
KONCEPCJA MODERNIZACJI I OPTIMALIZACJI POMIARÓW DEPOZYCJI W POLSCE

Zadanie 3. Określenie optymalnej liczby punktów pomiarowych pod kątem badań chemizmu opadów atmosferycznych w skali kraju oraz wybór ich lokalizacji szczegółowych wraz z uzasadnieniem

Zadanie 4. Oszacowanie rocznych kosztów funkcjonowania systemu pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce

Raport wykonany na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska na potrzeby realizacji projektu **"Wzmocnienie oceny depozycji atmosferycznej w Polsce w oparciu o doświadczenia norweskie"** w ramach programu „Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu”, obszaru „Łagodzenie zmian klimatu i adaptacja do ich skutków”, finansowanego ze środków Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego na lata 2014-2021

Opracowanie wykonano w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowym Instytucie Badawczym przez zespół w składzie: Julita Biszczuk-Jakubowska, Magdalena Bogucka, Beata Danowska, Agnieszka Kolanek, Mikołaj Kowal, Piotr Krzaczkowski, Ewa Liana, Michał Pobudejski, Tamara Zalewska

WARSZAWA, 2022

Zespół pracowników IMGW-PIB współrealizujących zadanie, w zakresie prac techniczno-administracyjnych, w składzie:

- Michał Iwaniak
- Katarzyna Lewandowska
- Hanna Mazur
- Wiesława Rawa
- Michał Saniewski
- Przemysław Żurek

Spis treści

Spis treści	3
Spis tabel	4
Spis rysunków	4
Spis załączników	5
1 Wstęp.....	7
2 Cel projektu.....	7
3 Podstawa opracowania.....	7
4 Zakres opracowania	7
5 Przegląd i ocena stacji na potrzeby sieci pomiarów mokrej depozycji atmosferycznej	8
5.1 Przyjęte założenia i metodyka przeglądu stacji	8
5.2 Kryteria, wskazane w opisie przedmiotu zamówienia dla lokalizacji punktów pomiarowych chemizmu opadów atmosferycznych	9
5.3 Opracowana dokumentacja proponowanych lokalizacji punktów pomiarowych	10
5.4 Wstępna weryfikacja stacji	13
5.5 Wizje lokalne stacji	13
5.6 Wybór 35 punktów pomiarowych	17
6 Ocena stacji z uwzględnieniem modelowania depozycji wybranych zanieczyszczeń	24
6.1 Udział w wideokonferencji z przedstawicielami NILU	24
6.2 Określenie minimalnej i optymalnej liczby stanowisk pomiarowych niezbędnych do monitorowania chemizmu opadów atmosferycznych w odniesieniu do każdego z zanieczyszczeń	24
6.3 Stacje w programie HELCOM i EMEP	39
7 Szacowanie rocznych kosztów i kwestie organizacyjne funkcjonowania systemu pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce	41
7.1 Szacunkowe roczne koszty prowadzenia pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych	41
7.2 Kwestie organizacyjne funkcjonowania pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych	47
8 Podsumowanie	48
9 Literatura	49

Spis tabel

Tabela 5.1 Zestawienie stacji według następującej klasyfikacji: stacje niespełniające kryteriów (kolor czerwony), stacje spełniające kryteria (kolor zielony) i stacje dopuszczone warunkowo (kolor żółty)	13
Tabela 5.2 Zbiorcze zestawienie ocen stacji	15
Tabela 5.3 Zestawienie wariantów wyboru stacji do systemu monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.....	19
Tabela 6.1 Zestawienie typów stacji pomiarów depozycji atmosferycznej i odpowiadających im parametrów pomiarowych (opracowanie własne IMGW-PIB).....	25
Tabela 6.2 Zestawienie typów stacji w podziale na 4 klasy wyborów i odpowiadających im parametrów pomiarowych wskaźników specjalistycznych oraz programów dodatkowych	36
Tabela 7.1 Zestawienie stawek netto najmu gruntów na miesiąc w poszczególnych lokalizacjach.....	42
Tabela 7.2 Zestawienie kosztów transportu próbek do Oddziałów CLB GIOŚ z poszczególnych lokalizacji z uwzględnieniem 4 wariantów wyboru liczby stacji do systemu pomiarów chemizmu opadów.....	44
Tabela 7.3 Zestawienie szacunkowych rocznych kosztów zakupu odczynników chemicznych niezbędnych do oznaczeń wybranych parametrów i składników próbek opadów atmosferycznych z uwzględnieniem 4 wariantów wyboru liczby stacji	46
Tabela 7.4 Zestawienie szacunkowych rocznych kosztów zakupu odczynników chemicznych niezbędnych do oznaczania wybranych składników w próbkach pobranych na stacjach realizujących programy EMEP (2 poziom) lub stacjach HELCOM	46
Tabela 7.5 Sumaryczny roczny koszt [zł] funkcjonowania systemu monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych z podziałem na liczbę stacji.....	47

Spis rysunków

Rysunek 5.1 Zestawienie 71 stacji wybranych do oceny na rzecz modernizacji pomiarów depozycji atmosferycznej w Polsce	8
Rysunek 5.2 Schemat przyjętej metodyki wyboru stacji nowej sieci pomiarowej	9
Rysunek 5.3 Wzór karty stacji.....	12
Rysunek 5.4 Zestawienie wszystkich 71 analizowanych stacji ze wskazaniem na stacje spełniające kryteria (stacje zaakceptowane – kolor zielony), stacje warunkowe (kolor żółty) i stacje niespełniające kryteriów (stacje odrzucone – kolor czerwony) oraz z zaznaczeniem wybranych 35 stacji (IV wybór) i stacji I, II oraz III wyboru (kolorowe trójkąty)	17
Rysunek 5.5 Lokalizacja 35 wybranych stacji pomiarowych chemizmu opadów atmosferycznych z zaznaczeniem propozycji stacji EMEP i HELCOM.....	18
Rysunek 5.6 Propozycja 19 stacji I wyboru	21
Rysunek 5.7 Propozycja 22 stacji II wyboru	22
Rysunek 5.8 Propozycja 26 stacji III wyboru	23
Rysunek 6.1 Rozkład przestrzenny średniej depozycji chromu [g/ha] dla okresu 2015-2019 w oparciu o dane z 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.....	28
Rysunek 6.2 Rozkład przestrzenny średniej depozycji miedzi [g/ha] dla okresu 2015-2019 w oparciu o dane z 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych	29

Rysunek 6.3 Rozkład przestrzenny średniej depozycji niklu [g/ha] dla okresu 2015-2019 w oparciu o dane z 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych	30
Rysunek 6.4 Rozkład przestrzenny średniej depozycji cynku [g/ha] dla okresu 2015-2019 w oparciu o dane z 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych	31
Rysunek 6.5 Rozkład przestrzenny 25 klastrów niepodobieństw Cd z zaznaczonymi ponad 35 stacjami wstępnie rozważanymi do badań chemizmu opadów.....	32
<i>Rysunek 6.6 Rozkład przestrzenny 25 klastrów niepodobieństw Pb z zaznaczonymi ponad 35 stacjami wstępnie rozważanymi do badań chemizmu opadów.....</i>	<i>33</i>
Rysunek 6.7 Rozkład przestrzenny 25 klastrów niepodobieństw Hg z zaznaczonymi ponad 35 stacjami wstępnie rozważanymi do badań chemizmu opadów.....	34

Spis załączników

Załącznik 1 Karta stacji pomiarowej – Belsk Duży
Załącznik 2 Karta stacji pomiarowej – Białystok
Załącznik 3 Karta stacji pomiarowej – Borówiec
Załącznik 4 Karta stacji pomiarowej – Dźwirzyno
Załącznik 5 Karta stacji pomiarowej – Florianka
Załącznik 6 Karta stacji pomiarowej – Gołuchów
Załącznik 7 Karta stacji pomiarowej – Gorzów Wielkopolski
Załącznik 8 Karta stacji pomiarowej – Granica
Załącznik 9 Karta stacji pomiarowej – Guty Duże
Załącznik 10 Karta stacji pomiarowej – Hel
Załącznik 11 Karta stacji pomiarowej – Jarczew
Załącznik 12 Karta stacji pomiarowej – Kalisz
Załącznik 13 Karta stacji pomiarowej – Karkonosze
Załącznik 14 Karta stacji pomiarowej – Kasprowy Wierch
Załącznik 15 Karta stacji pomiarowej – Legnica
Załącznik 16 Karta stacji pomiarowej – Lesko
Załącznik 17 Karta stacji pomiarowej – Liniewko Kościerskie
Załącznik 18 Karta stacji pomiarowej – Łeba
Załącznik 19 Karta stacji pomiarowej – Olsztyn
Załącznik 20 Karta stacji pomiarowej – Otwock
Załącznik 21 Karta stacji pomiarowej – Parsęta
Załącznik 22 Karta stacji pomiarowej – Piaski
Załącznik 23 Karta stacji pomiarowej – Poznań-Morasko
Załącznik 24 Karta stacji pomiarowej – Puszcza Borecka
Załącznik 25 Karta stacji pomiarowej – Racibórz
Załącznik 26 Karta stacji pomiarowej – Sandomierz
Załącznik 27 Karta stacji pomiarowej – Szarów
Załącznik 28 Karta stacji pomiarowej – Szymbark
Załącznik 29 Karta stacji pomiarowej – Toruń
Załącznik 30 Karta stacji pomiarowej – Ustroń
Załącznik 31 Karta stacji pomiarowej – Wieluń
Załącznik 32 Karta stacji pomiarowej – Wigry
Załącznik 33 Karta stacji pomiarowej – Włodawa

Załącznik 34 Karta stacji pomiarowej – Wolin
Załącznik 35 Karta stacji pomiarowej – Złoty Potok

1 Wstęp

Jednym z głównych elementów procesu optymalizacji pomiarów mokrej depozycji atmosferycznej w Polsce jest dobrze zaprojektowana pod względem lokalizacyjnym i z odpowiednio dobranym zakresem pomiarowym sieć stacji pomiarowych, służących kluczowym krajowym i międzynarodowym programom pomiarowym. Właściwie dobrane lokalizacje i zakres pomiarowy gwarantują rzetelne, dobrej jakości pomiary. Na podstawie wyników pomiarów będzie możliwe dokonanie przestrzennej oceny depozycji poszczególnych zanieczyszczeń opadów atmosferycznych na obszarze Polski.

2 Cel projektu

Celem przedsięwzięcia jest opracowanie koncepcji modernizacji i optymalizacji pomiarów depozycji atmosferycznej w Polsce, z wykorzystaniem doświadczeń norweskich w ramach realizacji projektu pn. „Wzmocnienie oceny depozycji atmosferycznej w Polsce w oparciu o doświadczenia norweskie” w ramach programu „Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu”, obszar „Łagodzenie zmian klimatu i adaptacja do ich skutków”, finansowanego ze środków Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego na lata 2014-2021.

3 Podstawa opracowania

Podstawą opracowania jest Umowa nr GIOŚ/ZP/380/2021/DMŚ/MFEOG, zawarta w dniu 22 grudnia 2021 r. pomiędzy Skarbem Państwa – Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska (GIOŚ) a Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowym Instytutem Badawczym (IMGW-PIB).

4 Zakres opracowania

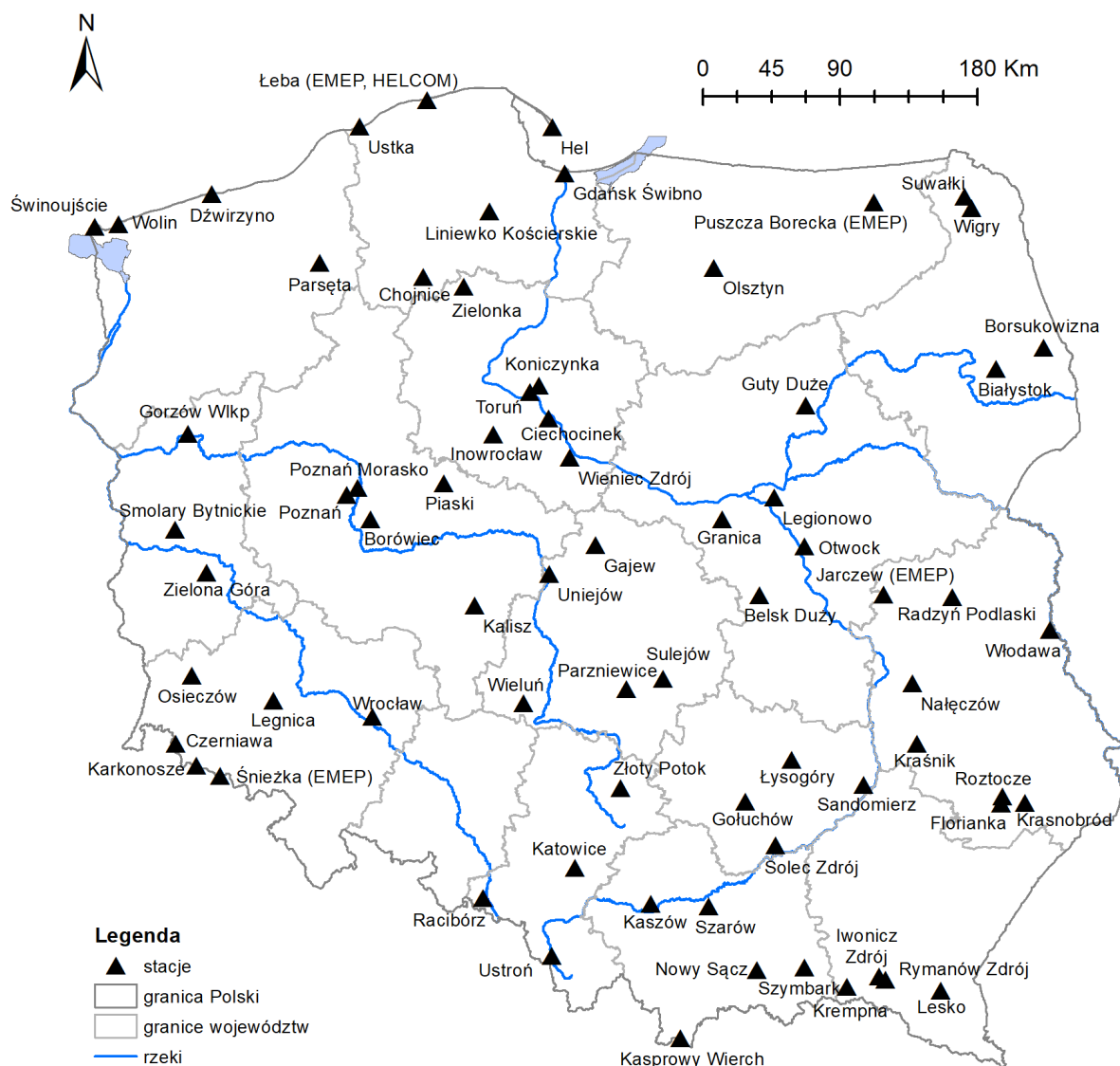
Niniejsze opracowanie zawiera przegląd i analizę stacji monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego oraz stacji Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP), funkcjonujących w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ) pod względem spełnienia kryteriów i możliwości prowadzenia w tych lokalizacjach pomiarów mokrej depozycji atmosferycznej. Analizie poddano również stacje IMGW-PIB realizujące obecnie program pomiarowy chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce, stacje na których prowadzone są badania na potrzeby Konwencji o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego (HELCOM), European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) oraz dodatkowe stacje meteorologiczne IMGW-PIB. W przeprowadzonej analizie uwzględniono opracowanie zespołu z Norweskiego Instytutu Badań Powietrza / Norwegian Institute for Air Research (NILU) w zakresie analizy dotyczącej rozkładu depozycji dla wybranych zanieczyszczeń.

Ponadto, w raporcie przedstawiono szacunkowe roczne koszty prowadzenia pomiarów i analiz fizykochemicznych próbek opadów atmosferycznych wraz z kwestiami organizacyjnymi prowadzenia monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.

5 Przegląd i ocena stacji na potrzeby sieci pomiarów mokrej depozycji atmosferycznej

5.1 Przyjęte założenia i metodyka przeglądu stacji

Na potrzeby realizacji zadania przygotowano zbiór danych wejściowych obejmujących informacje o stacjach monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego, stacjach ZMŚP, EMEP, HELCOM oraz stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych i dodatkowych stacjach IMGW-PIB (Rysunek 5.1).

