson L. G., pH and biogeochemical processes in the Gotland Basin of the Baltic Sea , *Marine Chemistry* 127 20-30, 2011
85. Uścińowicz Sz. (red.), *Geochemia osadów powierzchniowych Morza Bałtyckiego*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2011
86. Witt G., Occurrence and transport of polycyclic aromatic hydrocarbons in the water of the Baltic Sea, *Marine Chemistry*, 79, 49-66, , 2002.
87. Wójcik P., Tomaszewska B., *Biotechnologia w remediacji zanieczyszczeń organicznych*, *Biotechnologia*, 4 (71) 156-172, 2005
88. Wolska L., Galer K., Górecki T., Namieśnik J., Surface water preparation procedure for chromatographic determination of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls, *Talanta* 50, 985, 1999
89. Wulff F., Stigebrandt A., Rahm L., Nutrient dynamics of Baltic Sea, *AMBIO* 19 (3), 126-133, 1990
90. Zakrzewski S.F., *Podstawy toksykologii środowiska*, PWN, Warszawa, 1995
91. Zalewska T., Jakusik E., Łysiak – Pastuszek E., Krzywiński W., *Bałtyk Południowy w 2011r.*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej , Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2012
92. Zalewska T., Jakusik E., Łysiak – Pastuszek E., Krzywiński W., *Bałtyk Południowy w 2011r.*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej , Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2012
93. Zalewska T., *Radionuklidy pochodzenia antropogenicznego. [W] Bałtyk Południowy w 2011 roku*, ISBN 978-83-61102-73-1, 2012
94. Zillen L., Conley D.J., Hypoxia and cyanobacteria blooms –are they really natural features of the late Holocene history of the Baltic Sea? *Biogeosciences* 7, 2567-2580, 2010

10. Strony internetowe

1. <http://baltyk.pogodynka.pl/index.php?page=2&subpage=64> (15.02.2014)
2. www.helcom.fi/group/monas/CombineManual/AnnexesB/ (13.03.2014)
3. <http://zmianyziemi.pl/wiadomosc/temperatura-baltyku-szybko-rosnie-grozi-nieprzewidywalnymi-konsekwencjami> (wiad. z dnia 2012-07-25)
4. <http://www.boos.org/> (15.02.2014)
5. <http://www.smhi.se/oceanweb/> (15.02.2014)
6. <http://www.smhi.se/en/services/professional-services/shipping/swedish-ice-service-1.8715> (18.03.2014)

11. Spis tabel

Tabela 1. Współrzędne geograficzne proponowanej lokalizacji obszaru przeznaczonego na przygotowanie, realizację i eksploatację MFW BŚ III.....	11
Tabela 2. Współrzędne geograficzne miejsc poboru próbek wody na obszarze MFW BŚ III	14
Tabela 3. Zestawienie metod wykonywania analiz laboratoryjnych wraz z ich parametrami	15
Tabela 4. Współrzędne geograficzne miejsc, gdzie znajdowały się zestawy pomiarowe na obszarze MFW BŚ III.....	27
Tabela 5. Przykładowe parametry konfiguracyjne profilomierza AWAC.....	29
Tabela 6. Zestawienie rejsów, w czasie których pobierano próbki wód do badań chemicznych z obszaru MFW BŚ III	34
Tabela 7. Wartości temperatury (°C) w punktach pomiarowych wraz z położeniem geograficznym i warstwami: powierzchniową i przydenną dla pomiaru w listopadzie 2013 roku	50
Tabela 8. Fragment tabeli wynikowej z danych operacyjnych przebiegu temperatury wody	52
Tabela 9. Klasy prędkości wiatru (m/s) i odpowiadająca im skala Beauforta (wg. JCOMM, zmodyfikowane) przyjęte w różny wiatrów.....	54
Tabela 10. Wartości statystyczne dla parametru temperatury z poborów wody	200
Tabela 11. Statystyka prędkości przepływów (cm/s) dla pola MFW BŚ III w okresie grudzień 2012 – styczeń 2014	222
Tabela 12. Wybrane parametry falowe dla punktów 001 i 002 pola MFW BŚ III	223

