



Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

OCENA DEPOZYCJI ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA NA STACJACH MONITORINGU CHEMIZMU OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH ZA 2024 ROK



Raport wykonany na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach umowy GIOŚ/ZP/57/2025/DMŚ/NFOŚ z dnia 13.06.2025 r., finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Warszawa, listopad 2025 r.

Opracowanie wykonano w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowym Instytucie Badawczym przez zespół w składzie: Julita Biszczuk-Jakubowska, Ewa Liana, Magdalena Bogucka, Agnieszka Kolanek, Mikołaj Kowal, Katarzyna Lewandowska, Bartłomiej Miszuk, Michał Pobudejski.

Przy cytowaniu danych należy podawać źródło danych:
Państwowy Monitoring Środowiska, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

Spis treści

Spis tabel.....	3
Spis rysunków	7
1 Wstęp	11
2 Cel opracowania	11
3 Podstawa opracowania.....	11
4 Zakres opracowania.....	11
4.1. Lokalizacje stacji pomiarowych	12
4.2 Program pomiarowy.....	14
5 Weryfikacja danych do oceny depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych za 2024 rok.....	17
6 Zestawienie parametrów meteorologicznych za 2024 rok.....	26
7 Analiza warunków meteorologicznych w 2024 roku	30
8 Ocena depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych za 2024 rok.....	79
8.1 Stężenia substancji w opadach atmosferycznych wraz z pomiarem przewodności w 2024 roku.....	81
8.2 Miesięczne i roczne ładunki wskaźników zanieczyszczeń w 2024 roku	83
8.3 Wyniki pomiarów pH w 2024 roku	113
8.4 Rozkład przestrzenny stężeń i depozycji badanych substancji w 2024 roku...	115
8.4.1 Miesięczne i roczne wielkości depozycji na powierzchnię kraju	117
8.4.2 Roczne wielkości depozycji na powierzchnię województw	120
9 Ocena depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych do podłoża w 2024 roku na tle poprzednich dziesięciu lat pomiarów chemizmu opadów (2014-2023).....	130
10 Podsumowanie i wnioski	163
11 Literatura.....	166
Załącznik nr 1	167
Załącznik nr 2	426

Spis tabel

Tabela 4.1 Stacje pomiaru chemizmu opadów w 2024 roku. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	13
Tabela 4.2 Stacje realizujące pomiary chemizmu opadów na rzecz programu EMEP. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB.....	13
Tabela 4.3 Harmonogram pobierania miesięcznych próbek opadów w 2024 roku	15
Tabela 4.4 Zestawienie badanych związków i parametrów na stacjach chemizmu opadów w 2024 roku (*próby miesięczne). Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	16

Tabela 5.1 Zestawienie miesięcy, w których stwierdzono stężenia badanych substancji poniżej granicy oznaczalności i umownie zastosowano wartość równą połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	18
Tabela 5.2 Zestawienie maksymalnych stężeń i depozycji na 19 stacjach objętych pomiarem w 2024 roku oraz na wybranych wspólnych dla tych badań 7 stacjach, na których prowadzono badania w okresie poprzednich 10 lat (2014-2023). Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	21
Tabela 5.3 Wykaz stacji i miesięcy z brakami danych oraz wartości średnich ważonych stężeń (w przypadkach, gdy była możliwość ich wyliczenia; waga – wysokość opadów). Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB.....	24
Tabela 7.1 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w styczniu. Źródło danych: IMGW-PIB.....	33
Tabela 7.2 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w lutym. Źródło danych: IMGW-PIB	37
Tabela 7.3 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w marcu. Źródło danych: IMGW-PIB.....	40
Tabela 7.4 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w kwietniu. Źródło danych: IMGW-PIB.....	44
Tabela 7.5 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w maju. Źródło danych: IMGW-PIB	47
Tabela 7.6 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w czerwcu. Źródło danych: IMGW-PIB	50
Tabela 7.7 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w lipcu. Źródło danych: IMGW-PIB	54
Tabela 7.8 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w sierpniu. Źródło danych: IMGW-PIB	57
Tabela 7.9 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji we wrześniu. Źródło danych: IMGW-PIB	61
Tabela 7.10 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w październiku. Źródło danych: IMGW-PIB	64
Tabela 7.11 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w listopadzie. Źródło danych: IMGW-PIB.....	67
Tabela 7.12 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w grudniu. Źródło danych: IMGW-PIB.....	70
Tabela 7.13 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w okresie ciepłym. Źródło danych: IMGW-PIB.....	72
Tabela 7.14 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w okresie chłodnym. Źródło danych: IMGW-PIB	75
Tabela 7.15 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w 2024 roku. Źródło danych: IMGW-PIB.....	78
Tabela 8.1 Zestawienie liczby pomiarów obejmujących wyniki poniżej granicy oznaczalności w stosunku do całkowitej liczby pomiarów danego wskaźnika. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	79
Tabela 8.2 Zestawienie rocznych wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń opadów mokrych, przewodności elektrolitycznej właściwej i pH opadów dla 19 stacji pomiaru chemizmu opadów za 2024 rok. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	81

Tabela 8.3 Zakresy depozycji substancji wprowadzanych w opadach atmosferycznych mokrych w cyklach miesięcznych na powierzchnie reprezentujące 19 stacji monitoringowych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	83
Tabela 8.4 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków siarczanów za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	91
Tabela 8.5 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków azotu azotanowego za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	92
Tabela 8.6 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków jonów chlorkowych za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	93
Tabela 8.7 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków azotu amonowego za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	94
Tabela 8.8 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków sodu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	95
Tabela 8.9 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków wapnia za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	97
Tabela 8.10 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków magnezu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	98
Tabela 8.11 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków potasu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	99
Tabela 8.12 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków azotu całkowitego za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	100
Tabela 8.13 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków fosforu całkowitego za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	101
Tabela 8.14 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków cynku za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	102
Tabela 8.15 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków miedzi za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	103
Tabela 8.16 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków ołowiu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	104
Tabela 8.17 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków kadmu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	105
Tabela 8.18 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków arsenu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	106

Tabela 8.19 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków chromu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	107
Tabela 8.20 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków rtęci za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	108
Tabela 8.21 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków niklu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	108
Tabela 8.22 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(a)antracenu (BaA) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	109
Tabela 8.23 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(a)pirenu (BaP) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	110
Tabela 8.24 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(b)fluorantenu (BbF) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	110
Tabela 8.25 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(j)fluorantenu (BjF) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	111
Tabela 8.26 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(k)fluorantenu (BkF) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	111
Tabela 8.27 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków dibenzo(a,h)antracenu (DBaH) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	111
Tabela 8.28 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków indeno(1,2,3-cd)pirenu (IP) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	112
Tabela 8.29 Procentowe (%) i ilościowe (ilość próbek) zestawienie o wartości pH w poszczególnych klasach. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB.....	113
Tabela 8.30 Procentowe (%) zestawienie uzyskanych na stacjach monitoringowych wyników miesięcznych pomiarów odczynu w poszczególnych klasach wartości pH. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB.....	115
Tabela 8.31 Zakresy miesięcznych depozycji substancji wprowadzonych z opadem atmosferycznym w 2024 roku na powierzchnię kraju uzyskanych z wyników interpolacji. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB.....	117
Tabela 8.32 Zakresy rocznych depozycji wprowadzonych z opadem atmosferycznym w 2024 roku na powierzchnię poszczególnych województw uzyskanych z wyników interpolacji. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	121
Tabela 9.1 Wielkość depozycji rocznej w 2024 roku w stosunku do średniej depozycji rocznej z dziesięciu lat badań (2014-2023). Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	130
Tabela 9.2 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Białymstoku, w dziesięciolecie 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m ² *rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	131

Tabela 9.3 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Gorzowie Wlkp., w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m ² *rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	133
Tabela 9.4 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Legnicy, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m ² *rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	134
Tabela 9.5 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Lesku, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m ² *rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	135
Tabela 9.6 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Łebie, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m ² *rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	136
Tabela 9.7 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Raciborzu, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m ² *rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	137
Tabela 9.8 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Toruniu, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m ² *rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	138

Spis rysunków

Rysunek 4.1 Lokalizacja stacji monitoringowych krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych w 2024 roku. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	14
Rysunek 6.1 Lokalizacja stacji Nagrałowice i Kórnik względem stacji Borówiec. Źródło: Google Maps	27
Rysunek 6.2 Lokalizacja stacji Kliszów względem stacji Gołuchów. Źródło: Google Maps	27
Rysunek 6.3 Lokalizacja stacji Zamość względem stacji Florianka. Źródło: Google Maps	28
Rysunek 6.4 Lokalizacja stacji Wisła względem stacji Ustroń. Źródło: Google Maps	28
Rysunek 6.5 Lokalizacja stacji monitoringowych krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych w 2024 roku wraz z rozmieszczeniem 610 stacji opadowych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. IMGW-PIB. Opracowanie: IMGW-PIB	29
Rysunek 8.1 Depozycja roczna w 2024 roku na 19 stacjach monitoringowych w Polsce. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB.....	86