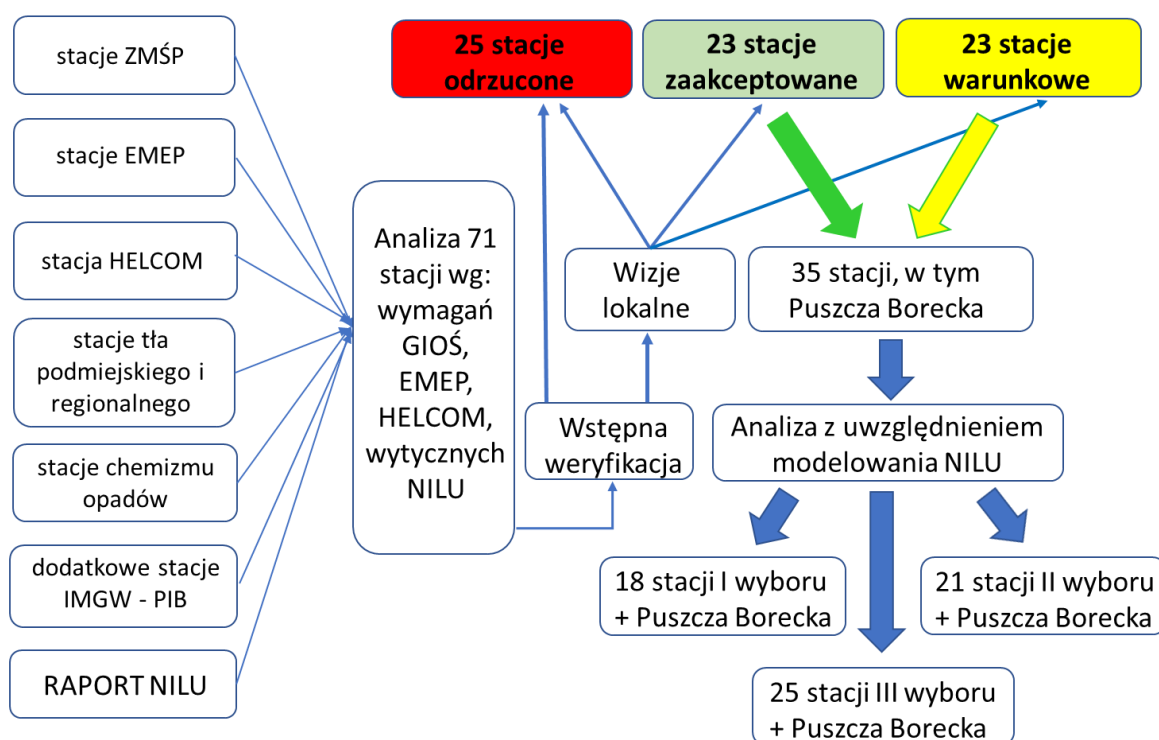


Rysunek 5.1 Zestawienie 71 stacji wybranych do oceny na rzecz modernizacji pomiarów depozycji atmosferycznej w Polsce (opracowanie własne IMGW-PIB)

Na poniższym schemacie (Rysunek 5.2) przedstawiono metodykę wyboru stacji do sieci monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce. Metodykę oparto na analizie wymagań stawianych stacjom pomiarowym mokrej depozycji atmosferycznej, wymagań EMEP, HELCOM, wytycznych NILU oraz wstępnej weryfikacji posiadanych informacji o danych stacjach. W kolejnym kroku wykonano objazd po stacjach rozważanych do uwzględnienia w nowej sieci w celu szczegółowego sprawdzenia

ich lokalizacji. Po wstępnej weryfikacji oraz objazdach stacji dokonano zaszeregowania stacji do 3 kategorii: stacje niespełniające kryteriów (kolor czerwony), stacje spełniające kryteria (kolor zielony) i stacje warunkowe, w przypadku których konieczne jest odstępstwo od wymagań stawianych stacjom pomiarowym (kolor żółty). Z dwóch kategorii: stacji spełniających kryteria i stacji warunkowych zostało wybranych 35 lokalizacji wymaganych do określenia zgodnie z opisem przedmiotu zamówienia. Wybraną grupę 35 stacji poddano jeszcze szerszej analizie, pod względem rozmieszczenia przestrzennego, tak aby można było wybrać około 25 lokalizacji bez uszczerbku dla reprezentatywności i funkcjonowania nowego systemu monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Dodatkowo, gdyby np. ze względów ekonomicznych nie było możliwości prowadzenia pomiarów na 25 stacjach, zaproponowano wybór 18 i 21 stacji. Do każdego proponowanego wyboru dodano stację Puszcza Borecka, jako stację która ma pozostać w sieci bezwarunkowo, zgodnie z wytycznymi Zamawiającego.

Metodyka wyboru nowej sieci stacji monitoringu chemizmu opadów w Polsce



Rysunek 5.2 Schemat przyjętej metodyki wyboru stacji nowej sieci pomiarowej (opracowanie własne IMGW-PIB)

5.2 Kryteria, wskazane w opisie przedmiotu zamówienia dla lokalizacji punktów pomiarowych chemizmu opadów atmosferycznych

W przeprowadzonej ocenie lokalizacji stacji zostały uwzględnione następujące kryteria wskazane w opisie przedmiotu zamówienia:

1. Kryteria ogólne: punkt pomiaru chemizmu powinien być zlokalizowany w odległości co najmniej:

- 10 km od znaczących źródeł emisji (przemysłu i dużych miast) i nie podlegać ich bezpośredniemu oddziaływaniu,
- 100 m od domów ogrzewanych węglem, olejem opałowym lub drewnem,
- 50 m od dróg o małym ruchu pojazdów,
- 500 m od głównych dróg i nie podlegać ich oddziaływaniu,
- 1 km od hodowli zwierząt,
- 200 m od wypasu zwierząt domowych.

2. Kryteria szczegółowe:

- kolektor powinien być zainstalowany na płaskim, otwartym terenie,
- w bezpośrednim sąsiedztwie kolektora powinna znajdować się trawa lub inna niepyląca powierzchnia,
- kolektor nie powinien znajdować się w bezpośrednim sąsiedztwie drzew (zasady lokalizacji jak w przypadku stacji monitoringu jakości powietrza),
- kolektor powinien być umieszczony jak najdalej od przeszkód wyższych niż on sam,
- kolektor powinien być posadowiony w taki sposób, aby jego powierzchnia odbiorcza znajdowała się ok. 1,5 m nad ziemią,
- kolektor wymaga zasilania energią elektryczną.

3. Kryteria dodatkowe:

- reprezentatywność dla określonego obszaru z uwzględnieniem wyników modelowania;
- obecność personelu w przypadku konieczności wykonywania stałych czynności, np. wymiana pojemnika na opad, czy pomiarów, np. pH.

Zgodnie z zapisami w opisie przedmiotu zamówienia, w uzasadnionych przypadkach dopuszczono odstępstwa od powyższych zasad.

5.3 Opracowana dokumentacja proponowanych lokalizacji punktów pomiarowych

Zgodnie z określonymi powyżej kryteriami opracowano dokumentację proponowanych lokalizacji punktów pomiarowych. Karta opisu stacji (Rysunek 5.3 – wzór karty) zawiera:

- szczegółowy opis sąsiedztwa punktu pomiarowego,
- proponowaną lokalizację posadowienia urządzenia pomiarowego (kolektor opadów mokrych) wraz z uzasadnieniem wyboru i informacją o właścicielu gruntu,
- aktualną dokumentację fotograficzną,
- plan sytuacyjny otoczenia stacji.

Data wizytacji:

KARTA OPISU STACJI

I. DANE PODSTAWOWE

Nazwa i adres stacji:			
Rodzaj stacji: (miejska, podmiejska, pozamiejska)			
Współrzędne geograficzne:	z dokumentacji		zweryfikowane na stacji
Właściciel gruntu:			
Instytucja odpowiedzialna za funkcjonowanie stacji			

II. OPIS OBSZARU WOKÓŁ STACJI

	NW - NE	NE - SE	SE - SW	SW - NW
10 km od przemysłu				
100 m od domów z niską emisją				
50 m od dróg o małym natężeniu				
500 m od dróg o dużym natężeniu				

Nazwa i adres stacji:				
1 km od hodowli zwierząt				
200 m od pastwisk				
Niepyłące otoczenie				
Zadrzewienie				
Zagospodarowanie pobliskiego terenu (uprawy (jaki), las, osiedle, łąka, park, sad, uprawy, maszty, zbiorniki wodne, itp.)				
Informacje dodatkowe				

Nazwa i adres stacji:	0			
III. OPIS TERENU STACJI				
	NW - NE	NE - SE	SE - SW	SW - NW
Przeszkody wyższe od kolektora (rodzaj, wysokość)				
Rodzaj podłoża (roślinność, utwardzenie terenu, spadek, itp.)				
Wielkość ogródka (kontener, ogródek czy pobornik, potencjalne zamontować kolektor, Obecność urządzeń meteo w punkcie pomiarowym (klatka, deszczomierz, itp.)				
Ogrodzenie terenu i zabezpieczenie przed dostępem osób niepowołanych				
Dostęp do prądu (lokalizacja skrzynki energetycznej)				
Dodatkowe informacje (możliwość postawienia nowego kolektora, itp.)				
Podpisy osób wizytujących stację				

Nazwa i adres stacji:	
Materiał dokumentacyjny/fotograficzny:	

Rysunek 5.3 Wzór karty stacji (opracowanie własne IMGW-PIB)

5.4 Wstępna weryfikacja stacji

W pierwszym kroku przeglądu stacji przeanalizowano materiał dokumentacyjny przekazany przez Zamawiającego i wyznaczono zbiór stacji o najwyższym ryzyku niespełnienia wymagań stawianych nowej sieci pomiarowej. W wyniku wstępnej weryfikacji oraz konsultacji z Zamawiającym uzyskano informacje o braku możliwości posadowienia kolektora w obrębie 6 stacji (Wieniec Zdrój, Rymanów Zdrój, Kraśnik, Nałęczów, Radzyń Podlaski, Uniejów), a w przypadku jednej stacji uzyskano informację o dużym wpływie kopalni i elektrowni w Bełchatowie na wyniki pomiarów (Parzniewice). Wymienione stacje (7 stacji) zostały na wstępie odrzucone i nie uwzględniane w wizjach lokalnych.

5.5 Wizje lokalne stacji

W okresie od 29.03.2022 do 18.05.2022 odwiedzano łącznie 64 stacje. Podczas wizytacji stacji dokonano ich oceny pod względem kryteriów lokalizacji wymienionych w podpunkcie 5.2 oraz wykonano dokumentację fotograficzną. Zgodnie z przyjętą wcześniej metodyką dokonano zaszeregowania stacji do 3 kategorii: stacje niespełniające kryteriów (kolor czerwony), stacje spełniające kryteria (kolor zielony) i stacje warunkowe (kolor żółty) (Tabela 5.1). W tabeli zostały również uwzględnione stacje odrzucone w ramach wstępnej weryfikacji opisanej w podpunkcie 5.4.

Tabela 5.1 Zestawienie stacji według następującej klasyfikacji: stacje niespełniające kryteriów (kolor czerwony), stacje spełniające kryteria (kolor zielony) i stacje dopuszczone warunkowo (kolor żółty) (opracowanie własne IMGW-PIB)

Lp.	Stacje monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego		Stacje IMGW-PIB		Stacje ZMŚP	
1	Belsk Duży		Białystok		Karkonosze	
2	Borówiec		Chojnice		Koniczynka	
3	Borsukowizna		Dźwirzyno		Łysogóry	
4	Ciechocinek		Gdańsk Świbno		Parsęta	
5	Czerniawa		Gorzów Wlkp.		Poznań Morasko	
6	Florianka		Hel		Roztocze	
7	Gajew		Jarczew		Wigry	
8	Gołuchów		Kalisz		Wolin	
9	Granica		Kasprowy Wierch			
10	Guty Duże		Katowice			

Lp.	Stacje monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego		Stacje ZMŚP	
11	Inowrocław		Legnica	
12	Iwonicz Zdrój		Lesko	
13	Kaszów		Łeba	
14	Krasnobród		Nowy Sącz	
15	Kraśnik		Olsztyn	
16	Krempna		Poznań	
17	Legionowo		Racibórz	
18	Liniewko Kościerskie		Sandomierz	
19	Nałęczów		Sulejów	
20	Osieczów		Suwałki	
21	Otwock		Śnieżka	
22	Parzniewice		Świnoujście	
23	Piaski		Toruń	
24	Puszcza Borecka		Ustka	
25	Radzyń Podlaski		Wieluń	
26	Rymanów Zdrój		Włodawa	
27	Smolary Bytnickie		Zielona Góra	
28	Solec Zdrój			
29	Szarów			
30	Szymbark			
31	Uniejów			

Lp.	Stacje monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego	
32	Ustroń	
33	Wieniec Zdrój	
34	Wrocław	
35	Zielonka	
36	Złoty Potok	

Tabela 5.2 Zbiornicze zestawienie ocen stacji (opracowanie własne IMGW-PIB)

Ocena	Stacje monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego	ZMŚP	IMGW-PIB	Razem
stacje spełniające kryteria	5	3	15	23
stacje warunkowe	13	2	8	23
stacje niespełniające kryteriów	18	3	4	25
Razem	36	8	27	71

W wyniku przeprowadzonej oceny 23 stacje zostały zaszeregowane jako stacje spełniające kryteria stawiane stacjom pomiaru mokrej depozycji atmosferycznej: 5 stacji monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego, 3 stacje ZMŚP i 15 stacji IMGW-PIB. Jako stacje warunkowe uznano 23 stacje: 13 stacji monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego, 2 stacje ZMŚP i 8 stacji IMGW-PIB. Jako stacje niespełniające kryteriów zaszeregowano łącznie 25 stacji: 18 stacji monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego, 3 stacje ZMŚP i 4 stacje IMGW-PIB.

Stacje odrzucone (poza 7 stacjami odrzuconymi na etapie wstępnej weryfikacji), niespełniające istotnej grupy kryteriów:

- Roztocze: brak możliwości podłączenia prądu, brak otwartego terenu, gęste zalesienie (zakrzewienie), wysokie drzewa,
- Iwonicz Zdrój: brak otwartego terenu, gęste zalesienie (zakrzewienie), wysokie drzewa i inne przeszkody, bliskie sąsiedztwo dróg o dużym natężeniu ruchu, parkingów, domów z niską emisją, brak ogrodzonego terenu, łatwa dostępność postronnych osób,
- Zielonka: wysokie drzewa i inne przeszkody, pyłące otoczenie: pola uprawne, praca maszyn rolniczych, brak ogrodzonego terenu, łatwa dostępność postronnych osób,