12. Spis rysunków

Rysunek 1. Mapa obszaru badań dla MFW BŚ III	10
Rysunek 2. Mapa z oznaczonymi miejscami poboru próbek wody na obszarze MFW BŚ III. W Tabeli 2 przedstawiono współrzędne punktów poboru próbek wody do analiz fizyko-chemicznych	13
Rysunek 3. Zakres środków technicznych używanych podczas realizacji tej części zadania (Kolorem wyróżniono użyte środki techniczne)	25
Rysunek 4. Mapa z zaznaczonymi miejscami, gdzie znajdowały się zestawy pomiarowe na obszarze MFW BŚ III	27
Rysunek 5. Schematyczne przedstawienie pracy instrumentów pomiarowych typu ADCP	28
Rysunek 6. Schematyczne przedstawienie pławy pomiarowej „BUOY-1002” z zestawem dwóch boi cumowniczych.....	29
Rysunek 7. Średnia zasadowość [$\mu\text{val}\cdot\text{dm}^{-3}$] (a) i zasolenie (b) wód Morza Bałtyckiego i połączenia Cieśnin Duńskich z Morzem Północnym (Rodhe, 1998; Hjalmarsson i in., 2008)	55
Rysunek 8. Pionowe rozkłady zasadowości wody [$\text{mval}\cdot\text{dm}^{-3}$] w poszczególnych okresach pomiarowych w punktach BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, BS3_27 obszaru MFW BŚ III.....	57
Rysunek 9. Sezonowość zmian wartości pH w warstwie powierzchniowej i przydennej wody na obszarze MFW BŚ III.....	59
Rysunek 10. Pionowe rozkłady odczynu wody w poszczególnych okresach pomiarowych w punktach BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, BS3_27.....	61
Rysunek 11. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.....	64
Rysunek 12. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.....	64
Rysunek 13. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.....	65
Rysunek 14. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.....	65
Rysunek 15. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.....	66
Rysunek 16. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.....	66
Rysunek 17. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w październiku 2012r.....	67
Rysunek 18. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w lutym 2013 r.....	67
Rysunek 19. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.....	68

Rysunek 20. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w lipcu 2013 r..	68
Rysunek 21. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.	69
Rysunek 22. Przestrzenny rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.	69
Rysunek 23. Pionowy rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w poszczególnych okresach pomiarowych (X.12r. – IV.13r.)	71
Rysunek 24. Pionowy rozkład stężeń tlenu rozpuszczonego [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w poszczególnych okresach pomiarowych (VII – XI.13r.)	72
Rysunek 25. Średnia zawartość tlenu rozpuszczonego [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w warstwie powierzchniowej i przydennej w poszczególnych okresach pomiarowych z zaznaczonymi wartościami granicznymi określającymi deficyt tlenowy	73
Rysunek 26. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.	75
Rysunek 27. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.	75
Rysunek 28. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.	76
Rysunek 29. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.	76
Rysunek 30. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.	77
Rysunek 31. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.	77
Rysunek 32. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie przydennej w październiku 2012r.	78
Rysunek 33. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie przydennej w lutym 2013 r.	78
Rysunek 34. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.	79
Rysunek 35. Przestrzenny rozkład BZT_5 w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.	79
Rysunek 36. Przestrzenny rozkład stężeń BZT_5 w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.	80
Rysunek 37. Przestrzenny rozkład stężeń BZT_5 w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.	80
Rysunek 38. Zmiany zawartości BZT_5 z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) oraz kwietniu 2013 r. (c)	81
Rysunek 39. Zmiany zawartości BZT_5 z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d), wrześniu (f) oraz listopadzie 2013 r. (f)	82
Rysunek 40. Średnia zawartość BZT_5 [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w warstwie powierzchniowej i przydennej w poszczególnych okresach pomiarowych	83
Rysunek 41. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.	85
Rysunek 42. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.	85
Rysunek 43. Przestrzenny rozkład OWO w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.	86