Rysunek 8.2 Roczna depozycja [mg/m^2] związków biogenych w 2024 roku. Depozycja fosforu całkowitego obliczona z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	87
Rysunek 8.3 Roczna depozycja [mg/m^2] związków kwasotwórczych w 2024 roku. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	87
Rysunek 8.4 Roczna depozycja [mg/m^2] kationów w 2024 roku. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	88
Rysunek 8.5 Roczna depozycja [mg/m^2] metali ciężkich w 2024 roku. Depozycja ołowiu, kadmu, arsenu, chromu, rtęci i niklu obliczona z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	88
Rysunek 8.6 Roczna depozycja [ng/m^2] wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w 2024 roku	89
Rysunek 8.7 Procentowy udział poszczególnych komponentów wchodzących w skład depozycji rocznej w 2024 roku. Wartości depozycji fosforu całkowitego oraz metali ciężkich: ołów, nikiel, arsen, chrom, kadm oraz rtęć obliczono z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	90
Rysunek 8.8 Całkowita depozycja w poszczególnych miesiącach na powierzchnię kraju oraz sumy opadów w 2024 roku, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	118
Rysunek 8.9 Depozycja roczna badanych substancji, wniesionych z opadem atmosferycznym mokrym w 2024 roku na powierzchnię kraju uzyskana z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	120
Rysunek 8.10 Depozycja roczna w na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	122
Rysunek 8.11 Depozycja roczna związków kwasotwórczych w opadach na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024 roku, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	123
Rysunek 8.12 Depozycja roczna związków biogenych w opadach na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024 roku, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności w przypadku fosforu całkowitego. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	125
Rysunek 8.13 Depozycja roczna metali lekkich na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024 roku uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	126
Rysunek 8.14. Depozycja roczna metali ciężkich na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024 roku, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	128

Rysunek 9.1 Procentowe różnice depozycji w 2024 roku w stosunku do średniej z lat 2014-2023 na siedmiu porównywanych stacjach pomiarowych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	131
Rysunek 9.2 Zestawienie rocznych ładunków z porównywanego dziesięciolecia z procentem różnicy. Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	139
Rysunek 9.3 Procentowa różnica pomiędzy depozycją jonów chlorkowych w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	140
Rysunek 9.4 Procentowa różnica pomiędzy depozycją siarczanów w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	141
Rysunek 9.5 Procentowa różnica pomiędzy depozycją azotu azotanowego w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	143
Rysunek 9.6 Procentowa różnica pomiędzy depozycją sodu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	144
Rysunek 9.7 Procentowa różnica pomiędzy depozycją potasu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	145
Rysunek 9.8 Procentowa różnica pomiędzy depozycją wapnia w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	146
Rysunek 9.9 Procentowa różnica pomiędzy depozycją magnezu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	147
Rysunek 9.10 Procentowa różnica pomiędzy depozycją cynku w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	149
Rysunek 9.11 Procentowa różnica pomiędzy depozycją miedzi w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	150
Rysunek 9.12 Procentowa różnica pomiędzy depozycją ołowiu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	151
Rysunek 9.13 Procentowa różnica pomiędzy depozycją kadmu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	153
Rysunek 9.14 Procentowa różnica pomiędzy depozycją niklu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	154
Rysunek 9.15 Procentowa różnica pomiędzy depozycją chromu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	155
Rysunek 9.16 Procentowa różnica pomiędzy depozycją magnezu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	157
Rysunek 9.17 Procentowa różnica pomiędzy depozycją fosfor całkowity w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	158
Rysunek 9.18 Procentowa różnica pomiędzy depozycją jonów wodorowych w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	159
Rysunek 9.19 Procentowa różnica pomiędzy depozycją azotu amonowego w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	160
Rysunek 9.20 Zestawienie średniej rocznej depozycji [mg/m^2] związków biogennych w latach 2014 - 2023 (a) oraz w 2024 roku (b). Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	161
Rysunek 9.21 Zestawienie średniej rocznej depozycji [mg/m^2] związków kwasotwórczych w latach 2014 - 2023 (a) oraz w 2024 roku (b). Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	161

Rysunek 9.22 Zestawienie średniej rocznej depozycji [mg/m^2] kationów metali w latach 2014 - 2023 (a) oraz 2024 roku (b). Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	162
Rysunek 9.23 Zestawienie średniej rocznej depozycji [mg/m^2] metali ciężkich w latach 2014 - 2023 (a) oraz w 2024 roku (b). Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB	162

1 Wstęp

Ocena depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych do podłoża na terenie Polski jest jednym z zadań realizowanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ). Zadanie to ma na celu wykonanie analizy w skali kraju ładunków substancji wprowadzanych z mokrym opadem do podłoża w ujęciu przestrzennym i czasowym. Informacje o obciążeniu obszarów leśnych, gleb i wód powierzchniowych związkami zakwaszającymi, biogennymi, metalami ciężkimi i trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi deponowanymi z powietrza mogą być wykorzystywane przy tworzeniu i ocenie skuteczności programów redukcji emisji zanieczyszczeń do powietrza, a także przy opracowywaniu bilansu nawozowego w gospodarce wodnej i leśnej.

Badania chemizmu opadów umożliwiają weryfikację na poziomie kraju, wyników depozycji w skali Europy, wykonywanych w ramach EMEP przez Europejskie Centrum Modelowania z uwzględnieniem wymagań, dotyczących redukcji emisji zanieczyszczeń zakwaszających, zawartych w dyrektywie w sprawie krajowych pułapów emisji dla niektórych zanieczyszczeń powietrza (2016/2284/UE). Interpretacja wyników depozycji, w powiązaniu z typami cyrkulacji, umożliwia oszacowanie udziału wpływu źródeł zanieczyszczeń spoza terytorium Polski na depozycję i zanieczyszczenie powietrza w kraju.

2 Cel opracowania

Celem przedmiotu zamówienia jest opracowanie oceny depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych do podłoża za 2024 rok na tle poprzednich dziesięciu lat pomiarów chemizmu opadów (2014-2023).

Ocena za rok 2024 została przygotowana na podstawie danych z 19 stacji pomiaru chemizmu opadów w powiązaniu z danymi meteorologicznymi z 2024 roku. Lata wcześniejsze analizowano wyłącznie w odniesieniu do tych stacji, które funkcjonowały w roku 2024 oraz w latach 2014-2023.

3 Podstawa opracowania

Podstawą opracowania jest Umowa nr GIOŚ/ZP/57/2025/DMŚ/NFOŚ, zawarta w dniu 13 czerwca 2025 r. pomiędzy Skarbem Państwa – Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska (GIOŚ) a Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowym Instytutem Badawczym (IMGW-PIB).

4 Zakres opracowania

Zakres opracowania obejmuje weryfikację techniczną i merytoryczną miesięcznych wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń opadów mokrych, przewodności elektrolitycznej właściwej i pH opadów, obliczenie i analizę miesięcznych i rocznych ładunków wskaźników zanieczyszczeń, zestawienia i analizę danych meteorologicznych oraz przygotowanie map rozkładu przestrzennego wysokości opadów oraz map rozkładu stężeń i ładunków.

Analiza i ocena depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych do podłoża, została wykonana w powiązaniu z analizą danych meteorologicznych. Ocenę depozycji zanieczyszczeń opadów wykonano na podstawie danych średniomiesięcznych i średniorocznych dla 2024 roku na tle poprzednich dziesięciu lat pomiarów (2014 – 2023), biorąc pod uwagę 7 stacji pomiaru chemizmu opadów, które funkcjonowały w roku 2024 i w latach 2014-2023.

W celu kompleksowego omówienia wyników, dane pomiarowe zestawiono w ujęciu miesięcznym, rocznym oraz z podziałem na okresy chłodny i ciepły. Dokonano również oceny stopnia zakwaszenia opadów atmosferycznych na obszarze Polski, na podstawie oznaczeń wartości pH dobowych opadów z 19 stacji monitoringowych.

W raporcie przedstawiono charakterystykę warunków meteorologicznych, kształtujących wielkość depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych w Polsce w 2024 roku. W ramach pracy wykonano analizę wpływu warunków meteorologicznych w roku 2024 na stężenia substancji w opadach oraz wielkości ładunków substancji wnoszonych wraz z opadami do podłoża.

W oparciu o dane o wielkościach stężeń substancji zawartych w miesięcznych próbach opadów atmosferycznych z 19 stacji monitoringowych oraz sumach miesięcznych opadów z 610 posterunków opadowych, charakteryzujących pole średnich sum opadów dla obszaru Polski, przygotowano mapy rozkładu przestrzennego wysokości opadów oraz mapy rozkładu stężeń i wnoszonych z opadami ładunków substancji w opadach.

Na podstawie wyników modelowania przeanalizowano stężenia substancji w opadach oraz wielkości ładunków substancji wnoszonych wraz z opadami na obszar Polski, jak również na obszary poszczególnych województw.

Wyniki badań przedstawiono w tabelach i zobrazowano na rysunkach.