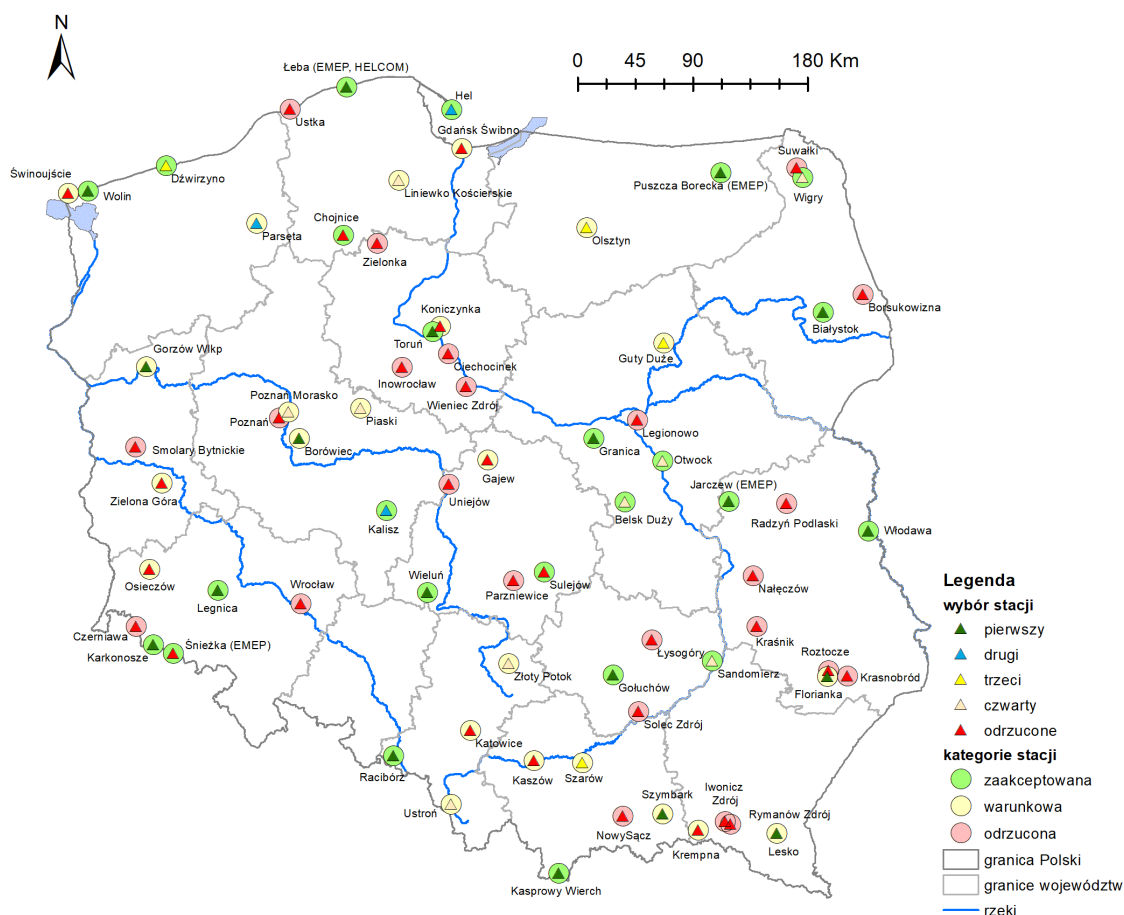
- Inowrocław: brak otwartego terenu, wysokie drzewa i inne przeszkody, tężnie solankowe, łatwa dostępność postronnych osób,
- Ciechocinek: brak ogrodzonego terenu, łatwa dostępność postronnych osób, tężnie solankowe, bliskość placu zabaw i budynku z niską emisją,
- Łysogóry: wysokie drzewa, krzewy i inne przeszkody, bliskie sąsiedztwo domów z niską emisją, brak ogrodzonego terenu, łatwa dostępność postronnych osób,
- Krasnobród: brak otwartego terenu, gęste zakrzewienie, wysokie drzewa i inne przeszkody, brak ogrodzonego terenu, łatwa dostępność postronnych osób,
- Smolary Bytnickie: wysokie drzewa, krzewy i inne przeszkody, pylące otoczenie: pola uprawne, praca maszyn rolniczych, brak ogrodzonego terenu, łatwa dostępność postronnych osób,
- Czerniawa: wysokie drzewa, krzewy i inne przeszkody, bliskie sąsiedztwo dróg o dużym natężeniu ruchu, parkingów,
- Nowy Sącz: brak otwartego terenu, wysokie drzewa i inne przeszkody, bliskie sąsiedztwo dróg o dużym natężeniu ruchu, parkingów, domów z niską emisją,
- Solec Zdrój: bliskie sąsiedztwo dróg o dużym natężeniu ruchu, parkingów, domów z niską emisją, brak ogrodzonego terenu, łatwa dostępność postronnych osób,
- Legionowo: bliskie sąsiedztwo dróg o dużym natężeniu ruchu, parkingów, domów z niską emisją,
- Wrocław: bliskie sąsiedztwo dróg o dużym natężeniu ruchu, bliskie sąsiedztwo hodowli zwierząt,
- Suwałki: bliskie sąsiedztwo dróg o dużym natężeniu ruchu, domów z niską emisją,
- Ustka: bliskie sąsiedztwo portu, plaża,
- Borsukowizna: pylące otoczenie: pola uprawne, praca maszyn rolniczych, łatwa dostępność postronnych osób,
- Koniczynka: pylące otoczenie: pola uprawne, praca maszyn rolniczych,
- Poznań: ograniczony dostęp - teren lotniska, bliskość pasa startowego, parking.

Stacje warunkowe, dla których dopuszczono odstępstwo niespełnienia pojedynczych kryteriów:

- Gorzów Wielkopolski, Katowice, Legnica, Lesko, Poznań Morasko: bliskość drogi o małym lub średnim natężeniu ruchu,
- Florianka, Gajew: hodowla zwierząt, pastwiska,
- Liniewko Kościerskie, Gdańsk Świbno, Olsztyn, Zielona Góra, Parsęta: pojedyncze domy z niską emisją,
- Krempna, Osieczów: bliskość pojedynczych drzew,
- Borówiec, Krempna: dostępność dla postronnych osób (konieczność ogrodzenia stacji),
- Guty Duże, Kaszów, Piaski, Szarów, Ustroń, Złoty Potok: konieczność poszerzenia terenu stacji,
- Szymbark: pochyłość terenu,
- Świnoujście: piaszczyste podłoże.

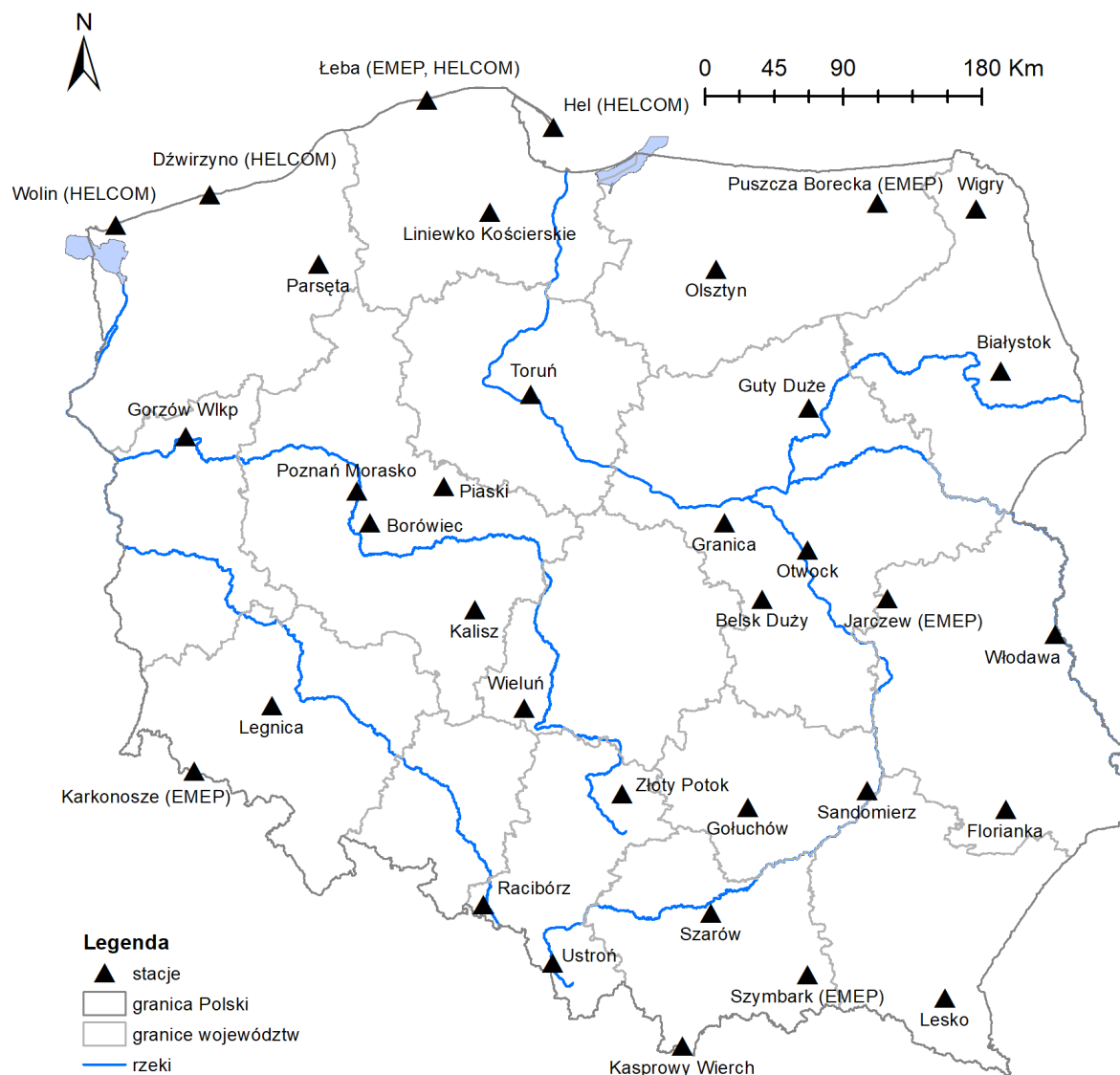
5.6 Wybór 35 punktów pomiarowych

W wyniku powyższej analizy, z kategorii stacji spełniających kryteria i stacji warunkowych wybrano 35 lokalizacji wymaganych do wytypowania zgodnie z opisem przedmiotu zamówienia. Wśród tych 35 stacji wytypowano pięć stacji mających spełniać wymagania stacji EMEP, z czego dwie mają spełniać warunki dla stacji 2. poziomu EMEP (poziom rozszerzony), a trzy – dla stacji 1. poziomu EMEP (poziom podstawowy). Wytypowano również cztery stacje mające spełniać wymagania programowe HELCOM. Wybraną grupę 35 stacji poddano jeszcze szerszej analizie, tak aby można było wybrać około 25 lokalizacji bez uszczerbku dla reprezentatywności i funkcjonowania nowego systemu monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Dodatkowo, gdyby np. ze względów ekonomicznych nie było możliwości prowadzenia pomiarów na 25 stacjach, zaproponowano wybór 18 i 21 stacji. Do każdego z wyborów dodano stację Puszcza Borecka. Zaproponowano następującą kategoryzację: stacje I wyboru – 19 stacji, stacje II wyboru – 22 stacje, stacje III wyboru – 26 stacji. Dla każdego z wytypowanych jako spełniających wymagania i wybranych 35 punktów pomiarowych została opracowana karta stacji. Karty stacji znajdują się w Załącznikach do niniejszego opracowania.



Rysunek 5.4 Zestawienie wszystkich 71 analizowanych stacji ze wskazaniem na stacje spełniające kryteria (stacje zaakceptowane – kolor zielony), stacje warunkowe (kolor żółty) i stacje niespełniające kryteriów (stacje odrzucone – kolor czerwony) oraz z zaznaczeniem wybranych 35 stacji (IV wybór) i stacji I, II oraz III wyboru (kolorowe trójkąty) (opracowanie własne IMGW-PIB)

Zgodnie z zapisami w opisie przedmiotu zamówienia, dokonując wyboru 35 lokalizacji, w pierwszej kolejności wybierano je spośród stacji monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego oraz stacji ZMŚP funkcjonujących w ramach PMŚ. W przypadku braku stacji PMŚ spełniających kryteria lokalizacyjne, zaproponowano stacje meteorologiczne IMGW-PIB. Wyboru 35 lokalizacji dokonano w taki sposób, żeby była możliwość prowadzenia pomiarów mokrej depozycji atmosferycznej na całym obszarze kraju. Na rysunku 5.5 przedstawiano lokalizacje wybranych 35 punktów pomiarowych. Jako stacje EMEP zaproponowano następujące lokalizacje: Łeba, Puszcza Borecka, Jarczew, Szymbark i Karkonosze. Jako stacje HELCOM wybrano: Wolin, Dźwierzyno, Łeba i Hel.



Rysunek 5.5 Lokalizacja 35 wybranych stacji pomiarowych chemizmu opadów atmosferycznych z zaznaczeniem propozycji stacji EMEP i HELCOM (opracowanie własne IMGW-PIB)

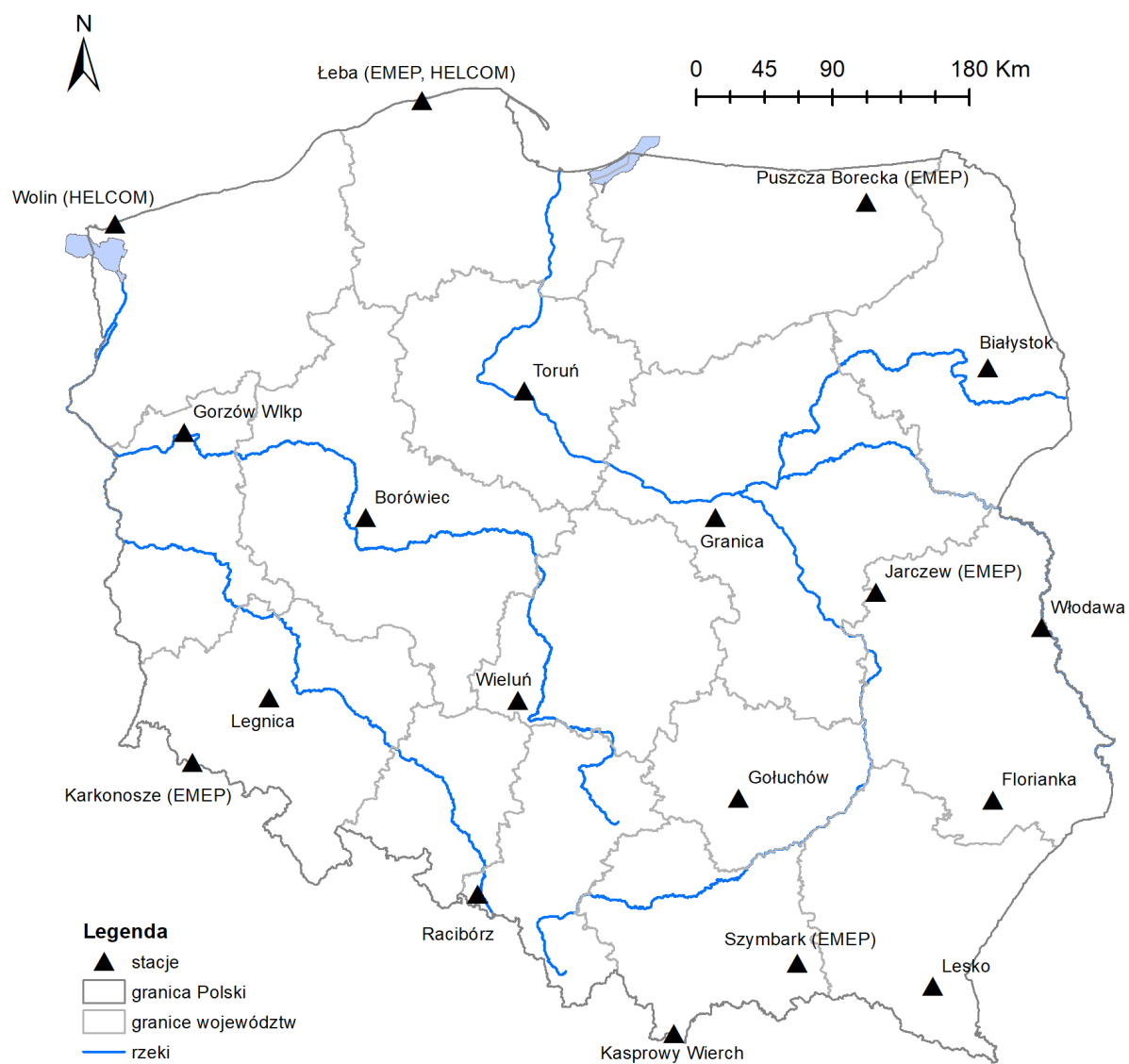
W wyniku szerszej analizy, pod względem rozmieszczenia przestrzennego, zaproponowano wybór 19 (stacje I wyboru), 22 (stacje II wyboru) i 26 stacji (stacje III

wyboru). Jako stacje IV wyboru zostały uznane wszystkie 35 lokalizacji. W poniższej tabeli i na poniższych rysunkach przedstawiono warianty systemu monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.