Rysunek 44. Przestrzenny rozkład OWO w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.....	86
Rysunek 45. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.....	87
Rysunek 46. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.....	87
Rysunek 47. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w październiku 2012r.	88
Rysunek 48. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w lutym 2013 r.	88
Rysunek 49. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.....	89
Rysunek 50. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.....	89
Rysunek 51. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.	90
Rysunek 52. Przestrzenny rozkład stężeń OWO w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.	90
Rysunek 53. Zmiany zawartości stężenia OWO z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 12r. (a), lutym (b) oraz kwietniu 2013 r. (c)	91
Rysunek 54. Zmiany zawartości stężenia OWO z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d), wrześniu (f) oraz listopadzie 2013 r. (f)	92
Rysunek 55. Średnia zawartość OWO [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w warstwie powierzchniowej i przydennej w poszczególnych okresach pomiarowych.....	93
Rysunek 56. Zawartość zawiesiny [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]w powierzchniowej i przydennej warstwie wód z obszaru MFW BŚ III w październiku 2012r. oraz lutym i kwietniu 2013 r.	96
Rysunek 57. Zawartość zawiesiny [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]w powierzchniowej i przydennej warstwie wód z obszaru MFW BŚ III w okresie od lipca do listopada 2013 r.....	97
Rysunek 58. Pionowe rozkłady stężeń zawiesiny [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w toni wodnej na stacjach pomiarowych BS3_13, BS3_16, BS3_21, BS3_27 oraz BS3_09 obszaru MFW BŚ III, w okresie pomiarowym od października 2012 r. do listopada 2013 r.....	98
Rysunek 59. Średnia zawartość zawiesiny [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w warstwie powierzchniowej i przydennej wód w poszczególnych okresach pomiarowych.....	99
Rysunek 60. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.	103
Rysunek 61. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.....	103
Rysunek 62. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r. ...	104
Rysunek 63. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r. 104	104
Rysunek 64. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.105	105
Rysunek 65. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej w październiku 2012 r.	105
Rysunek 66. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej w lutym 2013 r.	106
Rysunek 67. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.	106
Rysunek 68. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.	107
Rysunek 69. Przestrzenny rozkład stężeń azotanów w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.	107

Rysunek 70. Zmiany zawartości azotanów z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) oraz kwietniu 2013 r. (c) .	108
Rysunek 71. Zmiany zawartości azotanów z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 we wrześniu (d), oraz listopadzie 2013 r. (e)	109
Rysunek 72. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.	111
Rysunek 73. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.....	111
Rysunek 74. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r...	112
Rysunek 75. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.	112
Rysunek 76. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.	113
Rysunek 77. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.	113
Rysunek 78. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w październiku 2012 r.	114
Rysunek 79. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w lutym 2013 r.	114
Rysunek 80. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.	115
Rysunek 81. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.....	115
Rysunek 82. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.....	116
Rysunek 83. Przestrzenny rozkład stężeń amoniaku w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.....	116
Rysunek 84. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_9	118
Rysunek 85. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_13	119
Rysunek 86. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_16	120
Rysunek 87. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_21	121
Rysunek 88. Pionowe rozkłady stężeń amoniaku, azotanów oraz azotu mineralnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_27	122
Rysunek 89. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.	123
Rysunek 90. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.	123
Rysunek 91. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013r.....	124