4.1. Lokalizacje stacji pomiarowych

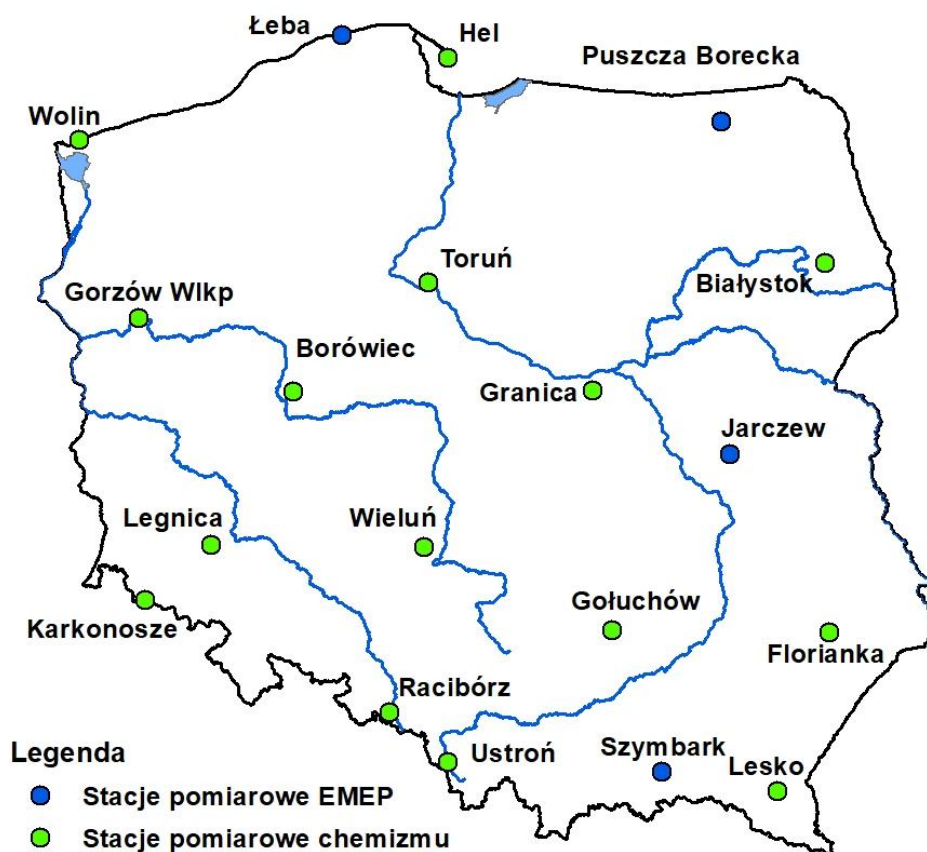
Sieć stacji krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych i oceny depozycji zanieczyszczeń do podłoża w 2024 r. składała się z 19 stacji reprezentujących obszar całej Polski (Rysunek 4.1): 15 stacji pomiaru chemizmu opadów (Tabela 4.1) i 4 stacji realizujących pomiary chemizmu opadów na rzecz programu EMEP (Tabela 4.2).

Tabela 4.1 Stacje pomiaru chemizmu opadów w 2024 roku. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ.
Opracowanie: IMGW-PIB

Lp.	Nazwa stacji	Kod stacji	Województwo	Współrzędne	Rodzaj stacji
1.	Białystok	PdChemBialys	podlaskie	23,162 E, 53,107 N	miejska
2.	Borówiec	WpBoroDrapal	wielkopolskie	17,074 E, 52,277 N	pozamiejski
3.	Florianka	LbFlorianRPN	lubelskie	22,983 E, 50,552 N	pozamiejska
4.	Gołuchów	SkGoluUjWody	świętokrzyskie	20,614 E, 50,621 N	pozamiejska
5.	Gorzów Wlkp.	LuChemGorzow	lubuskie	15,283 E, 52,750 N	miejska
6.	Granica	MzGranicaKPN	mazowieckie	20,454 E, 52,286 N	pozamiejska
7.	Hel	PmChemizmHel	pomorskie	18,813 E, 54,603 N	podmiejska
8.	Karkonosze	DsChemKarKPN	dolnośląskie	15,512 E, 50,791 N	pozamiejska
9.	Legnica	DsChemLegnic	dolnośląskie	16,200 E, 51,200 N	podmiejska
10.	Lesko	PkChemiLesko	podkarpackie	22,350 E, 49,467 N	podmiejska
11.	Racibórz	SlChemRacibo	śląskie	18,200 E, 50,050 N	podmiejska
12.	Toruń	KpChemiTorun	kujawsko – pomorskie	18,583 E, 53,050 N	miejska
13.	Ustroń	SlUstronSana	śląskie	18,827 E, 49,720 N	podmiejska
14.	Wieluń	LdChemWielun	łódzkie	18,556 E, 51,210 N	podmiejska
15.	Wolin	ZpChemiWolin	zachodnio-pomorskie	14,475 E, 53,946 N	pozamiejska

Tabela 4.2 Stacje realizujące pomiary chemizmu opadów na rzecz programu EMEP.
Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Lp.	Nazwa stacji	Kod stacji	Województwo	Współrzędne	Rodzaj stacji
1.	Jarczew	LbJarczWolaM	lubelskie	21,972 E, 51,814 N	pozamiejska
2.	Łeba	PmLebaRabka1	pomorskie	17,534 E, 54,754 N	podmiejska
3.	Puszcza Borecka	WmPuszczaBor	warmińsko-mazurskie	22,038 E, 54,125 N	pozamiejska
4.	Szymbark	MpSzymbaGorl	małopolskie	21,117 E, 49,634 N	pozamiejska



Rysunek 4.1 Lokalizacja stacji monitoringowych krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych w 2024 roku. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

4.2 Program pomiarowy

Na potrzeby programu chemizmu opadów atmosferycznych i oceny depozycji zanieczyszczeń do podłoża w 2024 r. na 19 stacjach monitoringowych był pobierany opad mokry. Opad pobierano za pomocą kolektorów automatycznych. Kolektory samoczynnie otwierały pokrywy zbiorników wody opadowej w czasie zaistnienia opadu i zamykały je po jego ustaniu, gwarantując wysoką jakość poboru prób. Na 15 stacjach prowadzony był pobór tygodniowych prób opadów atmosferycznych (zlewanych następnie do prób miesięcznych), na 4 stacjach EMEP pobór prób dobowych oraz prób tygodniowych.

Na wszystkich stacjach pobór prób był wykonywany zgodnie z procedurami GIOŚ.

W przypadku poboru prób tygodniowych, z których były przygotowywane zbiorcze próby miesięczne stosowano zasadę, że próba tygodniowa zebrana na przełomie miesiąca zaliczana była do miesiąca, na który przypadało więcej dni danego miesiąca (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 Harmonogram pobierania miesięcznych próbek opadów w 2024 roku

Miesiąc	Miesiąc pomiarowy *	
	Początek poboru próbki	Koniec poboru próbki
I 2024	01.01.2024	28.01.2024
II 2024	29.01.2024	03.03.2024
III 2024	04.03.2024	31.03.2024
IV 2024	01.04.2024	28.04.2024
V 2024	29.04.2024	02.06.2024
VI 2024	03.06.2024	30.06.2024
VII 2024	01.07.2024	28.07.2024
VIII 2024	29.07.2024	01.09.2024
IX 2024	02.09.2024	29.09.2024
X 2024	30.09.2024	03.11.2024
XI 2024	04.11.2024	01.12.2024
XII 2024	02.12.2024	29.12.2024
rok 2024	01.01.2024	29.12.2024

* pobór prób odbywa się w miesiącach pomiarowych, składających się z tygodni pomiarowych, które zaczynają się w poniedziałek a kończą w niedzielę; pomiar rozpoczynający się w niedzielę o godz. 6:01 UTC (godz. 7:01 czasu zimowego i 8:01 czasu letniego CET) i zakończony w poniedziałek o godz. 6:00 UTC (godz. 7:00 czasu zimowego i 8:00 czasu letniego CET) przypisany jest do niedzieli, co wynika z definicji doby opadowej; dla przykładu w 2024 roku niedziela 28.01.2024 r. jest ostatnim dniem dla poboru styczniowego a poniedziałek 29.01.2024 r. jest pierwszym dniem poboru z lutego 2024 r.; analogicznie dla kolejnych miesięcy.

Program pomiarowy poszczególnych stacji przedstawiał się następująco (Tabela 4.4):

- 15 stacji realizowało zakres pomiarowy wyłącznie w próbach miesięcznych, w których były badane stężenia:

- anionów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- ;
- kationów: NH_4^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ;
- azotu całkowitego i fosforu całkowitego.

Jednocześnie:

- na 14 z 15 stacji badających opady były badane stężenia metali ciężkich: Zn, Cu, Pb, Cd, As, Cr,
 - na 12 z 15 stacji pomiarowych – Hg,
 - na 8 z 15 stacji pomiarowych – Ni,
 - na dwóch stacjach były badane stężenia: WWA, HCB, α , β , γ – HCH.
2. cztery stacje realizujące pomiary chemizmu opadów na rzecz programu EMEP realizowały zakres pomiarowy w trybie dobowym oraz miesięcznym, zależnie od mierzonego parametru:
 - w dobowych próbkach opadów były badane stężenia jonów: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .

- na dwóch stacjach w Łebie i Szymbarku w miesięcznych próbkach opadów były badane stężenia metali ciężkich: Pb, Cd, Cu, Zn, Cr i Ni oraz azotu całkowitego i fosforu całkowitego, a dodatkowo na stacji w Szymbarku - stężenia As i Hg.

3. Dla wszystkich 19 stacji były prowadzone pomiary pH i przewodności elektrolitycznej opadów.

Tabela 4.4 Zestawienie badanych związków i parametrów na stacjach chemizmu opadów w 2024 roku (*próby miesięczne). Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Stacje monitoringu chemizmu opadów	Białystok	Borówiec	Florianka	Gołuchów	Gorzów Wlkp.	Granica	Hel	Karkonosze	Legnica	Lesko	Racibórz	Toruń	Ustroń	Wieluń	Wolin	Jarczew	Łeba	Puszcza Borecka	Szymbark
Związki i parametry	Próby miesięczne															Próby dobowe – stacje EMEP			
SO ₄ ²⁻	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
N_NO ₃ ⁻	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cl ⁻	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
N_NH ₄ ⁺	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Na ⁺	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ca ²⁺	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mg ²⁺	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
K ⁺	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
N _{cał.}	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X*		X*
P _{cał.}	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X*		X*
Zn	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X*		X*
Cu	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X*		X*
Pb	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X*		X*
Cd	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X*		X*
As	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X				X*
Cr	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X*		X*
Hg	X	X	X			X	X	X	X		X	X		X	X				X*
Ni		X			X		X	X	X			X		X	X		X*		X*

Stacje monitoringu chemizmu opadów	Białystok	Borówiec	Florianka	Gołuchów	Gorzów Wlkp.	Granica	Hel	Karkonosze	Legnica	Lesko	Racibórz	Toruń	Ustroń	Wieluń	Wolin	Jarczew	Łeba	Puszcza Borecka	Szymbark
Związki i parametry	Próby miesięczne														Próby dobowe – stacje EMEP				
WWA						X		X											
HCB						X		X											
α -HCH						X		X											
β -HCH						X		X											
γ -HCH						X		X											
pH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Przewodność	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Analizy fizykochemiczne prób, z wyłączeniem prób opadu atmosferycznego ze stacji w Łebie, Jarczewie i Puszczy Boreckiej, jak również dobowych pomiarów pH na stacji Szymbark, były wykonywane przez Centralne Laboratorium Badawcze (CLB) GIOŚ.

Wraz z poborem prób na 15 stacjach monitoringowych były rejestrowane dane meteorologiczne: data wystąpienia opadu, wysokość opadu, średnia dobową temperaturę powietrza w dobie z opadem, przeważający kierunek wiatru w czasie występowania opadu. Jedynie na czterech stacjach pomiaru chemizmu opadów: Borówiec, Gołuchów, Florianka i Ustroń dane meteorologiczne nie były rejestrowane.

5 Weryfikacja danych do oceny depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych za 2024 rok

Wyniki analiz fizykochemicznych opadów, wykonanych w laboratoriach, były podstawą do wykonywania obliczeń stężeń badanych składników, a następnie ich depozycji z opadem do podłoża. Analizy składu fizykochemicznego wody opadowej dla 15 stacji pomiaru chemizmu opadów oraz stacji EMEP w Symbarku (poza dobowymi pomiarami pH, które były wykonywane bezpośrednio na stacji) wykonywane były w laboratoriach CLB GIOŚ w Lublinie i Jeleniej Górze, analizy ze stacji w Łebie i Jarczewie w laboratoriach IMGW-PIB, a ze stacji Puszcza Borecka w laboratorium Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego (IOŚ-PIB).

Przed przystąpieniem do analiz wyników mokrej depozycji przeprowadzono weryfikację techniczną i merytoryczną miesięcznych wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń opadów mokrych, przewodności elektrolitycznej właściwej i pH.

W tym celu zestawiono wyniki analiz fizykochemicznych opadów i przeprowadzono kontrolę danych w zakresie:

- kompletności wyników;
- poprawności/realności uzyskanego wyniku;
- weryfikacji wartości wprowadzonych do bazy danych, w przypadku wystąpienia stężeń poniżej granicy oznaczalności;
- poprawności przeliczeń wyników dobowych na wartości miesięczne dla stacji EMEP.

W przypadku wyników analiz, wskazujących stężenia niższe niż dolna granica oznaczalności (wg metodyki stosowanej w laboratorium) przyjmowano, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2021 poz. 1475), wynik równy połowie dolnej granicy oznaczalności. Otrzymane z laboratoriów zestawienia wyników zawierały opis jakości podanego wyniku lub braku wyniku. Część wyników poniżej granicy oznaczalności została opisana jako: P – pomiar lub VD – wynik pomiaru poniżej granicy oznaczalności, a część jako VD2 – wynik poniżej granicy oznaczalności, wynik wpisany stanowi połowę granicy oznaczalności. W uzgodnieniu z Zamawiającym ustalono, w celu ujednolicenia danych, że dla wszystkich danych, których wielkości podane w zestawieniach okazały się mniejsze niż granica oznaczalności określona przez laboratorium, ale nie zostały podane jako połowa granicy oznaczalności, należy zmienić na połowę granicy oznaczalności. Wykaz dokonanych zmian zaprezentowano w poniższym zestawieniu w Tabeli 5.1.

Tabela 5.1 Zestawienie miesięcy, w których stwierdzono stężenia badanych substancji poniżej granicy oznaczalności i umownie zastosowano wartość równą połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Substancja	Stacja									
	Borowiec	Florianka	Gorzów Wlkp.	Hel	Karkonosze	Legnica	Lesko	Toruń	Wieluń	Wolin
Cl ⁻					VIII, X					
Na ⁺					V, VIII-IX		II		VI	
Ca ²⁺					I, X-XII				I	
Mg ²⁺					IX					

Substancja	Stacja									
	Borówiec	Florianka	Gorzów Wlkp.	Hel	Karkonosze	Legnica	Lesko	Toruń	Wieluń	Wolin
K ⁺					II, V, VIII-XI				VI	
P _{cał.}	I, IV, VII-XI		XII		I, III-IV, XII	II, V		III, VII-XI	I-IV	IV
Cu				XII						
Pb	I, IV, V, VIII-XII		I, IV-VII, IX, XI-XII	IV-VII, IX, XII		VI, X		I, III, V-VII, IX-XII	III-VII, IX-XI	I, III-XII
Cd	VI-VIII		I, II, VI, VII	VII, XII					I, VI	I, IV-VII, XI
As	I, II, V, VIII-XII	I	I-IV, VI-VII, IX-XII	I-XII		IX			I-X	I-XII
Cr	I-XI		I-XII	I-XII		I-II, IV-XII		I-IV, VI-XII	I-XII	I-XII
Hg								X		X
Ni	I, II, VII, VIII		II, V			VIII-IX		I, III, V	I-XII	I, V, IX

Na potrzeby sporządzenia raportu, zawierającego analizy wyników stężeń i porównań z wynikami wieloletnich badań, brak wyniku pomiaru w danym miesiącu, zastąpiono średnim ważonym stężeniem z wyników dla pozostałych miesięcy badanego roku i oznaczono symbolem „*” z adnotacją – wartość szacunkowa. Ładunek jednostkowy miesięczny danej substancji, wyliczony na podstawie średniej ważonej wartości stężenia (waga – wysokość opadów) oraz sumę roczną depozycji oznaczono analogicznie „*” z podobną adnotacją.

Podstawę do analizy stanowią zbiory danych miesięcznych. Dla rocznych okresów wyznaczane są wartości średnie. Średnie wartości stężeń badanych wskaźników opadów obliczano jako średnie ważone, gdzie wagą była wysokość opadu w danym okresie uśredniania, na podstawie zależności:

$$C_{sr} = \frac{\sum C_i \cdot h_i}{\sum h_i}$$

gdzie:

C_{sr} – średnie ważone stężenie danego składnika [mg/dm^3 , $\mu\text{g/dm}^3$]

C_i – poszczególne stężenia, dla których obliczana jest wartość średnia [mg/dm^3 , $\mu\text{g/dm}^3$]

h_i – poszczególne wysokości opadów odpowiadające ww. stężeniom [mm]

$\sum h_i$ – suma wysokości opadów, dla których wykonano oznaczenie i-tego składnika, w okresie, dla którego obliczana jest wartość średnia [mm].

W praktyce oznacza to, że średnie ważone stężenie danego składnika zostało obliczone, jako iloraz sumy ładunków z poszczególnych opadów i sumy wysokości tych opadów, dla którego wykonano analizy ilościowe danego składnika.

Przy obliczaniu średniej wartości odczynu (pH) posłużono się stężeniami jonów wodorowych. Wartość pH przeliczano na stężenie jonów wodorowych wg wzoru:

$[\text{H}^+] = 10^{3-\text{pH}}$ gdzie: $[\text{H}^+]$ – stężenie jonów wodorowych [mg/dm^3]

lub $[\text{H}^+] = 10^{6-\text{pH}}$ gdzie: $[\text{H}^+]$ – stężenie jonów wodorowych [$\mu\text{g/dm}^3$]

Następnie obliczano średnią ważoną ze stężeń jonów wodorowych wg wzoru podanego powyżej i przeliczono na średnią wartość pH wg wzoru:

$\text{pH}_{sr} = 3 - \log[\text{H}^+]_{sr}$.