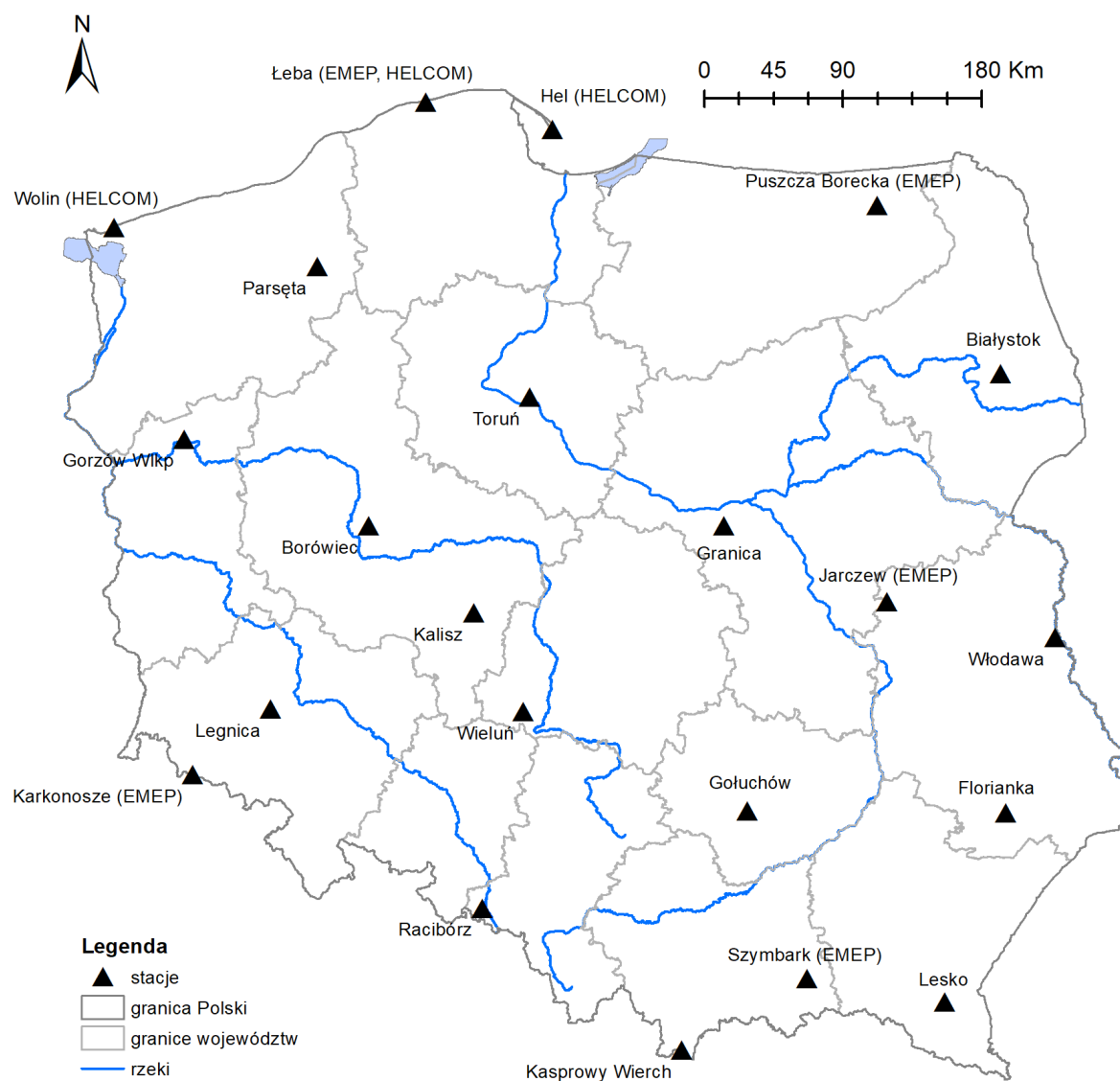
Tabela 5.3 Zestawienie wariantów wyboru stacji do systemu monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych (opracowanie własne IMGW-PIB)

Lp.	Nazwa stacji	I wybór	II wybór	III wybór	IV wybór
1	Belsk Duży				x
2	Białystok	x	x	x	x
3	Borówiec	x	x	x	x
4	Dźwirzyno			x	x
5	Florianka	x	x	x	x
6	Gołuchów	x	x	x	x
7	Gorzów Wlkp.	x	x	x	x
8	Granica	x	x	x	x
9	Guty Duże			x	x
10	Hel		x	x	x
11	Jarczew	x	x	x	x
12	Kalisz		x	x	x
13	Karkonosze	x	x	x	x
14	Kasprowy Wierch	x	x	x	x
15	Legnica	x	x	x	x
16	Lesko	x	x	x	x
17	Liniewko Kościerskie				x
18	Łeba	x	x	x	x
19	Olsztyn			x	x

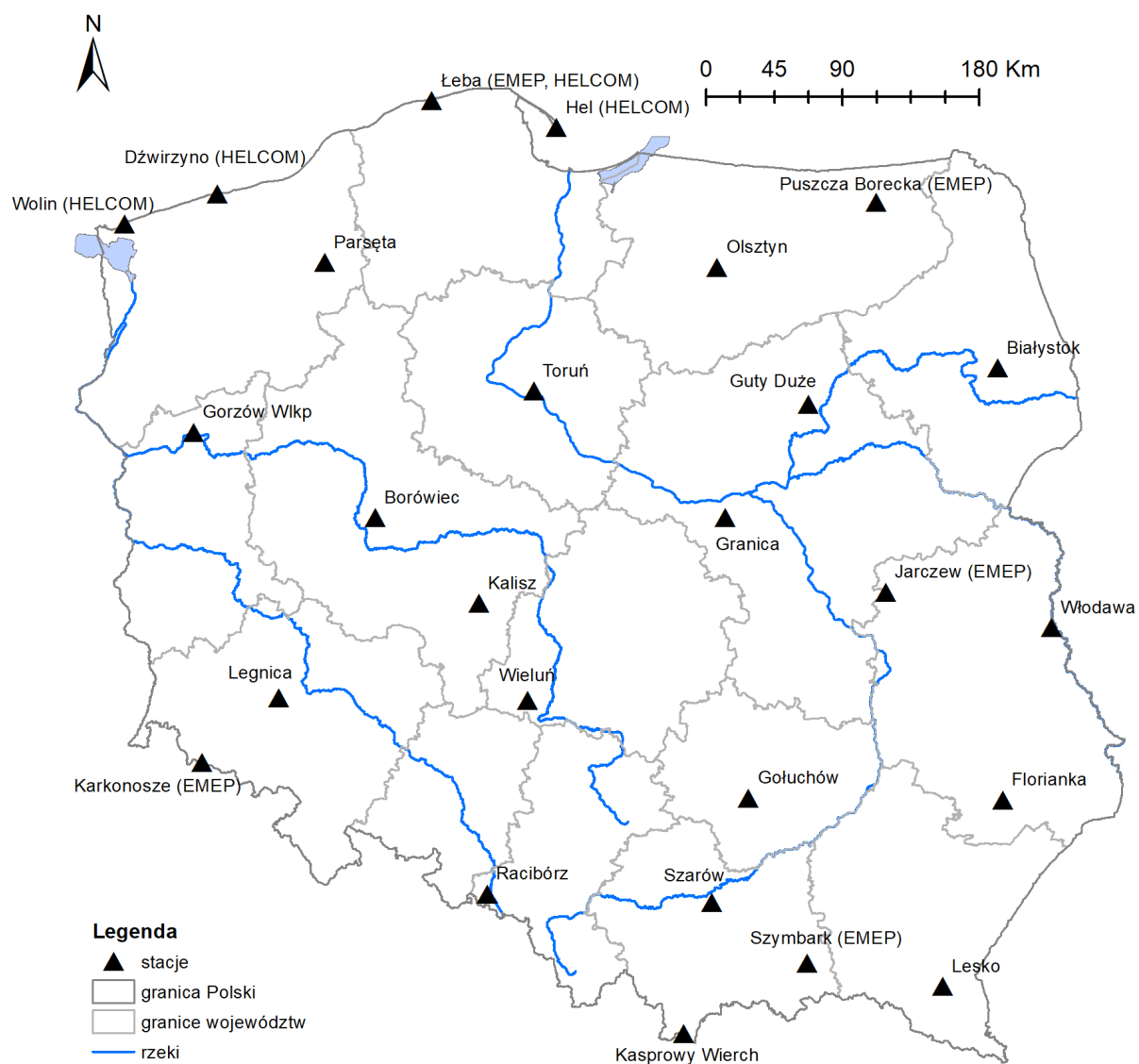
Lp.	Nazwa stacji	I wybór	II wybór	III wybór	IV wybór
20	Otwock				x
21	Parzęta		x	x	x
22	Piaski				x
23	Poznań Morasko				x
24	Puszcza Borecka	x	x	x	x
25	Racibórz	x	x	x	x
26	Szarów			x	x
27	Sandomierz				x
28	Szymbark	x	x	x	x
29	Toruń	x	x	x	x
30	Ustroń				x
31	Wieluń	x	x	x	x
32	Wigry				x
33	Włodawa	x	x	x	x
34	Wolin	x	x	x	x
35	Złoty Potok				x
	Razem	19	22	26	35



Rysunek 5.6 Propozycja 19 stacji I wyboru (opracowanie własne IMGW-PIB)



Rysunek 5.7 Propozycja 22 stacji II wyboru (opracowanie własne IMGW-PIB)



Rysunek 5.8 Propozycja 26 stacji III wyboru (opracowanie własne IMGW-PIB)

6 Ocena stacji z uwzględnieniem modelowania depozycji wybranych zanieczyszczeń

6.1 Udział w wideokonferencji z przedstawicielami NILU

W ramach zadania odbyła się wideokonferencja, na której przedstawiciele NILU zaprezentowali analizy dotyczące rozkładu depozycji dla wybranych zanieczyszczeń opadów atmosferycznych. Wyniki przedstawionych analiz zostały uwzględnione w ocenie stacji na potrzeby tworzenia nowej sieci pomiarów mokrej depozycji atmosferycznej.

W analizie rozkładu depozycji wykonanej przez zespół z NILU zostały wykorzystane dane miesięczne o mokrej depozycji atmosferycznej z lat 2015-2019, oszacowane z dwóch modeli EMEP: modelu jakości powietrza prowadzonego przez Meteorologiczne Centrum Syntezy - Zachód (MSC-W) dla związków kwaśnych, tj. siarki tlenowej (SO_2 , SO_4), azotu tlenowego (NO_2 , PAN, HNO_3 , HONO, NO_3) i azotu zredukowanego (NH_3 , NH_4) oraz modelu GLEMOS stosowanego przez Meteorologiczne Centrum Syntezy - Wschód (MSC-E) dla metali ciężkich Cd, Hg, Pb. Wykorzystano również dane pomiarowe z lat 2015-2019, z obecnie funkcjonujących 22 stacji chemizmu opadów atmosferycznych oraz 2 stacji tła podmiejskiego i regionalnego działających w ramach programu EMEP (Jarczew, Puszcza Borecka). Dane o depozycji obejmowały następujące składniki: SO_4^{2-} , NH_4^+ , Ca^{2+} , Cl^- , H^+ , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ .

W przedstawionej analizie zastosowano metodę grupowania hierarchicznego porównując dane w celu określenia istniejących między stacjami różnic, tzw. analizę niepodobieństw. W rezultacie wykonanych obliczeń wyróżniono 25 regionów (klastrow) reprezentatywności przestrzennej danej stacji/grupy stacji. Analizie poddano wybrane zanieczyszczenia: tlenowe związki siarki (SO_x), tlenowe związki azotu (OXN), zredukowane związki azotu (RDN) oraz metale ciężkie: kadm (Cd), ołów (Pb) i rtęć (Hg). Otrzymane wyniki przedstawiono na mapach i w postaci tabel.

Wyniki analizy pokazały, że tlenowe związki siarki, tlenowe związki azotu i zredukowane związki azotu cechują się bardziej jednorodnym rozkładem obszarów reprezentujących jedną stację niż metale ciężkie. Wyniki dla metali ciężkich pokazały duże zróżnicowanie między zachodnią i wschodnią częścią Polski, a także między północą a południem kraju, z większą liczbą klastrow w południowo-wschodniej części kraju. Zwraca uwagę fakt, że niezależnie od rozpatrywanego zanieczyszczenia północno-zachodnia część Polski charakteryzuje się mniejszą liczbą klastrow, czyli większym podobieństwem.

6.2 Określenie minimalnej i optymalnej liczby stanowisk pomiarowych niezbędnych do monitorowania chemizmu opadów atmosferycznych w odniesieniu do każdego z zanieczyszczeń.

Na podstawie przeglądu wymagań stawianych sieciom pomiarowym realizującym badania na rzecz programu HELCOM, EMEP i chemizmu opadów atmosferycznych oraz uwzględniając analizę rozkładu depozycji dla wybranych zanieczyszczeń, którą wykonali przedstawiciele NILU, określono minimalną i optymalną liczbę stanowisk pomiarowych niezbędnych do monitorowania chemizmu opadów atmosferycznych w odniesieniu do każdego z zanieczyszczeń.

W wyznaczaniu minimalnej i optymalnej liczby stanowisk pomiarowych uwzględniono zestawienie parametrów fizykochemicznych dla różnych rodzajów stacji pomiarowych opracowane w raporcie pn. "Określenie optymalnego zakresu substancji i parametrów, które należałoby badać w ramach chemizmu opadów atmosferycznych (opad mokry)". W raporcie tym wyróżniono 7 typów stacji, w zależności od planowanego programu badań, w odniesieniu do pomiarów na rzecz chemizmu opadów, programu HELCOM i EMEP: stacje podstawowe (typ 1), stacje specjalistyczne (typ 2), stacje podstawowe i HELCOM (typ 3), stacje podstawowe i EMEP poziom1 (typ 4), stacje podstawowe i EMEP poziom 2 (typ 5), stacje podstawowe i EMEP poziom 1 oraz HELCOM (typ 6), stacje podstawowe i EMEP poziom 2 oraz HELCOM (typ 7). Wymagania zakresu pomiarowego zestawiono w tabeli 6.1. W kolejnym kroku bieżącego zadania przyporządkowano zakresy pomiarów do wytypowanych 35 stacji celem określenia właściwego programu badawczego.

Tabela 6.1 Zestawienie typów stacji pomiarów depozycji atmosferycznej i odpowiadających im parametrów pomiarowych (opracowanie własne IMGW-PIB)

Lp.	Parametr / typ stacji	1	2	3	4	5	6	7
1.	SO ₄ ²⁻	x	x	x	x	x	x	x
2.	NO ₃ ⁻	x	x	x	x	x	x	x
3.	NH ₄ ⁺	x	x	x	x	x	x	x
4.	H ⁺ (pH)	x	x	x	x	x	x	x
5.	Na ⁺	x	x	x	x	x	x	x
6.	K ⁺	x	x	x	x	x	x	x
7.	Ca ²⁺	x	x	x	x	x	x	x
8.	Mg ²⁺	x	x	x	x	x	x	x
9.	Cl ⁻	x	x	x	x	x	x	x
10.	przewodność	x	x	x	x	x	x	x
11.	Pb	x	x	x	x	x	x	x
12.	Cd	x	x	x	x	x	x	x
13.	azot całkowity	x	x	x	x	x	x	x
14.	fosfor całkowity	x	x	x	x	x	x	x

Lp.	Parametr / typ stacji	1	2	3	4	5	6	7
15.	Cu	-	x	x	x	x	x	x
16.	Zn	-	x	x	x	x	x	x
17.	As	-	x	x	x	x	x	x
18.	Cr	-	x	x	x	x	x	x
19.	Ni	-	-	x	x	x	x	x
20.	HCO ₃ ⁻ , przy pH>6 (wyliczane z pH przy pH<6)	-	-	-	x	x	x	x
21.	Hg	-	x	x	-	x	x	x
22.	WWA	-	x	x	-	x	x	x
23.	PCBs (polichlorowane bifenyle)	-	-	x	-	x	x	x
24.	HCB (heksachlorobenzen)	-	-	-	-	x	-	x
25.	chlordan	-	-	-	-	x	-	x
26.	HCHs (heksachlorocykloheksan)	-	-	-	-	x	-	x
27.	DDT/DDE (dichlorodifenylo- trichloroetan i dichlorodifenylo- dichloroetylen)	-	-	-	-	x	-	x
28.	PBDE	-	-	x	-	-	x	x

Legenda:

Typy stacji:

1. Stacje podstawowe monitoringu chemizmu
2. Stacje specjalistyczne monitoringu chemizmu
3. Stacje podstawowe monitoringu chemizmu i HELCOM
4. Stacje podstawowe monitoringu chemizmu i EMEP poziom 1
5. Stacje podstawowe monitoringu chemizmu i EMEP poziom 2
6. Stacje podstawowe monitoringu chemizmu i EMEP poziom 1 oraz HELCOM
7. Stacje podstawowe monitoringu chemizmu i EMEP poziom 2 oraz HELCOM

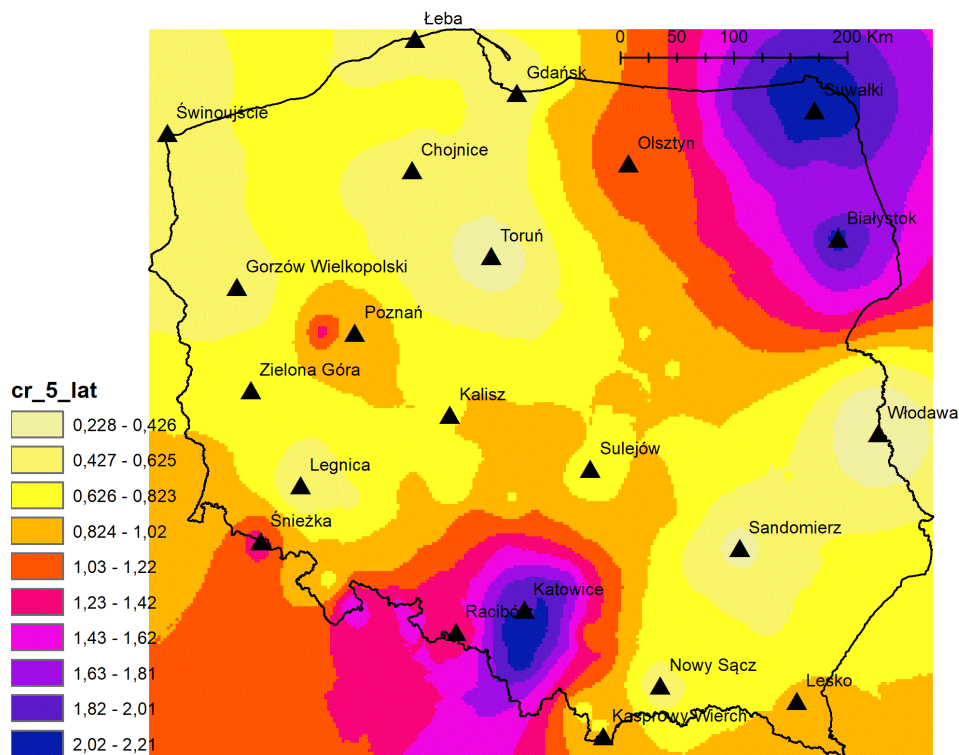
W procesie optymalizacji liczby stanowisk pomiarowych niezbędnych do monitorowania chemizmu opadów atmosferycznych w odniesieniu do każdego z zanieczyszczeń wykorzystano wyniki analiz z raportu i materiału uzupełniającego NILU, doświadczenia z badań prowadzonych na potrzeby obecnego systemu oceny mokrej

depozycji oraz z innych programów monitoringowych dotyczących badań jakości powietrza.