Rysunek 92. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej we wrześniu 2013 r.	124
Rysunek 93. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie powierzchniowej w listopadzie 2013 r.	125
Rysunek 94. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej w październiku 2012 r.	125
Rysunek 95. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej w lutym 2013 r.	126
Rysunek 96. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.	126
Rysunek 97. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.	127
Rysunek 98. Przestrzenny rozkład stężeń DIN w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.	127
Rysunek 99. Zmiany sezonowe średnich stężeń amoniaku, azotynów, azotanów oraz azotu mineralnego w badanym okresie od października 2012 r. do listopada 2013 r.	128
Rysunek 100. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.	130
Rysunek 101. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r.	130
Rysunek 102. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w kwietniu 2013 r.	131
Rysunek 103. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w lipcu 2013 r.	131
Rysunek 104. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej we wrześniu.	132
Rysunek 105. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej w listopadzie	132
Rysunek 106. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej w październiku 2012 r.	133
Rysunek 107. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej w lutym 2013 r.	133
Rysunek 108. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej kwietniu	134
Rysunek 109. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej w lipcu	134
Rysunek 110. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej we wrześniu 2013 r.	135
Rysunek 111. Przestrzenny rozkład stężeń azotu ogólnego w warstwie przydennej w listopadzie 2013 r.	135
Rysunek 112. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w październiku 2012 r.	136
Rysunek 113. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w lutym 2013 r. ...	137
Rysunek 114. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w kwietniu 2013 r.	137
Rysunek 115. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w lipcu 2013 r.	138

Rysunek 116 Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej we wrześniu 2013 r.	138
Rysunek 117. Zawartość azotu ogólnego w warstwie powierzchniowej i przydennej w listopadzie 2013 r.	139
Rysunek 118. Zmiany zawartości azotu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) i kwietniu (c).....	140
Rysunek 119. Zmiany zawartości azotu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d), wrześniu (e) i listopadzie 2013 r. (f)	141
Rysunek 120. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_9.....	142
Rysunek 121. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_13.....	143
Rysunek 122. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_16.....	144
Rysunek 123. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_21.....	145
Rysunek 124. Pionowe rozkłady stężeń azotu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_27.....	146
Rysunek 125. Zmiany sezonowe średnich stężeń azotu ogólnego w badanym okresie od października 2012 r. do listopada 2013 r.	147
Rysunek 126. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie powierzchniowej w październiku 2012 r.	149
Rysunek 127. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie powierzchniowej w lutym 2013 r. ...	149
Rysunek 128. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie powierzchniowej w kwietniu.....	150
Rysunek 129. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie powierzchniowej w lipcu.....	150
Rysunek 130 Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie przydennej w październiku 2012 r. .	151
Rysunek 131. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie przydennej w lutym 2013 r.	151
Rysunek 132. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie przydennej w kwietniu 2013 r.....	152
Rysunek 133. Przestrzenny rozkład stężeń fosforanów w warstwie przydennej w lipcu 2013 r.	152
Rysunek 134. Zmiany zawartości fosforanów z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) i kwietniu 2013 r. (c)	153
Rysunek 135. Zmiany zawartości fosforanów z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d)	154
Rysunek 136. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_9	155
Rysunek 137. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_13	156