Dane stężeń poszczególnych wskaźników w zestawieniu z danymi meteorologicznymi o wysokości miesięcznych opadów w punktach pomiarowych, dają możliwość obliczenia wielkości depozycji z opadem atmosferycznym na 19 stacjach monitoringowych.

Na podstawie danych uzyskanych w procesie badawczym, o wartościach stężeń poszczególnych substancji w próbkach opadów mokrych, zebranych w konkretnych przedziałach czasowych oraz danych z pomiarów wysokości opadu z tych samych okresów czasowych, można obliczyć depozycję poszczególnych substancji z opadami.

Wielkość depozycji substancji wprowadzanych z opadem atmosferycznym mokrym do podłoża, na daną powierzchnię terenu obliczano jako iloczyn stężeń substancji zawartych w opadach i wysokości opadu wg wzoru:

$$Di = Ci' \cdot h / 100$$

gdzie:

Di – depozycja i-tej substancji do podłoża z opadem w danym okresie pomiarowym [mg/m^2]

Ci' – stężenie i-tej substancji w próbce opadu zebranej w danym okresie pomiarowym [mg/dm^3]

h – suma wysokości opadu w danym okresie pomiarowym, dla którego obliczany jest ładunek [mm]; wysokość opadu w mm odpowiada liczbie litrów wody przypadających na 1 m² powierzchni

Wielkość depozycji zanieczyszczenia z opadami, określana za okres np. roku, jest obliczana jako suma depozycji miesięcznych. W przypadku braku depozycji w jednym miesiącu składowym (np. z powodu zbyt małej objętości próbki opadu do wykonania analiz wszystkich badanych składników), dla uzyskania przybliżonej sumy np. depozycji rocznej, posługiwano się, w celu oszacowania brakującej wielkości depozycji, średnim ważonym stężeniem obliczonym za oczekiwany okres, uzyskując lepsze przybliżenie szacunkowe depozycji za dany okres.

W okresie badawczym w 2024 roku, zastosowano nowe i znacznie różniące się od poprzednich urządzenia do poboru próbek opadów i nową metodykę badań. Dokonano również zmian co do ilości stacji pomiarowych oraz lokalizacji niektórych z nich. Analizując otrzymane z laboratoriów wyniki analiz próbek nie ma podstaw do kwestionowania poprawności wyników, ale uwagę zwraca wysoki wynik analizy chromu w próbce zebranej w listopadzie na stacji Granica (0,00282 mg/dm³). Porównując uzyskany wynik do wyników analiz chromu we wcześniejszych latach 2014-2023 na siedmiu stacjach, gdzie badania są kontynuowane, najwyższe wskazania stężeń chromu wykazywały podobny rząd wielkości. Przykładowo, zarejestrowano stężenie zbliżonego rzędu (0,00234 mg/dm³) na stacji Racibórz w lutym 2018 roku. Kontynuując badania w następnych okresach badawczych, należy obserwować wyniki analiz chromu oraz azotu i fosforu całkowitego, gdzie również pojawiły się podwyższone wyniki pojedynczych analiz w 2024 roku, odpowiadające poziomem wynikom badań z lat 2014-2023.

W poniższej Tabeli 5.2 zestawiono najwyższe i stężenia wszystkich badanych wskaźników oraz depozycji odpowiadających tym stężeniom. Uwzględniono przy tym wysokości opadu odpowiadającego danej próbce z maksymalnym stężeniem.

Tabela 5.2 Zestawienie maksymalnych stężeń i depozycji na 19 stacjach objętych pomiarem w 2024 roku oraz na wybranych wspólnych dla tych badań 7 stacjach, na których prowadzono badania w okresie poprzednich 10 lat (2014-2023). Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Substancja	Maksymalne stężenie (na stacjach w 2024 r.)	Wysokość opadu (przy max stężeniu)	Depozycja (przy max stężeniu)	Średnia depozycja na m-c z 19 stacji w 2024 r.	Maksymalna depozycja na stacjach w 2024 r	Maksymalne stężenie (na 7 stacjach w okresie 2014-2023)	Maksymalna depozycja (na 7 stacjach w okresie 2014-2023)
Jednostka	mg/dm ³	mm	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/dm ³	mg/m ²
SO ₄ ²⁻	3,89	11,0	42,8	31,60	426,70	9,70	508,60
	Wolin, III 2024				Ustroń VI 2024	Białystok II 2015	Toruń VI 2017
N_NO ₃ ⁻	1,70	31,1	52,9	10,30	61,60	3,28	93,260

Substancja	Maksymalne stężenie (na stacjach w 2024 r.)	Wysokość opadu (przy max stężeniu)	Depozycja (przy max stężeniu)	Średnia depozycja na m-c z 19 stacji w 2024 r.	Maksymalna depozycja na stacjach w 2024 r	Maksymalne stężenie (na 7 stacjach w okresie 2014-2023)	Maksymalna depozycja (na 7 stacjach w okresie 2014-2023)
Jednostka	mg/dm ³	mm	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/dm ³	mg/m ²
	Puszcza Borecka, VI 2024				Ustroń IX 2024	Legnica II 2018	Białystok I 2022
Cl ⁻	3,43	67,9	232,90	17,85	265,30	14,00	334,00
	Łeba, I 2024				Łeba XI 2024	Łeba IV 2020	Łeba XI 2015
N_NH ₄ ⁺	1,86	40,1	74,60	17,20	131,5	2,97	125,02
	Toruń, IV 2024				Ustroń IV 2024	Racibórz III 2021	Białystok VII 2016
Na ⁺	1,94	67,9	131,73	8,23	149,15	8,98	300,42
	Łeba, I 2024				Łeba XI 2024	Łeba IV 2020	Racibórz VIII 2021
Ca ²⁺	2,34	78,8	184,39	11,65	200,12	5,85	246,87
	Legnica, V 2024				Ustroń VI 2024	Toruń XI 2020	Toruń VII 2021
Mg ²⁺	0,49	11,0	5,38	1,91	20,29	1,37	43,52
	Wolin, III 2024				Wolin VIII 2024	Legnica II 2018	Lesko V 2016
K ⁺	1,70	32,8	55,76	4,18	57,74	3,43	143,37
	Łeba, IV 2024				Toruń IV 2024	Toruń II 2017	Toruń II 2017
N cał.	6,14	118,2	725,70	37,53	725,70	5,29	393,12
	Łeba, VII 2024				Łeba VII 2024	Białystok IV,2020	Lesko VI,2020
P cał.	0,550	32,3	17,765	0,679	17,77	0,370	27,23
	Gorzów Wlkp., IV 2024				Gorzów IV 2024	Gorzów VI,2022	Łeba VII,2020
Zn	0,0666	97,0	6,459	0,271	6,46	0,2810	19,60
	Hel, II 2024				Hel II 2024	Białystok X,2021	Białystok VII,2021
Cu	0,0272	22,5	0,61	0,0639	1,28	0,1202	44,21
	Legnica, XI 2024				Wolin VIII 2024	Gorzów XI,2018	Gorzów VI,2019
Pb	0,0049	15,9	0,078	0,0058	0,1550	0,0324	0,6992
	Legnica, I 2024				Karkonosze I 2024	Legnica I,2022	Legnica I,2015
Cd	0,00073	13,1	0,00952	0,00096	0,01463	0,0027	0,15340

Substancja	Maksymalne stężenie (na stacjach w 2024 r.)	Wysokość opadu (przy max stężeniu)	Depozycja (przy max stężeniu)	Średnia depozycja na m-c z 19 stacji w 2024 r.	Maksymalna depozycja na stacjach w 2024 r	Maksymalne stężenie (na 7 stacjach w okresie 2014-2023)	Maksymalna depozycja (na 7 stacjach w okresie 2014-2023)
Jednostka	mg/dm ³	mm	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/dm ³	mg/m ²
	Racibórz, XII 2024				Szymbark IX 2024	Białystok VIII, 2018	Białystok IX, 2018
As	0,00221	70,6	0,15574	0,00393	0,15574	-	-
	Legnica, VII 2024				Legnica VII 2024	-	-
Cr	0,00282	38,9	0,1097	0,00334	0,1097	0,00234	0,1717
	Granica, XI 2024				Granica XI 2024	Racibórz II 2018	Białystok V 2019
Ni	0,0013	78,8	0,1036	0,0054	0,1036	0,0046	0,2593
	Legnica, V 2024				Legnica V 2024	Toruń I 2017	Lesko IV 2014
Hg	0,00017	39,2	0,00666	0,00015	0,00666	-	-
	Granica, XII 2024				Granica XII 2024	-	-
H ⁺	0,0599	31,9	1,9105	0,1748	4,3130	0,3236	13,5908
	Szymbark, XII 2024				Karkonosze IX 2024	Lesko IV 2017	Lesko IV 2017

- brak oznaczeń danej substancji w latach 2024-2023

W wyniku analizy kompletności danych pomiarowych stwierdzono w kilku przypadkach brak wyniku pomiaru, mimo występowania opadu atmosferycznego. Dane uzupełniono średnimi ważonymi stężeniami. W Tabeli 5.3 przedstawiono wykaz uzupełnionych danych.