Zgodnie z wytycznymi opisanymi w raporcie pn. „Określenie optymalnego zakresu substancji i parametrów, które należałoby badać w ramach chemizmu opadów atmosferycznych (opad mokry)”, do prowadzenia chemizmu opadów wytypowano dwa rodzaje stacji, na których powinny być badane parametry:

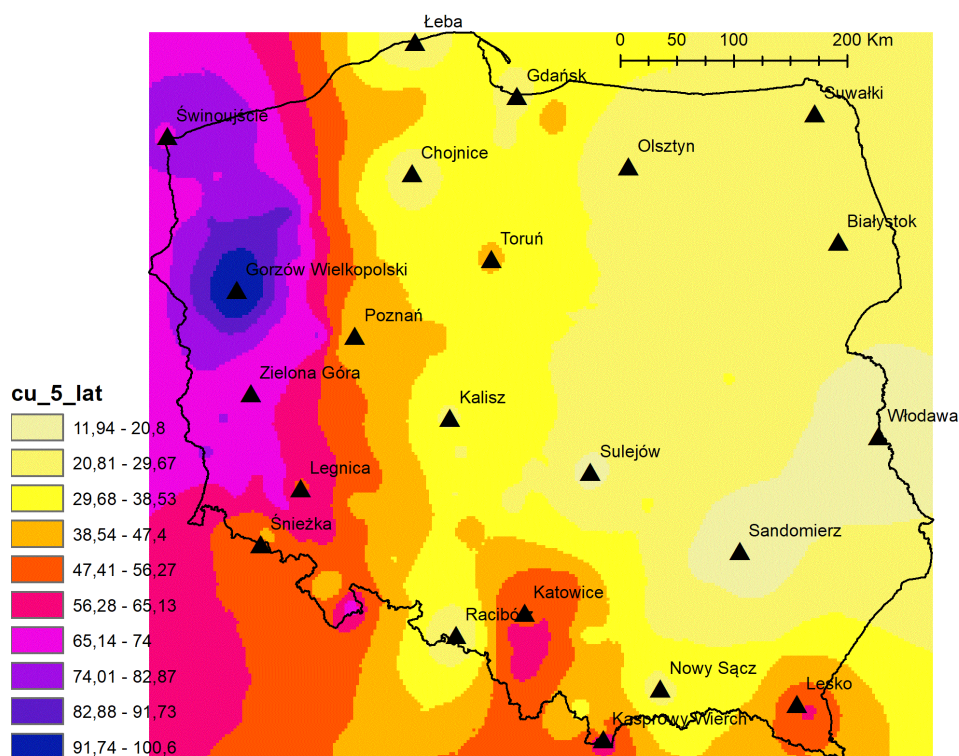
- podstawowe – na stacjach podstawowych monitoringu chemizmu (typ 1),
- podstawowe + specjalistyczne – na stacjach specjalistycznych monitoringu chemizmu tj. prowadzących badania rozszerzone o następujące wskaźniki: metale ciężkie: chrom, miedź, nikiel, cynk, rtęć i WWA (typ 2).

W zestawieniu proponowanych analiz dla stacji podstawowego monitoringu chemizmu uwzględniono ołów i kadm jako metale, które należy badać na każdej stacji. W celu określenia, na których stacjach powinien być prowadzony rozszerzony zakres badań, wykonano dodatkową analizę obecnych lokalizacji stacji monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. W związku z tym, że metale: chrom, miedź, nikiel oraz cynk nie zostały uwzględnione w opracowaniu NILU, przeprowadzono analizę depozycji tych metali ciężkich dla 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych za pięciolecie 2015-2019, czyli za taki sam okres, jaki został objęty analizą NILU. Wykonano obliczenia pięcioletnich średnich depozycji każdego z metali. Wyniki przedstawiono na rysunkach 6.1 ÷ 6.4.



Rysunek 6.1 Rozkład przestrzenny średniej depozycji chromu [g/ha] dla okresu 2015-2019 w oparciu o dane z 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych (opracowanie własne IMGW-PIB)

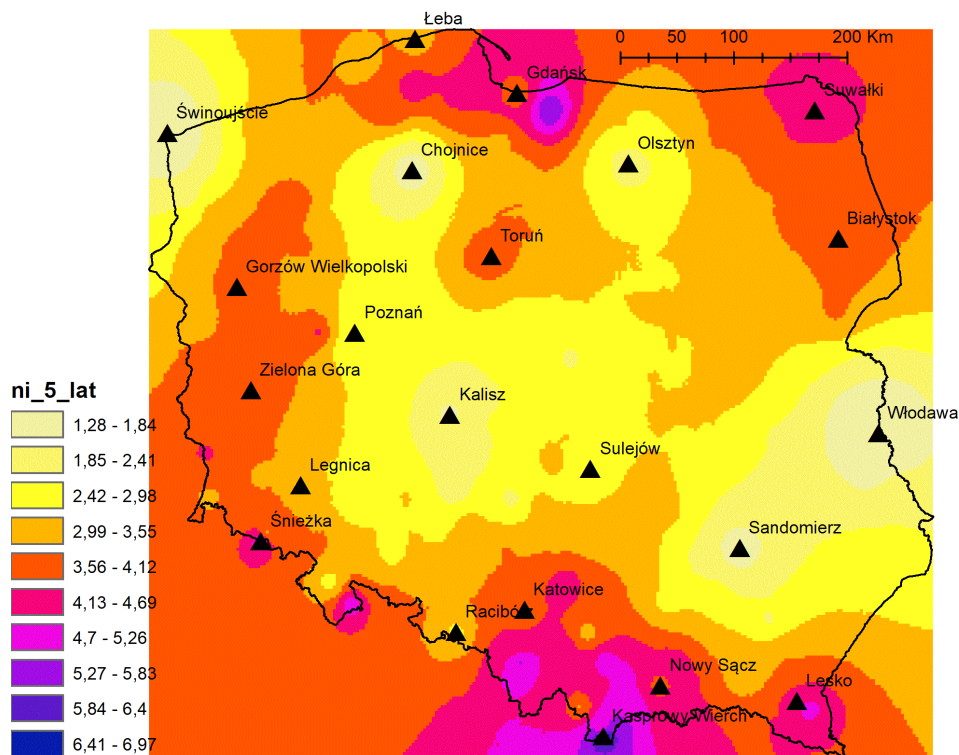
Wyniki analizy pokazały, że największe zagrożenie chromem określono w północno-wschodniej Polsce w rejonie Suwałk i Białegostoku, a także na obszarze Górnego Śląska, gdzie badania prowadzone są obecnie na stacjach w Katowicach i w Raciborzu (rysunek 6.1). Z kolei najmniejszą depozycję chromu notuje się w południowo-wschodniej Polsce (Włodawa, Sandomierz, Nowy Sącz), w rejonie Polski północnej (Toruń, Chojnice, Gdańsk-Świbno, Łeba) oraz północno-zachodniej i zachodniej (pas ciągnący się od Świnoujścia, przez Gorzów Wlkp. do Legnicy).



Rysunek 6.2 Rozkład przestrzenny średniej depozycji miedzi [g/ha] dla okresu 2015-2019 w oparciu o dane z 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych (opracowanie własne IMGW-PIB)

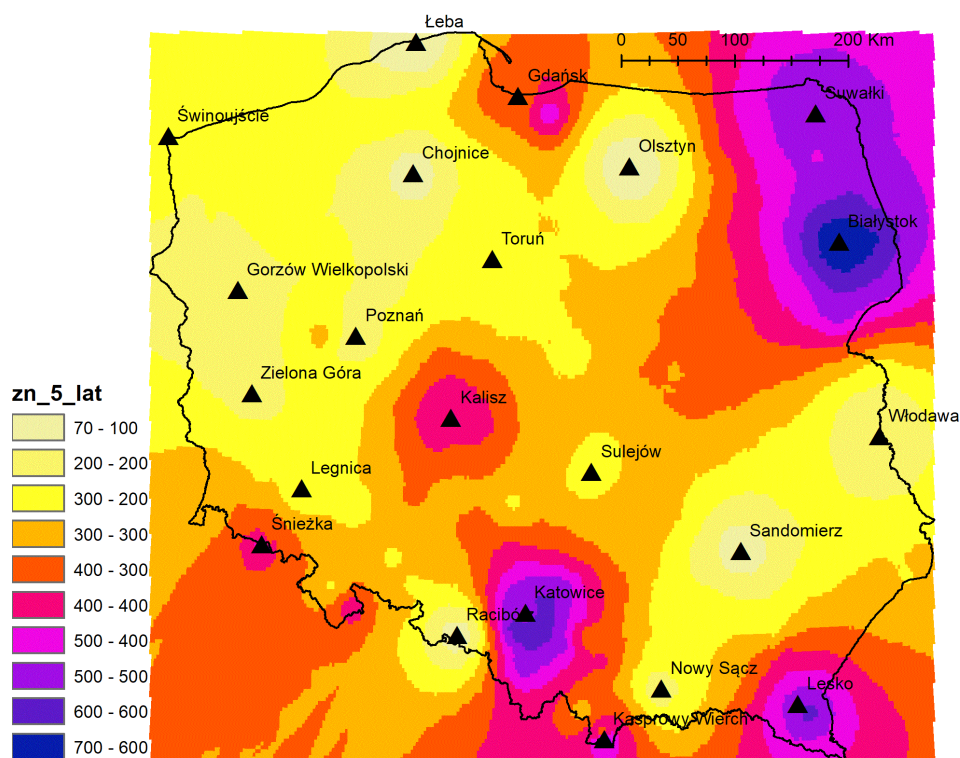
Na podstawie analizy (rysunek 6.2) stwierdzono, że największa depozycja miedzi z opadem atmosferycznym w okresie 2015-2019 występowała wzdłuż zachodniej granicy kraju pasem od Świnoujścia, przez Gorzów Wlkp. do Zielonej Góry. Najmniejszymi wartościami mokrej depozycji Cu w okresie omawianego pięciolecia charakteryzował się obszar objęty stacjami pomiarowymi we Włodawie, Sandomierzu i Sulejowie oraz Nowym Sączu, oraz punktowo – na południu w okolicy stacji Racibórz, a na północy w rejonie Łeby, Gdańska-Świbno i Chojnic.

Największe zagrożenie niklem obserwowano w rejonach Polski południowej – od zachodu w rejonie Śnieżki i Śnieżnika, poprzez Górny Śląsk, południową Małopolskę (Kasprowy Wierch, Nowy Sącz), aż do południowo-wschodniej granicy kraju (Lesko) (rysunek 6.3). Większą depozycję niklu powiązano również z rejonem nadmorskim (Gdańsk-Świbno), ale również z okolicą Suwałk. Najmniejsze wartości obserwowano w pasie ciągnącym się od Włodawy do Sandomierza oraz w centralnej Polsce w pasie z północy na południe (Chojnice, Kalisz) i punktowo w Olsztynie oraz na krańcu północno-zachodnim naszego kraju (Świnoujście).



Rysunek 6.3 Rozkład przestrzenny średniej depozycji niklu [g/ha] dla okresu 2015-2019 w oparciu o dane z 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych (opracowanie własne IMGW-PIB)

Największą mokrą depozycję cynku stwierdzono w trzech skupiskach: północno-wschodniej Polski (Suwałki, Białystok), w rejonie Górnego Śląska (Katowice) oraz na krańcach Polski południowej – Kasprowy Wierch i Lesko. Najmniej cynku zdeponowane zostało z opadem w dwóch dużych rejonach Polski północnej i środkowej – w rejonie Gorzowa Wlkp. i Zielonej Góry, poza tym w Poznaniu i Chojnicach oraz Łebie i punktowo w Olsztynie. Zmniejszoną depozycję Cu obserwowano również w pasie ciągnącym się od Włodawy, poprzez Sandomierz do Nowego Sącza. Punktowo stosunkowo niskie wartości depozycji Cu odnotowano w okresie 2015-2019 w rejonie Raciborza.



Rysunek 6.4 Rozkład przestrzenny średniej depozycji cynku [g/ha] dla okresu 2015-2019 w oparciu o dane z 22 stacji obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych (opracowanie własne IMGW-PIB)

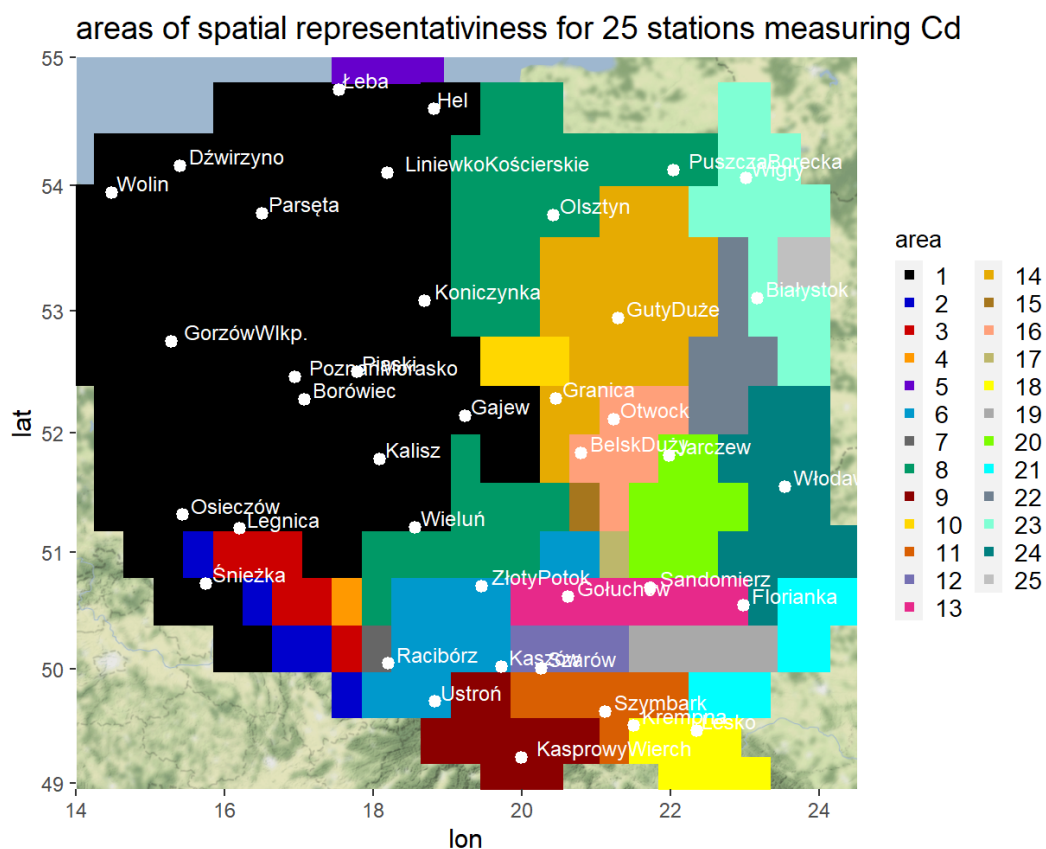
Z przeprowadzonej analizy wynika, że istnieje potrzeba monitorowania wymienionych metali ciężkich w rejonach z wysoką jak i – dla porównania – z niską mokrą depozycją.