Rysunek 138. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_16	157
Rysunek 139. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_21	158
Rysunek 140. Pionowe rozkłady stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w październiku 2012 r., lutym, kwietniu, lipcu, wrześniu oraz listopadzie 2013 r. w punkcie pomiarowym BS3_27	159
Rysunek 141. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w październiku 2012 r.	161
Rysunek 142. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w październiku 2012 r.	161
Rysunek 143. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w kwietniu 2013 r.	162
Rysunek 144. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w kwietniu lipcu 2013 r.	162
Rysunek 145. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej we wrześniu 2013 r.	163
Rysunek 146. Zawartość związków fosforu w warstwie powierzchniowej i przydennej w listopadzie 2013 r.	163
Rysunek 147. Zmiany zawartości fosforu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w październiku 2012 r. (a), lutym (b) i kwietniu 2013 r. (c)	164
Rysunek 148. Zmiany zawartości fosforu ogólnego z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27 w lipcu (d), wrześniu (e) i listopadzie 2013 r. (f)	165
Rysunek 149. Zmiany sezonowe średnich stężeń fosforanów i fosforu ogólnego w badanym okresie od października 2012 r. do listopada 2013 r.	166
Rysunek 150. Stężenie sumy 16 WWA [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] w próbkach wód ze wszystkich punktów pomiarowych dla warstwy powierzchniowej i przydennej obszaru MFW BŚ III	170
Rysunek 151. Przestrzenny rozkład stężeń sumy WWA w warstwie powierzchniowej	172
Rysunek 152. Przestrzenny rozkład stężeń sumy WWA w warstwie przydennej	172
Rysunek 153. Przestrzenny rozkład stężeń fluorantenu w warstwie powierzchniowej	173
Rysunek 154. Przestrzenny rozkład stężeń fluorantenu w warstwie przydennej	173
Rysunek 155. Przestrzenny rozkład stężeń pirenu w warstwie powierzchniowej	174
Rysunek 156. Przestrzenny rozkład stężeń pirenu w warstwie przydennej	174
Rysunek 157. Pionowy rozkład stężeń (A) sumy 16 WWA [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$], (B) naftalenu [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] i (C) pirenu [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$], w punktach BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27	176
Rysunek 158. Zmiany zawartości sumy 16 WWA (I AA i IBB) oraz pirenu (II AA i II BB) z głębokością w punktach pomiarowych BS3_09, BS3_13, BS3_16, BS3_21 i BS3_27	177

Rysunek 159. Stężenie sumy 7 PCB [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] w próbkach wód w poszczególnych punktach pomiarowych z warstwy powierzchniowej i przydennej.....	179
Rysunek 160. Zarejestrowane przypadki nielegalnych zrzutów oleju na Morzu Bałtyckim w 2006 i 2010 roku (HELCOM, BSEP, 107 i 132).....	181
Rysunek 161. Porównanie stanu zanieczyszczenia Morza Bałtyckiego ^{137}Cs w latach: 1986 i 2005 (wg IOŚ)	183
Rysunek 162. Pionowy rozkład stężeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27.....	185
Rysunek 163. Pionowy rozkład aktywności ^{137}Cs i ^{90}Sr z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27	186
Rysunek 164. Zmiany aktywności ^{137}Cs z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27.....	187
Rysunek 165. Zmiany aktywności ^{90}Sr z głębokością w punktach pomiarowych BS3_9, BS3_13, BS3_16, BS3_21, i BS3_27.....	187
Rysunek 166 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 0 – 4 m p.p.m.	188
Rysunek 167 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MF BŚ III 002 na głębokości 4 – 8 m p.p.m.....	188
Rysunek 168 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 8 – 12 m p.p.m.	189
Rysunek 169 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 12 – 16 m p.p.m.	189
Rysunek 170 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 16 – 20 m p.p.m.	190
Rysunek 171 Prędkości przepływu wody w punktach MFW BŚ III 001 oraz MFW BŚ III 002 na głębokości 20 – 24 m p.p.m.	190
Rysunek 172 Prędkości przepływu wody w punkcie MFW BŚ III 001 na głębokości 24 – 28 m p.p.m.....	191
Rysunek 173. Wysokości fali maksymalnej H_{maks} , dziesięcioprocentowej H_{10} , znacznej H_{m0} i H_3 oraz średniej H_{sr}	192
Rysunek 174. Okresy fali piku T_p i fal średnich T_{m02} i T_z	192
Rysunek 175. Kierunek fali piku θ_p i średni kierunek falowania θ_{sr}	193
Rysunek 176. Róża falowania dla fali średniej H_{sr}	193
Rysunek 177. Średnia głębokość wody.....	194
Rysunek 178. Wysokości fali maksymalnej H_{maks} , dziesięcioprocentowej H_{10} , znacznej H_{m0} i H_3 oraz średniej H_{sr}	195
Rysunek 179. Okresy fali piku T_p i fal średnich T_{m02} i T_z	195
Rysunek 180. Kierunek fali piku θ_p i średni kierunek falowania θ_{sr}	196