Ze względu na brak poboru próbek specjalistycznych do analiz HCB, WWA (BaA, BbF, BjF, DBaA, IP) oraz α -, β -, γ - HCH, IP w miesiącach styczeń i luty 2024 na stacji Granica, nie obliczano średnich ważonych koncentracji dla tych brakujących miesięcy badań. Zgodnie z ustaleniami z Zamawiającym, średnie miesięczne i roczne wielkości stężeń i depozycji obliczone zostały dla 10 miesięcy zamiast dla 12 miesięcy i potraktowano je jako wielkości roczne.

Tabela 5.3 Wykaz stacji i miesięcy z brakami danych oraz wartości średnich ważonych stężeń (w przypadkach, gdy była możliwość ich wyliczenia; waga – wysokość opadów).
Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Stacje pomiaru		Białystok	Borówiec	Gołuchów	Granica*	Legnica	Toruń	Wolin
Badane związki /parametry	SO ₄ ²⁻					III; 0,93		
	N_NO ₃ ⁻					III; 0,29		
	Cl ⁻					III; 0,67		
	N_NH ₄ ⁺					III; 0,44		
	Na ⁺					III; 0,23		
	Ca ²⁺					III; 0,6		
	Mg ²⁺					III; 0,053		
	K ⁺					III; 0,14		
	N cał.		VII;1,15			III, IV; 0,91	IV; 1,06	III; 0,87
	P cał.					III; 0,013		III;0,007
	Zn					III;14,18		
	Cu	VII; 0,51				III; 7,68		
	Pb					III; 1,043		
	Cd					III; 0,042		
	As					III; 0,618		
	Cr					III; 0,099		
	Hg					II; 0,008		
	Ni					III; 0,512		
	HCB				I, II			
	α-HCH							
	β-HCH							
	γ-HCH							
	BaA							
	BaP							
	BbF							
	BjF							
	BkF							
	DBaH							
	IP							

Stacje pomiaru		Białystok	Borówiec	Gołuchów	Granica*	Legnica	Toruń	Wolin
	pH			III; 5,64				
	przew.			III; 8,2				

*Na stacji Granica pobór prób na oznaczanie: HCB, WWA (BaA, BbF, BjF, DBaH, IP) oraz α -, β -, γ – HCH, IP rozpoczął się od marca 2024 r.

Podczas weryfikacji danych ze stacji EMEP, zauważono rozbieżności w przekazanych wynikach dla stacji w Szymbarku.

Zgodnie z procedurami badawczymi pomiary pH na stacji w Szymbarku wykonywane były bezpośrednio na stacji. W 2024 r. pomiar pH wykonano w 106 próbach opadu dobowego. Następnie próby przekazywano do laboratorium badawczego CLB GIOŚ w Lublinie, gdzie wykonywano analizy chemiczne, w tym ponownie pomiar pH. Objętość przekazanych do laboratorium próbek dobowych pozwoliła na pomiar pH w zaledwie 62 próbkach. W otrzymanych od Zamawiającego zestawieniach danych średnie miesięczne pH było obliczone na podstawie wyników otrzymanych w laboratorium CLB GIOŚ w Lublinie, a nie z wyników uzyskanych na stacji. W uzgodnieniu z Zamawiającym, dokonano ponownego obliczenia średnich miesięcznych pH, wykorzystując przy tym dobowe wyniki uzyskane z pomiarów na stacji w Szymbarku. Przeliczono również ponownie statystyki częstości występowania opadów dobowych o określonym pH.

Ponownego przeliczenia wymagały również wartości średnie miesięczne i roczne stężeń oraz mokrej depozycji, ponieważ w zestawieniach przekazanych przez Zamawiającego wartości wyliczone z arkuszy zawierających dane dobowe różniły się wartościami od wyników zaprezentowanych w arkuszu z wartościami średnimi miesięcznymi.

Otrzymane zestawienia danych z czterech stacji EMEP zawierały wartości miesięczne obliczone z wartości dobowych dla miesięcy kalendarzowych, czyli od pierwszego do ostatniego dnia danego miesiąca. Na stacjach chemizmu opadów pomiary wykonywane były w trybie tygodniowym, od godz. 06 UTC w poniedziałek do godz. 06 UTC w kolejny poniedziałek, a próby miesięczne zlewane z zebranych próbek tygodniowych przy zachowaniu zasady, że próba tygodniowa zebrana na przełomie miesiąca zaliczana jest do miesiąca, na który przypada więcej dni danego miesiąca.

Aby uzyskać porównywalność wyników ze stacji działających w sieci EMEP, na których pobierane były próby dobowe, do danych uzyskanych z pozostałych stacji chemizmu, na których pobór odbywał się w trybie tygodniowym, na potrzeby oceny depozycji atmosferycznej dla czterech stacji EMEP, tj. Łeby, Jarczewa, Puszczy Boreckiej i Szymbarku dokonano przeliczenia średnich miesięcznych i rocznych wartości stężeń i mokrej depozycji na miesiące pomiarowe, zgodne z Tabelą 4.3.

Wyniki przeliczeń dla stacji EMEP zestawiono w Tabelach 1-16 w załączniku nr 1.

6 Zestawienie parametrów meteorologicznych za 2024 rok

Wraz z poborem prób na 15 stacjach monitoringowych były rejestrowane dane meteorologiczne: data wystąpienia opadu, wysokość opadu, średnia dobową temperatura powietrza w dobie z opadem, przeważający kierunek wiatru w czasie występowania opadu. Dane te są niezbędne do kompletnej oceny depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych i zostały przekazane Wykonawcy przez Zamawiającego.

Dane meteorologiczne nie były rejestrowane na czterech stacjach pomiaru chemizmu opadów: Borówiec, Gołuchów, Florianka i Ustroń. W ramach realizacji Zamówienia przygotowano miesięczne zestawienia parametrów meteorologicznych za 2024 rok: data wystąpienia opadu, średnia dobową temperatura powietrza i przeważający kierunek wiatru w dobie z występującym opadem dla tych czterech stacji.

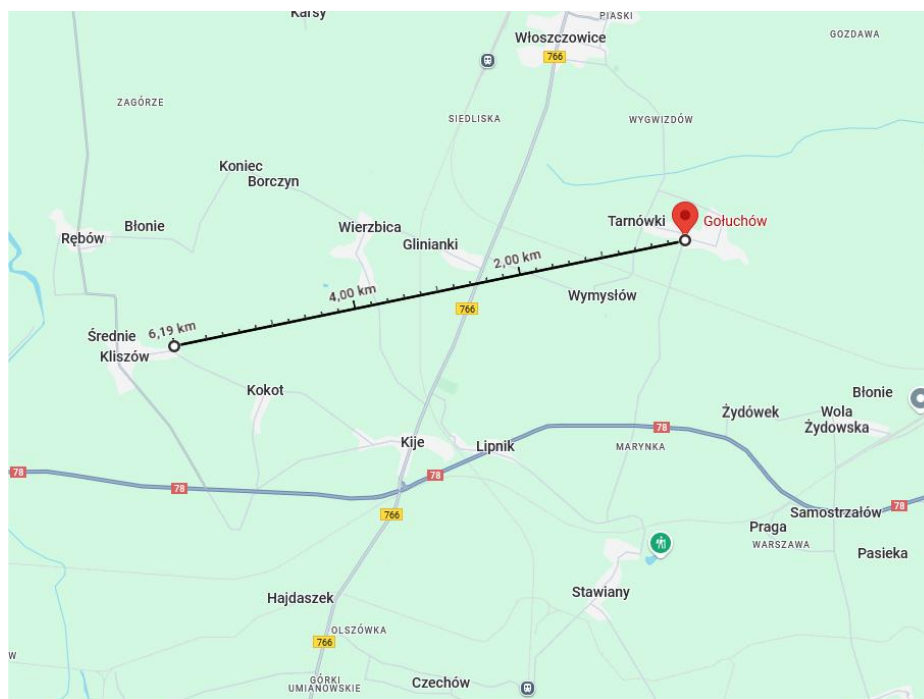
W związku z tym, że w podanych czterech lokalizacjach: Borówiec, Gołuchów, Florianka i Ustroń nie ma stacji meteorologicznych IMGW-PIB, dane meteorologiczne dla tych punktów pomiarowych zostały opracowane na podstawie danych z najbliższych stacji meteorologicznych, które rejestrowały w 2024 roku wszystkie wymagane parametry.

Dane dla stacji Borówiec opracowano na podstawie danych ze stacji NAGRADOWICE (dane opadowe) położonej w odległości 8 km od stacji Borówiec i stacji KÓRNIK (dane temperatury i kierunku wiatru) położonej w odległości 5,17 km od stacji Borówiec (Rysunek 6.1).