Na podstawie raportu NILU oraz materiału uzupełniającego przesłanego przez stronę norweską można określić reprezentatywność stacji działających w obecnej sieci chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce oraz reprezentatywność stacji wskazanych do wykonywania pomiarów po optymalizacji sieci.

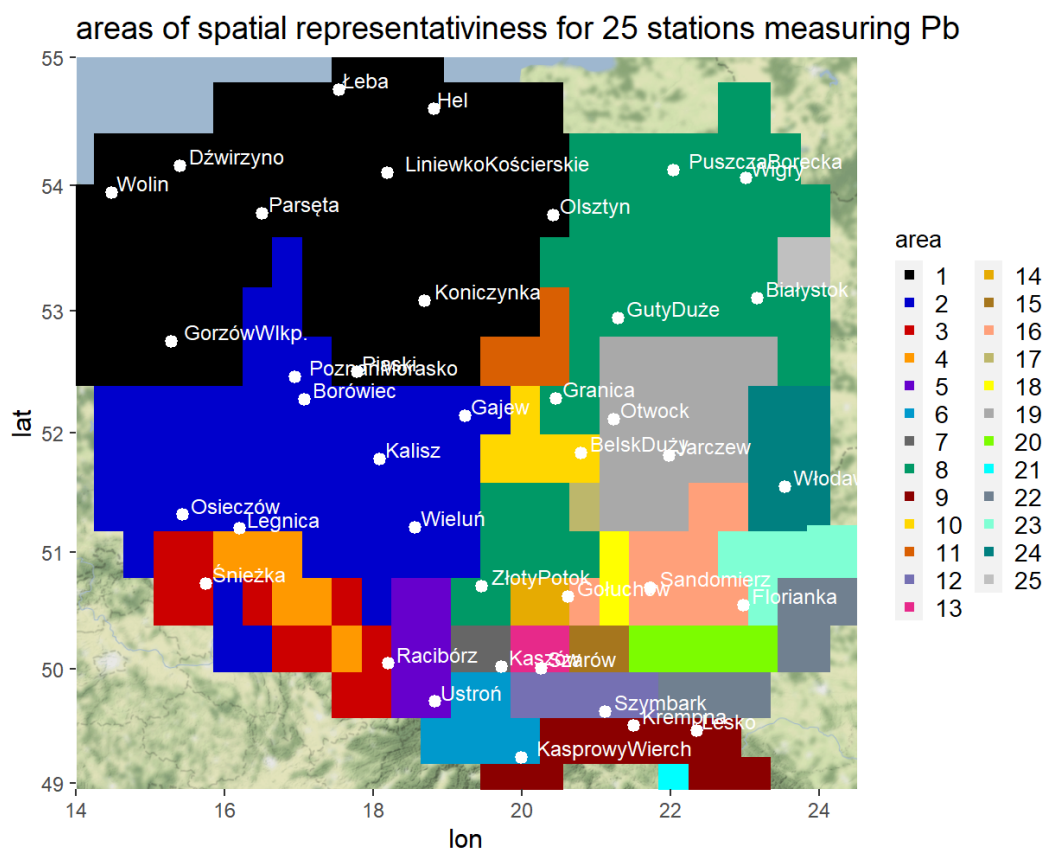
Jak wykazano w raporcie NILU (NILU 2021) związki kwaśne/zakwaszające wymagają monitorowania na terenie całego kraju, natomiast, w przypadku metali ciężkich wyraźniejszy jest podział na północ-południe i wschód-zachód, z mniejszymi skupiskami w południowo-wschodniej części kraju. Wskazuje to na większą liczbę źródeł w południowo-wschodniej części Polski. Proponuje się, żeby niezależnie od związku, w południowo-wschodniej części kraju utrzymać gęstszą sieć, a w północno-zachodniej - rzadszą. Istnieje również potrzeba utrzymywania stacji monitorujących polskie wybrzeże, szczególnie pod kątem zanieczyszczeń związanych z żeglugą.

W Raporcie NILU (NILU 2021) zostały przedstawione mapy rozkładu przestrzennego 25 klastrow niepodobieństw Cd, Pb i Hg z naniesionymi na nie 22 stacjami obecnego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych, stacjami tła podmiejskiego i regionalnego oraz stacjami ZMŚP. W materiale uzupełniającym na opracowane mapy

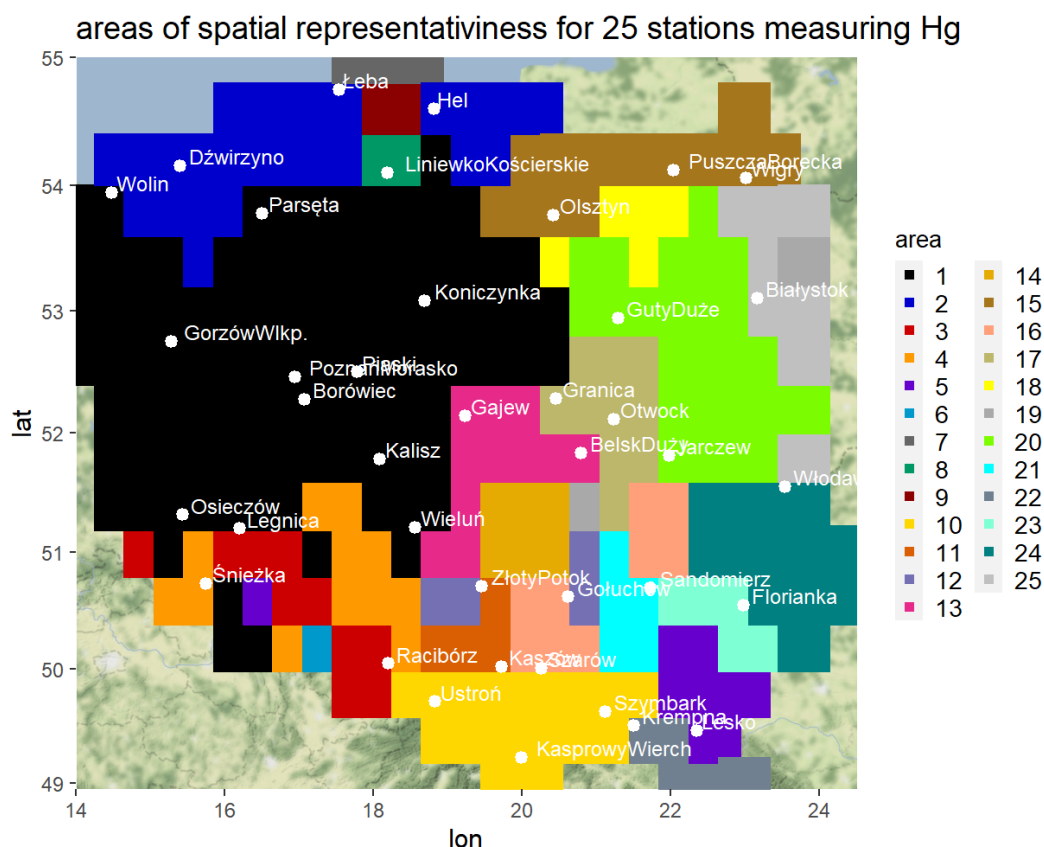
nałożono ponad 35 stacji wstępnie rozważanych do nowego systemu monitoringu chemizmu. Tak przygotowane mapy (rysunki 6.5, 6.6, 6.7) pozwoliły na dokładne oszacowanie reprezentatywności każdej z rozważanych lokalizacji.



Rysunek 6.5 Rozkład przestrzenny 25 klastrów niepodobieństw Cd z zaznaczonymi ponad 35 stacjami wstępnie rozważanymi do badań chemizmu opadów (materiał uzupełniający NILU)



Rysunek 6.6 Rozkład przestrzenny 25 klastrów niepodobieństw Pb z zaznaczonymi ponad 35 stacjami wstępnie rozważanymi do badań chemizmu opadów (materiał uzupełniający NILU)



Rysunek 6.7 Rozkład przestrzenny 25 klastrów niepodobieństw Hg z zaznaczonymi ponad 35 stacjami wstępnie rozważanymi do badań chemizmu opadów (materiał uzupełniający NILU)

Zgodnie z wcześniejszymi założeniami kadm i ołów zostały przypisane do podstawowej grupy parametrów mierzonych na wszystkich stacjach chemizmu w Polsce. Przedstawiona analiza NILU wykazała, że nie ma konieczności pomiarów Cd i Pb na każdej stacji, bowiem na dużym obszarze zachodniej Polski parametry te nie wykazują zmienności. Większe zróżnicowanie kadmu oraz ołowiu obserwowane jest na południu, na południowym wschodzie i na wschodzie.

Rozpatrując powyższą analizę i wcześniejsze założenia sugeruje się, aby pomiar kadmu i ołowiu był wykonywany na każdej stacji przez okres np. 5 lat. Po tym okresie należałoby powtórzyć analizę z uwzględnieniem modelowania i przeprowadzić weryfikację lokalizacji oraz rozważyć czy istnieje potrzeba zmiany liczby stanowisk pomiaru kadmu i ołowiu w opadzie atmosferycznym.

Rtęć jest elementem wskazanym do pomiaru na specjalistycznych stacjach chemizmu, a także na stacjach HELCOM oraz na stacjach 2 poziomu EMEP, na których przewidziano obowiązek pomiaru tej substancji zarówno w powietrzu, jak i w opadzie atmosferycznym. Podobnie jak w przypadku kadmu i ołowiu, analiza NILU wskazuje na duży obszar na zachodzie kraju nie wykazujący zmienności, duże zróżnicowanie rtęci występuje natomiast we wschodniej, centralnej i południowej Polsce. Po analizie powyższych rozkładów do pomiaru rtęci typuje się stacje: Białystok, Borówiec, Granica, Legnica, Lesko, Puszcza Borecka, Szymbark, Toruń, Włodawa, Wolin (tabela 6.2).

Z analizy NILU wynika ponadto, że wszystkie stacje przewidziane jako EMEP: Łeba, Puszcza Borecka, Jarczew, Szymbark i Karkonosze w przypadku kadmu, ale również pozostałych analizowanych w raporcie NILU wskaźników, znajdują się na oddzielnych klastrach, co świadczy o reprezentatywności wytypowanych stacji EMEP w odniesieniu do badanych substancji.

Przy weryfikacji stanowisk do badań WWA, nieobjętych modelowaniem NILU, oparto się na badaniach prowadzonych na potrzeby oceny stanu tła regionalnego. Badania prowadzone są obecnie przez GIOŚ na stacjach Osieczów, Zielonka i Puszcza Borecka (GIOŚ 2021). W nowym systemie monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych proponuje się kontynuować badania na stacji Puszcza Borecka oraz w nowych lokalizacjach: Granica i Borówiec (tabela 6.2).

Zgodnie z wymaganiami Dyrektywy 2004/107/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, rtęci, niklu i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu (2004/107/WE), pomiary depozycji całkowitej metali ciężkich i WWA, prowadzi się w co najmniej trzech punktach pomiarowych tła regionalnego kraju. Pomiary tych elementów uwzględniono na stacji Puszcza Borecka (kontynuacja), jak również na dwóch innych stanowiskach tła regionalnego, tj. na stacjach Borówiec i Granica.

Hg (rtęć) jest parametrem analizowanym w ramach HELCOM oraz na stacjach poziomu 2 EMEP (EMEP 2), podobnie jak PCBs (polichlorowane bifenyle), również przewidziany dla poziomu 2 EMEP oraz w ramach HELCOM. Natomiast dla poziomu 2 programu EMEP należy uwzględnić pomiar takich substancji jak chlordan, DDT/DDE (dichlorodifenylotrichloroetan i dichlorodifenylodichloroetylen), HCB (heksachlorobenzen) HCHs (heksachlorocykloheksan), co przedstawiono w tabeli 6.2.

Uwzględniając wszystkie analizy, na stacjach I wyboru (18 stacji i Puszcza Borecka) proponuje się rozszerzony program pomiarowy, przewidziany dla stacji specjalistycznych monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych (tabela 6.2). Dla dodatkowych stacji wchodzących w skład II, III i IV wyboru, które nie są ujęte w zestawie stacji I wyboru, proponuje się podstawowy zestaw badań. Dodatkowo należy uwzględnić badania wymienione odpowiednio w programach EMEP i HELCOM.

Za optymalną liczbę stacji pomiarowych monitoringu mokrej depozycji atmosferycznej uznano 26 stacji (III wybór), w tym 19 stacji z zakresem rozszerzonym (stacje specjalistyczne monitoringu chemizmu) typu 2 i 7 stacji z podstawowym zakresem pomiarowym typu 1. Natomiast za minimalną liczbę stanowisk pozwalającą na prowadzenie monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych przyjęto 19 stacji I wyboru.

Lp.	Nazwa stacji	Wybór				Typ stacji		Wskaźniki specjalistyczne dla chemizmu typu 2 oraz wskaźniki dodatkowe wg programów: EMEP 1, EMEP 2, HELCOM i wymagań DYREKTYWY 2004/107/WE													
		I	II	III	IV			Inne programy	Cu	Zn	As	Cr	Hg	Ni	WWA	HCO ₃ ⁻	HCB	chlordan	DDT/DDE	HCHs	PCBs
16	Lesko	x	x	x	x	2		x	x	x	x	x									
17	Liniewko Kościerskie				x	1															
18	Łeba	x	x	x	x	2	EMEP 1, HELCOM	x	x	x	x	x	x	x					x	x	
19	Olsztyn			x	x	1															
20	Otwock				x	1															
21	Parsęta		x	x	x	1															
22	Piaski				x	1															
23	Poznań Morasko				x	1															
24	Puszcza Borecka	x	x	x	x	2	EMEP 2, 2004/107/WE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
25	Racibórz	x	x	x	x	2		x	x	x	x										
26	Szarów			x	x	1															
27	Sandomierz				x	1															
28	Szymbark	x	x	x	x	2	EMEP 1 lub 2*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
29	Toruń	x	x	x	x	2		x	x	x	x	x									
30	Ustroń				x	1															

Lp.	Nazwa stacji	Wybór				Typ stacji		Wskaźniki specjalistyczne dla chemizmu typu 2 oraz wskaźniki dodatkowe wg programów: EMEP 1, EMEP 2, HELCOM i wymagań DYREKTYWY 2004/107/WE													
		I	II	III	IV			Inne programy	Cu	Zn	As	Cr	Hg	Ni	WWA	HCO ₃ ⁻	HCB	chlordan	DDT/DDE	HCHs	PCBs
31	Wieluń	x	x	x	x	2		x	x	x	x										
32	Wigry				x	1															
33	Włodawa	x	x	x	x	2		x	x	x	x	x									
34	Wolin	x	x	x	x	2	HELCOM	x	x	x	x	x	x							x	x
35	Złoty Potok				x	1															

*wariant alternatywny - omówione szczegółowo w rozdziale 6.3 poniżej

Legenda:

Typy stacji:

1. Stacje podstawowe monitoringu chemizmu
2. Stacje specjalistyczne monitoringu chemizmu

Wskaźniki:

DDT/DDE (dichlorodifenylotrichloroetan i dichlorodifenyldichloroetylen)

HCHs (heksachlorocykloheksan)

HCB (heksachlorobenzen)

PCBs (polichlorowane bifenyle)

HCO₃⁻, przy pH>6 (wyliczane z pH przy pH<6)

WWA

6.3 Stacje w programie HELCOM i EMEP

Dodatkowo przeprowadzono szczegółowe analizy wyboru stacji wytypowanych do prowadzenia badań w ramach programów HELCOM i EMEP.