Rysunek 181. Róża falowania dla fali średniej H_{sr}	196
Rysunek 182. Średnia głębokość wody.....	197
Rysunek 183. Temperatura przydenna wody w punktach 001 i 002	198
Rysunek 184. Temperatura wody w punkcie 001 na głębokościach 4, 8 i 16 m poniżej średniego poziomu morza	199
Rysunek 185. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola BŚ III z października 2012	201
Rysunek 186 Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola BŚ III z października 2012	202
Rysunek 187. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z października 2012.....	203
Rysunek 188. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z lutego 2013	204
Rysunek 189. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z lutego 2013	205
Rysunek 190. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z lutego 2013	206
Rysunek 191. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z kwietnia 2013.....	207
Rysunek 192. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z kwietnia 2013.....	208
Rysunek 193. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z kwietnia 2013	209
Rysunek 194. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z lipca 2013.....	210
Rysunek 195. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z lipca 2013.....	211
Rysunek 196. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z lipca 2013	212
Rysunek 197. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z września 2013	213
Rysunek 198. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z września 2013	214
Rysunek 199. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z września 2013	215
Rysunek 200. Temperatura powierzchniowa pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z listopada 2013.....	216

Rysunek 201. Temperatura przydenna pola MFW BŚ III z buforem 1 mili morskiej oraz z naniesionym kształtem pola z listopada 2013.....	217
Rysunek 202. Pionowy przebieg wartości temperatury w wybranych punktach pola MFW BŚ III z listopada 2013	218
Rysunek 203. Zmętnienie wody nad dnem w punkcie 001 pola MFW BŚ III.....	219
Rysunek 204. Przewodność elektryczna wody nad dnem w punkcie 001 pola MFW BŚ III	219
Rysunek 205. Temperatura powietrza nad powierzchnią morza na polu MFW BS III	220
Rysunek 206. Prędkość wiatru nad powierzchnią morza na polu MFW BS III	221
Rysunek 207. Prędkości i kierunku wiatru nad powierzchnią morza na polu MFW BS III.....	222

13. Spis fotografii

Fotografia 1. Statek badawczy Instytutu Morskiego w Gdańsku R/V „IMOR”	18
Fotografia 2. Statek badawczy „Safira”	19
Fotografia 3. System pozycjonowania inercyjnego z czujnikiem ruchu statku Applanix POS-MV	20
Fotografia 4. Odbiornik i antena systemu satelitarnego Trimble SPS 851	20
Fotografia 5. Odbiornik CSI Hemisphere R110 systemu pozycjonowania satelitarnego.....	21
Fotografia 6. Rozeta do poboru prób wody.....	22
Fotografia 7. Sonda oceanograficzna CTD	23
Fotografia 8. Statek badawczy „Kwazar”	26
Fotografia 9. Instrument pomiarowy AWAC	28
Fotografia 10. Widok ogólny pławy pomiarowej „BUOY-1002” w momencie wystawiana na pozycji na morzu w dniu 07.01.2013	30
Fotografia 11. Zdalnie sterowany pojazd podwodny ROV SEAEYE 600 DT.\.....	31
Fotografia 12. Chromatograf gazowy 6890N firmy Agilent Technologies z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID), detektorem wychwytu elektron (ECD) i przystawką PT (Purge and Trap), do oznaczeń substancji organicznych	36
Fotografia 13. Chromatograf gazowy ze spektrometrem mas (GC-MS) firmy Agilent Technologies do oznaczeń substancji organicznych	36
Fotografia 14. Chromatograf gazowy ze spektrometrem mas (GC-MS - pułapka jonowa) 7890A/220Ion Trap/HSP 7697A firmy Agilent Technologies - do oznaczeń substancji organicznych.....	37
Fotografia 15. Spektrometr emisyjny z plazmą wzbudzoną indukcyjnie OPTIMA 2000DV firmy PRERKIN-ELMER (oznaczanie metali).....	37
Fotografia 16. Analizator rtęci MA-2 firmy Nippon Instruments Corporation	38

14. Spis załączników

Załącznik nr 1 Wyniki analiz chemicznych prób wody