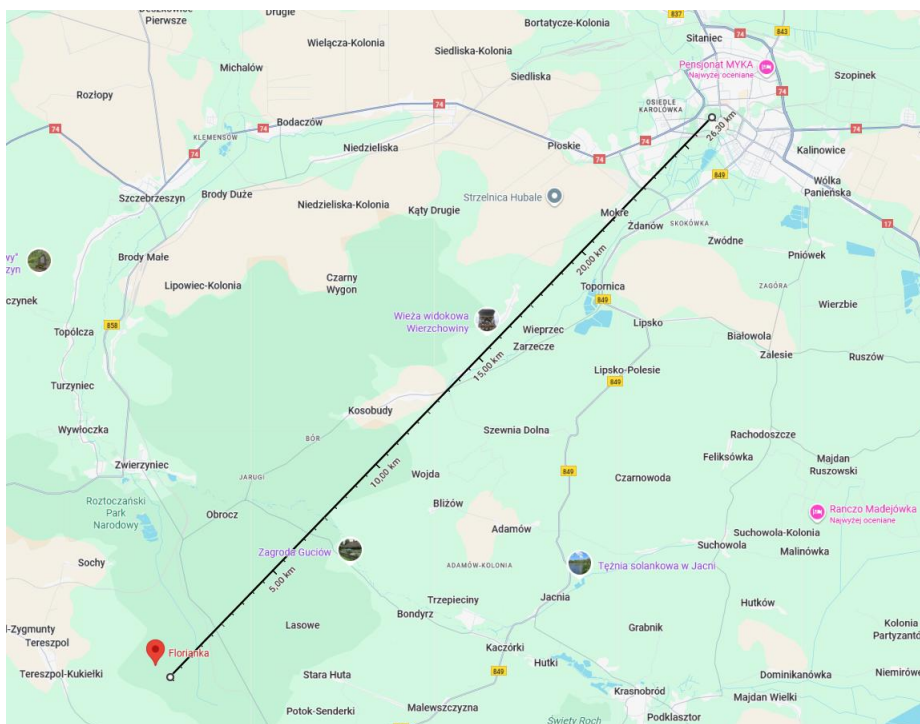
Rysunek 6.1 Lokalizacja stacji Nagradowice i Kórnik względem stacji Borówiec. Źródło: Google Maps

Dane dla stacji Gołuchów opracowano na podstawie danych ze stacji Kliszów położonej w odległości 6,19 km od stacji Gołuchów (Rysunek 6.2).



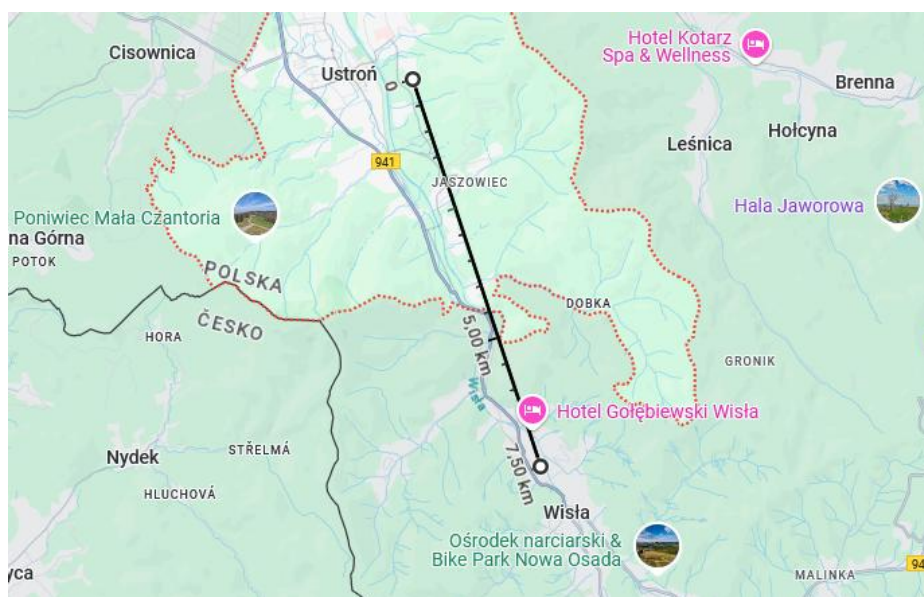
Rysunek 6.2 Lokalizacja stacji Kliszów względem stacji Gołuchów. Źródło: Google Maps

Dane dla stacji Florianka opracowano na podstawie danych ze stacji Zamość położonej w odległości 26,30 km od stacji Florianka (Rysunek 6.3).



Rysunek 6.3 Lokalizacja stacji Zamość względem stacji Florjanka. Źródło: Google Maps

Dane dla stacji Ustroń opracowano na podstawie danych ze stacji Wisła położonej w odległości 7,50 km od stacji Ustroń (Rysunek 6.4).

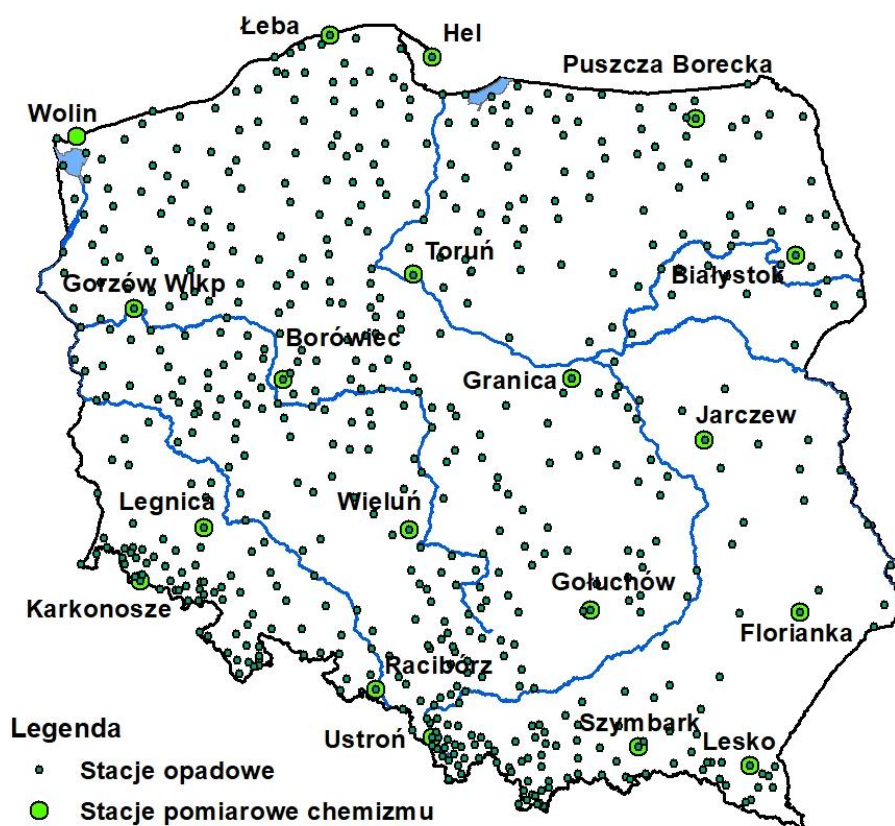


Rysunek 6.4 Lokalizacja stacji Wisła względem stacji Ustroń. Źródło: Google Maps

Dane: data wystąpienia opadu, średnia dobową temperatura powietrza i przeważający kierunek wiatru w dobie z występującym opadem dla wybranych czterech stacji znajdują się w Tabelach 17-20 w Załączniku nr 1.

Na potrzeby opracowania oceny depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych przygotowano również miesięczne zestawienie danych za 2024 r. o wysokości opadów ze stacji opadowych znajdujących się w sąsiedztwie każdej

z 19 stacji pomiaru chemizmu opadów, w taki sposób, aby każdej stacji pomiaru chemizmu opadów było przypisanych minimum 8 stacji opadowych z najbliższego sąsiedztwa stacji pomiarowej. W tym celu pobrano informacje o stacjach z danymi opadowymi, dostępnymi nieodpłatnie na stronie IMGW-PIB, pod adresem <https://danepubliczne.imgw.pl/>. Pobrano łącznie dane z 610 stacji opadowych (Rysunek 6.5). W Załączniku nr 1 w Tabelach 21-39 zestawiono dane o wysokości opadów dla 8 najbliższych położonych stacji opadowych w stosunku każdej stacji pomiarowej chemizmu opadów.



Rysunek 6.5 Lokalizacja stacji monitoringowych krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych w 2024 roku wraz z rozmieszczeniem 610 stacji opadowych.
Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. IMGW-PIB. Opracowanie: IMGW-PIB

7 Analiza warunków meteorologicznych w 2024 roku

Analizy dotyczące warunków pogodowych w 2024 r. zostały opracowane w oparciu o dane meteorologiczne otrzymane od Zamawiającego i dane IMGW-PIB. W opracowaniu zestawień dotyczących adwekcji mas powietrza z poszczególnych sektorów i opadów z nimi związanych, wykorzystane zostały dane dotyczące kierunków adwekcji na powierzchni izobarycznej 850 hPa. W analizach miesięcznych, uwzględniono również informacje zawarte w biuletynach IMGW-PIB dla poszczególnych miesięcy 2024 r.