HELCOM

Biorąc pod uwagę wyniki modelowania zaprezentowanego w raporcie NILU (Raport NILU 2021), aktualnie pracująca stacja pomiarowa zlokalizowana w Łebie może być uznana za reprezentatywną w następującym zakresie:

- dla SOX (tlenki siarki) – od Jastrzębiej Góry do Koszalina; nie obejmuje obszarów położonych na zachodnim Wybrzeżu,
- dla OXN (utlenione formy azotu) - od Jastrzębiej Góry do Koszalina; nie obejmuje obszarów położonych na zachodnim Wybrzeżu,
- dla RDN (zredukowane formy azotu) – reprezentatywna dla całego Wybrzeża,
- Cd – reprezentatywna dla bardzo małego odcinka od Jastrzębiej Góry do Łeby,
- Hg – reprezentatywna dla bardzo małego odcinka od Jastrzębiej Góry do Łeby,
- Pb – stacja znajduje się w dużym obszarowo klastrze charakteryzującym się zbliżoną charakterystyką depozycji Pb.

Powyższa analiza wyraźnie identyfikuje konieczność wskazania dodatkowych stacji w obszarach środkowego i zachodniego wybrzeża do badań depozycji substancji zanieczyszczających do Morza Bałtyckiego.

Bazując na przeprowadzonych wizytacjach i analizach ostatecznie dla celów badania depozycji zanieczyszczeń do Morza Bałtyckiego rekomenduje się stacje:

1. Łeba – dobra lokalizacja pod kątem informacji o depozycji do Morza Bałtyckiego i kontynuacja serii historycznej;
2. Hel – doskonała lokalizacja dla badań depozycji zanieczyszczeń do Morza Bałtyckiego – stacja wysunięta w obszar morski, otoczona z trzech stron morzem, wypełnia lukę informacyjną w stosunku do reprezentatywności stacji Łeba;
3. Dźwirzyno – lokalizacja bezpośrednio na brzegu w rejonie środkowego Wybrzeża, bardzo istotna ze względu na lukę informacyjną w zakresie depozycji zanieczyszczeń do Morza Bałtyckiego w stosunku do reprezentatywności obszarowej stacji Łeba;
4. Wolin – lokalizacja bezpośrednio na brzegu w rejonie zachodniego Wybrzeża, bardzo istotna ze względu na lukę informacyjną w zakresie depozycji zanieczyszczeń do Morza Bałtyckiego w stosunku do reprezentatywności obszarowej stacji Łeba.

EMEP

Bazując na przeprowadzonych wizytacjach i analizach ostatecznie dla celów badania depozycji zanieczyszczeń na rzecz EMEP oraz do wykonywania badań w ramach programu EMEP rekomenduje się stacje:

1. Puszcza Borecka - stacja działająca w EMEP, stacja regionalna na rzecz GAW/WMO, mająca bogaty program obserwacyjny zanieczyszczeń powietrza

i opadów atmosferycznych, realizująca program 1. poziomu i częściowo 2. poziomu EMEP; zlokalizowana w rozległym rejonie leśnym, w regionie pojeziernym, w północno-wschodniej Polsce; kontynuacja serii historycznej, stacja ta została wskazana przez Zamawiającego jako pozostająca w sieci bezwarunkowo; spełniająca wymagania; typowana na stację 2 poziomu EMEP (zakres rozszerzony);

2. Łeba - stacja działająca w EMEP, stacja regionalna na rzecz GAW/WMO, wyniki wykorzystywane w programie HELCOM; położona w rejonie nadmorskim, dobra lokalizacja pod kątem informacji o depozycji do Morza Bałtyckiego, jak i na cele EMEP, spełniająca wymagania; kontynuacja serii historycznej;
3. Jarczew - stacja działająca w EMEP, stacja regionalna na rzecz GAW/WMO; stacja nizinna, rejon rolniczy, środkowo-wschodni region kraju; spełniająca wymagania; kontynuacja serii historycznej;
4. Karkonosze - stacja wysokogórska, położona w partii szczytowej Karkonoszy, tej samej grupy górskiej co Śnieżka (oddalona od stacji na Śnieżce o ok. 17 km) w bliskim sąsiedztwie szczytu Szrenicy (1362 m n.p.m.); spełniająca wymagania; stacja działająca jako ZMŚP; stacja zaproponowana do zastąpienia stacji EMEP działającej na Śnieżce;

Rekomenduje się utrzymanie w rejonie Karkonoszy stacji realizującej badania na rzecz programu EMEP. Należy bowiem kontynuować długoletnią serię obserwacyjną zanieczyszczeń atmosfery i opadów atmosferycznych w rejonie wysokogórskim, w południowo-zachodniej Polsce.

5. Szymbark – stacja położona w regionie górskim, w południowej Polsce, w północno-zachodniej części Beskidu Niskiego, działająca jako ZMŚP pod nazwą Beskid Niski (Szymbark jest poprzednią nazwą), spełniająca wymagania, położona na łagodnie pochylonym zboczu (odstępstwo od założeń), nowa propozycja na lokalizację EMEP.

Biorąc pod uwagę wyniki modelowania zaprezentowanego w raporcie NILU, każda z tych pięciu stacji w zakresie wszystkich badanych elementów posiada swój własny obszar reprezentatywności (znajduje się w oddzielnym klastrze). Wynika z tego, że sieć została równomiernie rozmieszczona na obszarze kraju i że tak dobrane lokalizacje dobrze reprezentują różnorodność warunków, mogących wpływać na rozkład przestrzenny badanych zanieczyszczeń.

Spośród pięciu rekomendowanych lokalizacji na stację 2 poziomu EMEP (zakres rozszerzony) jako pierwszą proponuje się stację Puszcza Borecka, która stale podnosząc swój potencjał już wykonuje niektóre elementy 2 poziomu.

Druga stacja 2. poziomu powinna być zlokalizowana w odległym, w stosunku do Puszczy Boreckiej, regionie Polski. W związku z tym na stację 2. poziomu EMEP rekomenduje się przyjęcie stacji Szymbark (I wybór) lub Karkonosze (I wybór). Z geograficznego punktu widzenia, lepszym wyborem wydaje się być Szymbark. Jednak, obie wymienione stacje są nowymi lokalizacjami proponowanymi do EMEP. Działania poziomu 1. powinny być pierwszym priorytetem przy rozszerzaniu sieci monitorowania na obszarach o niewielu lokalizacjach. Należy zatem najpierw wprowadzać na tych dwóch

stacjach pełne pomiary obowiązujące na stacjach poziomu 1. a następnie rozważyć rozszerzenie zakresu pomiarowego jednej z nich do poziomu 2. Proponuje się aby najpierw włączyć obie stacje do programu EMEP jako stacje 1. poziomu, a następnie, po kilku latach pomiarów, przeprowadzić dodatkową analizę w celu podjęcia ostatecznej decyzji.

7 Szacowanie rocznych kosztów i kwestie organizacyjne funkcjonowania systemu pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce

W ramach zadania oszacowano roczne koszty prowadzenia pomiarów i analiz fizykochemicznych próbek opadów atmosferycznych wraz z kwestiami organizacyjnymi prowadzenia monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.

7.1 Szacunkowe roczne koszty prowadzenia pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych

W celu oszacowania rocznych kosztów funkcjonowania pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych pod uwagę wzięto:

- koszty dzierżawy/użyczenia terenu pod kolektor,
- koszty energii elektrycznej potrzebnej do pracy kolektora,
- koszty pracy ewentualnego opiekuna stacji, dot. np.: poboru prób, dobowego pomiaru pH,
- koszty transportu próbek ze stacji pomiarowych do Oddziałów Centralnego Laboratorium Badawczego GIOŚ (CLB GIOŚ),
- koszty wysyłki próbek z Oddziałów CLB GIOŚ do laboratoriów wyznaczonych do wykonywania analiz fizykochemicznych,
- koszty odczynników niezbędnych do wykonania analiz fizykochemicznych.

Do oszacowania kosztów dzierżawy terenu pod kolektor opadów atmosferycznych przyjęto założenie, że do posadowienia kolektora potrzebny jest 1 m² gruntu. Dokonano przeglądu stron internetowych, na których zamieszczone są oferty wynajmu gruntów w różnych rejonach kraju (morizon.pl, komercyjne.pl, otodom.pl, gratka.pl, olx.pl, nieruchomości-online.pl). Analizą objęto nieruchomości gruntowe położone w 14 lokalizacjach. Z uwagi na zbyt małą liczbę ofert gruntu na wynajem w poszczególnych lokalizacjach, badania rozszerzono na sąsiednie miejscowości. Ceny wynajmu gruntów kształtują się na zróżnicowanym poziomie i wynikają głównie z położenia terenu. Ofertę wynajmu gruntu z najniższą ceną za m² znaleziono w Legnicy, grunty na wynajem o najwyższej cenie wystąpiły nad morzem: Łeba, Dźwirzyno. W poniższej tabeli zestawiono stawki wynajmu gruntu w poszczególnych lokalizacjach i wyliczono średnią cenę najmu 1 m² powierzchni na miesiąc.

Tabela 7.1 Zestawienie stawek netto najmu gruntów na miesiąc w poszczególnych lokalizacjach (opracowanie własne IMGW-PIB)

Lp.	Lokalizacja	Cena netto za 1 m ²	Średnia cena netto najmu za 1 m ² w poszczególnych lokalizacjach
1.	Toruń	2,30 zł - 3,00 zł	2,77 zł
2.	Kalisz	2,50 zł - 4,42 zł	3,31 zł
3.	Legnica	0,13 zł - 2,40 zł	1,53 zł
4.	Lesko	2,50 zł - 10,00 zł	5,17 zł
5.	Łeba	8,33 zł - 150,00 zł	58,69 zł
6.	Dźwirzyno	0,54 zł - 200 zł	67,98 zł
7.	Olsztyn	1,20 zł - 3,50 zł	2,57 zł
8.	Białystok	2,19 zł - 3,00 zł	2,55 zł
9.	Włodawa	0,33 zł - 1,50 zł	1,05 zł
10.	Jarczew	0,16 zł - 0,59 zł	0,38 zł
11.	Sandomierz	0,71 zł - 1,56 zł	1,28 zł
12.	Gorzów Wielkopolski	0,57 zł - 3,24 zł	2,27 zł
13.	Racibórz	1,04 zł - 4,44 zł	2,28 zł
14.	Wieluń	1,00 zł - 2,05 zł	1,68 zł
Średnia cena netto najmu za 1 m² powierzchni na miesiąc			10,97 zł

Średnia cena netto najmu 1 m² gruntu wynosi 10,97 zł netto/miesiąc. **Roczny szacunkowy koszt brutto dzierżawy terenu pod jeden kolektor opadów wynosi 161,92 zł.**

Do oszacowania kosztów energii przyjęto następujące założenia. Zgodnie ze specyfikacją techniczną producenta automatycznych kolektorów zbierania opadów atmosferycznych: <https://www.eigenbrodt.de/en/info-center/downloads/prospects-and-catalog> maksymalne obciążenie energii kolektora typu NSA 1981/KE z funkcją chłodzenia i podgrzewania komory z próbkami opadów wynosi: 430 Watt + 160 Watt (chłodzenie) lub 100 Watt (grzanie). Założono pracę kolektora z maksymalną mocą przez cały rok: 8760 h/rok, chłodzenie przez 6 miesięcy: 4380 h/rok i ogrzewanie przez 6 miesięcy: 4380 h/rok. Maksymalna ilość energii pobierana przez kolektor w ciągu roku może wynosić: 4906 kWh. Średni koszt energii elektrycznej w 2022 roku (<http://www.cena-pradu.pl/tabela.html>, dostęp maj 2022) wynosi: 0,66 zł brutto za kWh. **Roczny szacunkowy koszt zużycia energii elektrycznej przez jeden kolektor wynosi: 3 237,96 zł.**

Do szacowania kosztów pracy ewentualnego opiekuna stacji dot. np.: poboru prób, dobowego pomiaru pH założono, że czynności te mogą zajmować ok. 16,5 h/miesiąc. Zakładając, że średnio miesiąc pracy na pełen etat wynosi 168 h, praca opiekuna stacji pomiarów chemizmu opadów stanowi 0,1 etatu. Zgodnie z komunikatem Prezesa Głównego Urzędu Statystycznego z dnia 11 maja 2022 roku, przeciętne wynagrodzenie w I kwartale 2022 roku wynosiło 6 235,22 zł: <https://stat.gov.pl/sygnalne/komunikaty-i-obwieszczenia/lista-komunikatow-i-obwieszczen/komunikat-w-sprawie-przecietnego-wynagrodzenia-w-pierwszym-kwartale-2022-roku,271,36.html> Zakładając koszt etatu za pracę na poziomie przeciętnego wynagrodzenia, **roczny szacunkowy koszt pracy opiekuna stacji wynosi: 7 482,26 zł.**

Koszty transportu próbek opadów ze stacji pomiarowych do Oddziałów CLB GIOŚ zostały oszacowane przy założeniach, że pracownicy Oddziałów CLB GIOŚ będą odbierali próby ze stacji w obrębie danego województwa co 2 tygodnie. Wyliczono odległości w kilometrach od siedziby Oddziału CLB GIOŚ do danej stacji. Jako koszt przejechania 1 kilometra przyjęto stawkę przebiegu pojazdu o pojemności skokowej silnika powyżej 900 cm³ zgodną z obowiązującym w 2022 roku Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 25 marca 2002 r. w sprawie warunków ustalania oraz sposobu dokonywania zwrotu kosztów używania do celów służbowych samochodów osobowych, motocykli i motorowerów niebędących własnością pracodawcy (Dz.U. nr 27 poz. 271 ze zm.): <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu20020270271>. Stawka ta wynosi 0,8358 zł za kilometr.

Tabela 7.2 Zestawienie kosztów transportu próbek do Oddziałów CLB GIOŚ z poszczególnych lokalizacji z uwzględnieniem 4 wariantów wyboru liczby stacji do systemu pomiarów chemizmu opadów (opracowanie własne IMGW-PIB)

				Wersja wyboru				koszty		cena za km		0,8358
				I	II	III	IV	I	II	III	IV	
	Województwo	Oddział CLB GIOŚ	Stacja	odległość w kilometrach				koszt przejazdu w obie strony				
1	Warmińsko-mazurskie	Olsztyn	Puszcza Borecka	127	127	127	127	212,3 zł	212,3 zł	212,3 zł	212,3 zł	
			Olsztyn			6	6	- zł	- zł	10,0 zł	10,0 zł	
								212,3 zł	212,3 zł	222,3 zł	222,3 zł	
2	Podlaskie	Białystok	Białystok	0	0	0	0	- zł	- zł	- zł	- zł	
			Wigry				130					217,3 zł
												217,3 zł
3	Lubelskie	Lublin	Jarczew	100	100	100	100	167,2 zł	167,2 zł	167,2 zł	167,2 zł	
			Włodawa	100	100	100	100	167,2 zł	167,2 zł	167,2 zł	167,2 zł	
			Florianka	100	100	100	100	167,2 zł	167,2 zł	167,2 zł	167,2 zł	
								501,5 zł	501,5 zł	501,5 zł	501,5 zł	
4	Podkarpackie	Rzeszów	Lesko	90	90	90	90	150,4 zł	150,4 zł	150,4 zł	150,4 zł	
								150,4 zł	150,4 zł	150,4 zł	150,4 zł	
5	Małopolskie	Kraków	Kasprowy W. - Zakopane, Sienkiewicza 26C	115	115	115	115	192,2 zł	192,2 zł	192,2 zł	192,2 zł	
			Szymbark	128	128	128	128	214,0 zł	214,0 zł	214,0 zł	214,0 zł	
			Szarów			25	25			41,8 zł	41,8 zł	
								406,2 zł	406,2 zł	448,0 zł	448,0 zł	
6	Świętokrzyskie	Kielce	Gołuchów	31	31	31	31	51,8 zł	51,8 zł	51,8 zł	51,8 zł	
			Sandomierz				90					150,4 zł
								51,8 zł	51,8 zł	51,8 zł	202,3 zł	
7	Śląskie	Katowice	Racibórz	80	80	80	80	133,7 zł	133,7 zł	133,7 zł	133,7 zł	
			Złoty Potok				110					183,9 zł
			Ustroń				125					209,0 zł
								133,7 zł	133,7 zł	133,7 zł	526,6 zł	
8	Opolskie	Opole	brak									
9	Dolnośląskie	Wrocław	Karkonosze - Szklarska Poręba, Okrzei 28	137	137	137	137	229,0 zł	229,0 zł	229,0 zł	229,0 zł	
			Legnica	70	70	70	70	117,0 zł	117,0 zł	117,0 zł	117,0 zł	
								346,0 zł	346,0 zł	346,0 zł	346,0 zł	
10	Lubuskie	Zielona Góra	Gorzów Wlkp.	112	112	112	112	187,2 zł	187,2 zł	187,2 zł	187,2 zł	
								187,2 zł	187,2 zł	187,2 zł	187,2 zł	
11	wielkopolskie	Poznań	Borówiec	24	24	24	24	40,1 zł	40,1 zł	40,1 zł	40,1 zł	
			Kalisz		130	130	130		217,3 zł	217,3 zł	217,3 zł	
			Poznań Morasko				6					10,0 zł
			Piaski				77					128,7 zł
								40,1 zł	257,4 zł	257,4 zł	396,2 zł	
12	Zachodniopomorskie	Szczecin	Wolin	100	100	100	100	167,2 zł	167,2 zł	167,2 zł	167,2 zł	
			Parseńka		190	190	190		317,6 zł	317,6 zł	317,6 zł	
			Dźwirzyno			145	145			242,4 zł	242,4 zł	
								167,2 zł	484,8 zł	727,1 zł	727,1 zł	
13	Pomorskie	Gdańsk	Łeba	116	116	116	116	193,9 zł	193,9 zł	193,9 zł	193,9 zł	
			Hel		105	105	105		175,5 zł	175,5 zł	175,5 zł	
			Liniewko Kościerskie				45					75,2 zł
								193,9 zł	369,4 zł	369,4 zł	444,6 zł	
14	Kujawsko-pomorskie	Bydgoszcz	Toruń	50	50	50	50	83,6 zł	83,6 zł	83,6 zł	83,6 zł	
								83,6 zł	83,6 zł	83,6 zł	83,6 zł	
15	Mazowieckie	Warszawa	Granica	55	55	55	55	91,9 zł	91,9 zł	91,9 zł	91,9 zł	
			Guty Duże			127	127			212,3 zł	212,3 zł	
			Belsk				77					128,7 zł
			Otwock				24					40,1 zł
								91,9 zł	91,9 zł	304,2 zł	473,1 zł	
16	łódzkie	Łódź	Wieluń	114	114	114	114	190,6 zł	190,6 zł	190,6 zł	190,6 zł	
								190,6 zł	190,6 zł	190,6 zł	190,6 zł	

Podsumowanie odbioru prób	I	II	III	IV
Koszt pojedynczego odbioru prób	2 756,5 zł	3 466,9 zł	3 973,4 zł	5 116,8 zł
Koszt odbioru prób co 2 tygodnie przez rok	71 668,2 zł	90 139,4 zł	103 308,2 zł	133 036,0 zł

Roczny szacunkowy koszt transportu prób ze stacji do Oddziałów CLB GIOŚ wynosi w przypadku 19 stacji: 71 668,20 zł, w przypadku 22 stacji: 90 139,40 zł, w przypadku 26 stacji: 103 308,20 zł, w przypadku 35 stacji: 133 036,00 zł.

Szacowanie kosztów wysyłki próbek z Oddziałów CLB GIOŚ do laboratoriów wyznaczonych do wykonywania analiz fizykochemicznych wykonano w oparciu o cennik wysyłki paczek pocztowych Poczty Polskiej: https://cennik.pocztapolska.pl/usluga.krajowy_paczka_pocztowa.html. Do szacowania przyjęto cenę za paczkę ekonomiczną o maksymalnych gabarytach 60x50x30 cm i wadze do 10 kg, wynoszącą 24 zł brutto. **Koszt wysłania 26 paczek w roku z 15 Oddziałów CLB GIOŚ wynosi 9 360 zł.** W szacowaniu nie uwzględniono 1 Oddziału CLB GIOŚ, ze względu na brak wytypowanych stacji w województwie opolskim.

Szacując koszty zakupu odczynników chemicznych niezbędnych do wykonania analiz fizykochemicznych próbek pobieranych w ramach systemu pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce, wzięto pod uwagę aktualne ceny oraz roczne zużycie odczynników wykorzystywanych w laboratoriach IMGW-PIB, CLB GIOŚ, IOŚ-PIB oraz w laboratoriach wykonujących oznaczenia na zlecenie IOŚ-PIB. Szacowanie wykonano na podstawie ofert handlowych otrzymanych od dostawców:

- VWR International Sp. z o.o. (nr oferty 2502295772 z dnia 19.05.2022 r.)
- ANITEPO Sp. z o.o. (nr oferty OE 762/ANITEPO/2022 z dnia 16.05.2022 r.)

oraz cenników dostępnych na stronach internetowych dystrybutorów: VWR International, Pol-Aura, LGC Standards, Merck Life Science.

Na potrzeby szacowania przyjęto następujące założenia:

- oznaczenia próbek pobranych na stacjach pomiarowych depozycji atmosferycznej będą wykonywane w dwóch laboratoriach, przy czym każde z nich powinno mieć możliwość wykonania pełnego zestawu oznaczeń,
- laboratoria te będą wykonywały oznaczenia próbek pobranych zarówno ze stacji podstawowych oraz specjalistycznych monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych, jak i stacji realizujących programy EMEP oraz HELCOM, a także pobierających próbki na potrzeby realizacji wymagań dyrektywy 2004/107/WE,
- jako średnią liczbę próbek dobowych pobieranych na stacjach realizujących programy EMEP oraz HELCOM przyjęto 10,
- szacowanie rocznych kosztów zakupu odczynników niezbędnych do oznaczania pH, przewodności, wybranych jonów nieorganicznych, metali ciężkich, fosforu ogólnego, azotu ogólnego oraz WWA przeprowadzono z uwzględnieniem 4 wariantów wyboru liczby stacji (19, 22, 26, 35),
- szacowanie rocznych kosztów zakupu odczynników niezbędnych do oznaczania składników dodatkowych w ramach realizacji programów EMEP

(poziom 2) oraz HELCOM przeprowadzono dla jednego laboratorium wykonującego dany rodzaj oznaczenia dla próbek pobranych na jednej stacji.

Szacunkowe roczne koszty zakupu odczynników do oznaczeń podstawowych parametrów próbek opadów atmosferycznych, jonów nieorganicznych, metali ciężkich i WWA pobieranych w ramach systemu pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce przedstawiono w tabeli 7.3.

Tabela 7.3 Zestawienie szacunkowych rocznych kosztów zakupu odczynników chemicznych niezbędnych do oznaczeń wybranych parametrów i składników próbek opadów atmosferycznych z uwzględnieniem 4 wariantów wyboru liczby stacji (opracowanie własne IMGW-PIB)

Oznaczany składnik/parametr	Wybrana ilość stacji			
	19	22	26	35
pH, przewodność elektryczna właściwa	6 424,44 zł	6 424,44 zł	6 424,44 zł	6 424,44 zł
Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	19 562,68 zł	19 562,68 zł	19 562,68 zł	19 562,68 zł
Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, As	51 449,79 zł	58 454,70 zł	67 664,58 zł	87 509,31 zł
fosfor ogólny	4 030,29 zł	4 030,29 zł	4 030,29 zł	4 030,29 zł
azot ogólny	13 278,76 zł	13 278,76 zł	13 278,76 zł	13 278,76 zł
WWA	13 036,47 zł	13 036,47 zł	13 036,47 zł	13 036,47 zł
Hg	38 820,00 zł	42 055,00 zł	45 290,00 zł	45 290,00 zł

W tabeli 7.4 przedstawiono szacunkowe roczne koszty wykonywania oznaczeń dodatkowych składników, takich jak HCB, DDT/DDE, HCHs, PCBs, PBDE oraz chlordan, które mogą być oznaczane w próbkach pobieranych na stacjach EMEP (poziom 2) lub HELCOM.

Tabela 7.4 Zestawienie szacunkowych rocznych kosztów zakupu odczynników chemicznych niezbędnych do oznaczania wybranych składników w próbkach pobranych na stacjach realizujących programy EMEP (2 poziom) lub stacjach HELCOM (opracowanie własne IMGW-PIB)

Oznaczany składnik/parametr	Roczny koszt
HCB, DDT/DDE, HCHs, chlordan	2 482,59 zł
PBDE	15 099,93 zł
PCBs	3 057,41 zł

Roczny szacunkowy koszt zakupu odczynników chemicznych niezbędnych do wykonania oznaczeń wybranych parametrów i składników próbek opadów atmosferycznych pobieranych w ramach systemu pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce wynosi w przypadku 19 stacji: 146 602,44 zł, 22 stacji: 156 842,35 zł, 26 stacji: 169 287,23 zł, 35 stacji: 189 131,96 zł. Kosz ten nie uwzględnia wykonania oznaczeń dodatkowych składników ujętych w tabeli 7.4.

Sumaryczny roczny szacunkowy koszt funkcjonowania systemu monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych z podziałem na liczbę stacji przedstawiono w tabeli 7.5.

Tabela 7.5 Sumaryczny roczny koszt [zł] funkcjonowania systemu monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych z podziałem na liczbę stacji (opracowanie własne IMGW-PIB)

	1 stacja	19 stacji	22 stacje	26 stacji	35 stacji
Roczny koszt dzierżawy gruntu	161,92	3 076,48	3 562,24	4 209,92	5 667,20
Roczny koszt zużycia energii elektrycznej	3 237,96	61 521,24	71 235,12	84 186,96	113 328,60
Roczny koszt pracy opiekuna stacji	7 482,26	142 162,94	164 609,72	194 538,8	261 879,10
Suma kosztów pracy stacji	10 882,40	206 760,66	239 407,08	282 935,60	380 874,90
Transport próbek do Oddziałów CLB GIOŚ		71 668,20	90 139,40	103 308,20	133 036,00
Wysyłka próbek do laboratorium		9 360,00	9 360,00	9 360,00	9 360,00
Suma kosztów transportu i wysyłek		81 028,20	99 499,40	112 668,20	142 396,00
Koszt odczynników do analiz fizykochemicznych*		146 602,44	156 842,35	169 287,23	189 131,96
Całkowity koszt		434 391,30	495 748,83	564 891,03	712 402,86

* bez uwzględnienia kosztów oznaczeń dodatkowych składników ujętych w tabeli 7.4

7.2 Kwestie organizacyjne funkcjonowania pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych

W przypadku zainstalowania na stacjach pomiarów chemizmu opadów kolektorów opadu mokrego pobierających próby tygodniowe w automatycznym trybie dwutygodniowym konieczna jest wizyta pracowników Oddziałów CLB GIOŚ na każdej ze stacji co dwa tygodnie. W przypadku stacji ze stałą obsługą i możliwością przechowywania prób w urządzeniach chłodniczych, wizyty na stacjach mogłoby być ograniczone do jednej w miesiącu. Po odebraniu próbek ze stacji w obrębie danego województwa próbki powinny być wysłane/przetransportowane do laboratorium wyznaczonego do wykonywania analiz fizykochemicznych. Zaleca się wyznaczenie 2 laboratoriów do wykonywania pełnego zestawu oznaczeń. Takie rozwiązanie umożliwi zachowanie ciągłości prowadzenia analiz w przypadku np. awarii jednego z laboratorium a dodatkowo pozwoli na kontrolę jakości danych poprzez pomiary porównawcze przy potencjalnych wątpliwych wynikach analiz.

Należy mieć na uwadze, że na stacjach prowadzących badania na rzecz Dyrektywy 2004/107/WE powinny być wykonywane pomiary depozycji całkowitej. Pobór prób przeznaczonych do oznaczania zarówno metali ciężkich jak i WWA należy prowadzić do dwóch osobnych kolektorów, co omówiono w rozdziale 6 na stronie 36 raportu pt. „Określenie optymalnego zakresu substancji i parametrów, które należałoby badać w ramach chemizmu opadów atmosferycznych (opad mokry)”. Dyrektywa dopuszcza

pobór próbek depozycji mokrej zamiast próbek depozycji całkowitej, jeżeli można wykazać równoważność obu metod, czyli że różnica między nimi nie przekracza 10%.

Na niektórych stacjach konieczne jest uzupełnienie aparatury pomiarowej o deszczomierz. Dotyczy to następujących lokalizacji: Borówiec, Guty Duże, Liniewko Kościerskie, Piaski, Ustroń, Złoty Potok.

W wielu lokalizacjach istnieje konieczność ogrodzenia stacji pomiarowej (Szarów), lub poszerzenia terenu wokół kontenera (Guty Duże, Liniewko Kościerskie, Piaski, Ustroń, Złoty Potok).

W przypadku niektórych stacji niezbędne będą inne prace techniczne. Na stacji w Belsku Dużym istnieje konieczność doprowadzenia prądu na polanę, gdzie mógłby znajdować się kolektor. Na stacji Granica okresowo pojawiają się problemy z zasilaniem elektrycznym, występują spadki napięcia; w tym przypadku konieczne będzie zapewnienie UPS. Na stacji Karkonosze, z uwagi na często występujące duże opady śniegu i długotrwale utrzymującą się wysoką pokrywą śnieżną konieczne jest posadowienie kolektora na podwyższeniu, na wysokości 2 m nad gruntem. Na stacji Wigry klatka meteorologiczna zorientowana jest niezgodnie z wymaganiami WMO; drzwiczki od klatki powinny znajdować się od strony północnej; istnieje konieczność dokonania na stacji zmiany w tym zakresie.

W przypadku stacji Kasprowy Wierch, ze względu na dużo większą wagę nowego automatycznego kolektora w stosunku do obecnie działającego na stacji kolektora manualnego, konieczne będzie uzyskanie zgody autora projektu konstrukcji pomostu stalowego na zamontowanie urządzenia. Gdyby nie było możliwości montażu nowego urządzenia, proponuje się stację Ustroń (znajdującą się obecnie w grupie IV wyboru), jako stację alternatywną dla Kasprowego Wierchu.

Dodatkowe i szczegółowe wymagania organizacyjne znajdują się w kartach stacji (Załączniki 1-35).

8 Podsumowanie

W ramach niniejszego opracowania dokonano przeglądu i analizy stacji monitoringu tła podmiejskiego i regionalnego oraz stacji ZMŚP, funkcjonujących w ramach PMŚ pod względem spełnienia kryteriów i możliwości prowadzenia w tych lokalizacjach pomiarów mokrej depozycji atmosferycznej. Analizie poddano również stacje IMGW-PIB realizujące obecnie program pomiarowy chemizmu opadów atmosferycznych w Polsce, stacje na których prowadzone są badania na potrzeby HELCOM, EMEP oraz dodatkowe stacje meteorologiczne IMGW-PIB. W przeprowadzonej analizie uwzględniono opracowanie zespołu z NILU w zakresie analizy dotyczącej rozkładu mokrej depozycji atmosferycznej dla wybranych zanieczyszczeń.

Ponadto, w raporcie przedstawiono szacunkowe roczne koszty prowadzenia pomiarów i analiz fizykochemicznych próbek opadów atmosferycznych wraz z kwestiami organizacyjnymi prowadzenia monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.

GIOŚ 2021, Państwowy Monitoring Środowiska, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska: Ocena zanieczyszczenia powietrza na stacjach monitoringu tła regionalnego w Polsce w roku 2020 w zakresie składu pyłu PM10 i PM2,5 oraz depozycji metali ciężkich i WWA. Warszawa 2021

GIOŚ 2022a: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Wykonawca IMGW-PIB: Koncepcja modernizacji i optymalizacji pomiarów depozycji w Polsce. Wykonanie analizy polskich i zagranicznych dokumentów i opracowań oraz systemów monitoringu i danych Państwowego Monitoringu Środowiska pod kątem zaprojektowania nowego systemu prowadzenia badań i ocen depozycji atmosferycznej, Raport wykonany na zlecenie GIOŚ na potrzeby realizacji projektu: Wzmocnienie oceny depozycji atmosferycznej w Polsce w oparciu o doświadczenia norweskie Warszawa 2022

GIOŚ 2022b: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Wykonawca IMGW-PIB: Koncepcja modernizacji i optymalizacji pomiarów depozycji w Polsce. Określenie optymalnego zakresu substancji i parametrów, które należałoby badać w ramach chemizmu opadów atmosferycznych (opad mokry), Raport wykonany na zlecenie GIOŚ na potrzeby realizacji projektu: Wzmocnienie oceny depozycji atmosferycznej w Polsce w oparciu o doświadczenia norweskie Warszawa 2022

NILU report 2021: *Hierarchical Clustering Dissimilarity Analyses. Optimizing the Polish Deposition Network*, Joana Soares, Wenche Aas, Sabine Eckhardt, Cristina Guerreiro, NILU - Norwegian Institute for Air Research, 2021