Sumy bezwzględne opadów atmosferycznych oraz wartości średnie temperatury powietrza dla poszczególnych miesięcy, okresów ciepłego i chłodnego oraz całego roku zostały przedstawione w oparciu o dane z 19 stacji monitoringowych: Białystok, Gorzów Wlkp., Granica, Hel, Jarczew, Karkonosze, Gołuchów (Kliszów), Legnica, Lesko, Łeba, Borowiec (Nagradowice-Kórnik; warunki opadowe - stacja Nagradowice; warunki termiczne - stacja Kórnik), Puszcza Borecka, Racibórz, Szymbark, Toruń, Wieluń, Ustroń (Wisła), Wolin, Florianka (Zamość).

Natomiast częstość adwekcji mas powietrza i ilość opadów z nimi związanych, a także ocena opadów atmosferycznych i temperatury powietrza w 2024 r. względem okresu 2014-2023, zostały opracowane na podstawie danych z dziewięciu stacji synoptycznych IMGW-PIB: Białystok, Gorzów Wlkp., Hel, Legnica, Lesko, Łeba, Racibórz, Toruń i Wieluń.

STYCZEŃ

Styczeń był miesiącem odznaczającym się wartościami temperatury nieco niższymi lub zbliżonymi do normy, zaś pod względem opadowym cechował się najczęściej sumami przekraczającymi wartość normatywną.

Do połowy pierwszej dekady stycznia warunki pogodowe były głównie uwarunkowane działalnością przemieszczających się z zachodu na wschód niżów i towarzyszących im frontów atmosferycznych. Na terenie Polski występowały opady deszczu, deszczu ze śniegiem, a w górach i regionach północno-wschodnich również śniegu. Najwyższe sumy dobowe opadów w tym okresie zanotowano na Dolnym Śląsku, gdzie w dniach 2-3 I osiągnęły one 33 mm w Kamienicy, i ponad 29 mm w Młotach i Jakuszycach. Z kolei w dniach 3-4 I w najwyższych partiach gór obserwowano wysokie porywy wiatru, dochodzące do 44 m/s na Śnieżce i 32 m/s na Kasprowym Wierchu. W drugiej połowie dekady obszar kraju znalazł się pod wpływem ośrodków wysokiego ciśnienia znad Europy północnej, których układ generował napływ chłodnych mas powietrza arktycznego. Przejściowo zaznaczył się również wpływ zatoki niskiego ciśnienia znad Morza Śródziemnego. Okresami notowane były opady deszczu, a na północy i północnym wschodzie również śniegu. Najwyższe sumy dobowe opadów na uwzględnionych stacjach stwierdzono na stacjach Karkonosze, Szymbark i Jarczew, gdzie osiągnęły odpowiednio 20,8 mm, 17,1 mm i 16,9 mm. Wartości z zakresu 14-16 mm odnotowano w Wiśle, Wolinie, Zamościu, Lesku, Gorzowie Wlkp. W przypadku sum łącznych, omawiana dekada najbardziej obfitowała w opady w obszarach górskich. W najwyższych piętrach Karkonoszy całkowita ilość wyniosła 59 mm, a w Szymbarku

i Wiśle 48 mm. Znaczne sumy, wynoszące odpowiednio 36 mm, 37 mm i 43 mm zaobserwowano w Zamościu, Kliszowie i Jarczewie, natomiast w Lesku suma dekadowa przekroczyła 31 mm. Z kolei najniższą wartość łączną, wynoszącą niespełna 8 mm, zmierzono w Legnicy.

Na początku drugiej dekady stycznia Polska znajdowała się w zasięgu niżu z centrum na północy oraz związanych z nim frontów atmosferycznych. Układ baryczny generował adwekcję chłodnych mas powietrza arktycznego z sektora północnego, a przejściowo również powietrza polarno-morskiego. Obserwowane były opady deszczu i deszczu ze śniegiem. W najwyższych piętrach gór oraz na Pomorzu występowały silne porywy wiatru, dochodzące do 22 m/s w Kołobrzegu (15 I) i 35 m/s na Śnieżce (13 i 15 I). Od 16 I warunki pogodowe na południu Polski były w największym stopniu uwarunkowane ośrodkami wyżowymi, zaś regiony północne znajdowały się pod wpływem niżu znad Skandynawii. Obserwowane były opady deszczu i deszczu ze śniegiem. Najwyższy opad dobowy wystąpił 19 I w Jakuszycach, gdzie odnotowano sumę 29,1 mm. Z kolei 17 I w Suwałkach stwierdzono minimum termiczne dla stycznia, wynoszące $-23,8^{\circ}\text{C}$. W górach i na wybrzeżu występowały silne porywy wiatru, osiągające wartość 41 m/s na Śnieżce, 35 m/s na Kasprowym Wierchu i 21 m/s w Bielsku-Białej oraz 20-22 m/s w Ustce, na Helu i w Łebie. Spośród rozpatrywanych stacji, najwyższą sumę dobową opadu, wynoszącą 16,1 mm, odnotowano 17 I na stacji Karkonosze. W niżej położonych obszarach najbardziej obfite opady wystąpiły 18 I w Lesku i 19 I w Łebie, gdzie wartości kształtowały się na poziomie 10-11 mm. W przypadku sum łącznych, w najwyższych partiach Karkonoszy opady przekroczyły 60 mm, w Łebie dochodziły do 35 mm, a na północnym wschodzie (Białystok, Puszcza Borecka) do 21 mm. Ponadto, wielkości osiągające 14-17 mm stwierdzono w Granicy, Wiśle, Lesku i na Helu. Z kolei na stacjach Toruń, Racibórz i Legnica opady były najniższe i wyniosły łącznie około 3 mm.

W pierwszych dniach trzeciej dekady stycznia warunki pogodowe nad Polską determinowały ośrodki niżowe z centrum na północy Europy, a przejściowo również klin wyżowy znad Bałkanów. Tego rodzaju układ baryczny sprzyjał napływowi mas powietrza polarno-morskiego z zachodu, a także występowaniu opadów deszczu, deszczu ze śniegiem oraz śniegu. Obserwowane były stosunkowo wysokie wartości temperatury powietrza, a dnia 24 I w Legnicy stwierdzono najwyższą temperaturę maksymalną dla całego miesiąca, wynoszącą $12,9^{\circ}\text{C}$. Na północy i południu Polski w dniach 24-25 I miejscami wystąpiły dość wysokie opady atmosferyczne, o sumie dobowej dochodzącej do 30 mm w Tatrach oraz 27-29 mm na Pomorzu – w Sępólnie Wielkim oraz Miastku. W górach, zwłaszcza w Karkonoszach, a także na Pomorzu notowana była znaczna prędkość wiatru, osiągające w porywach 56 m/s na Śnieżce, 37 m/s na Kasprowym Wierchu oraz 24 m/s w Świnoujściu, Ustce i Kołobrzegu. W ostatnich dniach omawianej dekady Polska znajdowała się w zasięgu wyżów z centrum na południu kontynentu, a przejściowo również pod wpływem zatoki niżowej znad Bałtyku i towarzyszącego jej frontu atmosferycznego. W regionach wschodnich i w obszarach górskich miejscami obserwowane były opady śniegu, a na zachodzie deszczu. Najwyższe sumy dobowe, kształtujące się na poziomie 14 mm, zmierzono 24 I w Karkonoszach oraz 25 I na Wolinie i Szymbarku. Karkonosze i Szymbark cechowały się również najwyższymi sumami łącznymi w omawianej dekadzie. Całkowita suma opadów na wspomnianych

stacjach wyniosła odpowiednio 38 mm i 42 mm, a wartość przekraczającą 30 mm odnotowano również na innej stacji reprezentującej region karpacki – w Lesku. Natomiast na Górnym Śląsku i w nizinnej części Dolnego Śląska, w Raciborzu i Legnicy, opady były najniższe i nie osiągały 5 mm.

W zakresie częstości adwekcji mas powietrza, w styczniu przeważały napływy z sektora W, które stanowiły 49% wszystkich odnotowanych przypadków. Była to jednocześnie wartość o 5% niższa względem notowanej dla 2023 r. Stosunkowo często obserwowane były adwekcje z kierunku N. Ich częstość dochodziła do 27% i była ona zdecydowanie wyższa niż w styczniu roku poprzedniego, kiedy kształtowała się na poziomie 16%. Frekwencja adwekcji z pozostałych kierunków była wyraźnie niższa w porównaniu do W i N. Sektory E i S były odpowiedzialne za około 11% przypadków, co w porównaniu do roku ubiegłego oznaczało spadek o odpowiednio 2% i 10%. Podobnie jak w roku 2023, najrzadziej obserwowana była cyrkulacja miejscowa Z. W styczniu 2024 r. jej częstość wyniosła niespełna 3%, co było wartością dwukrotnie niższą względem notowanej rok wcześniej.

Średnia obszarowa suma opadów w styczniu przekraczała normę o 24%, kształtując się na granicy warunków normalnych i wilgotnych. Na ośmiu z dziewięciu rozpatrywanych stacji odnotowano nadwyżkę opadów, z największą wartością obserwowaną w Lesku. Wyniosła ona ponad 80%, co klasyfikowało omawiany miesiąc jako bardzo wilgotny. W przypadku Łeby, Raciborza i Torunia, opady przewyższały wartość normatywną o 43%, 29% i 26%, co odpowiadało warunkom z klasy wilgotnych. Z kolei na Helu, w Wieluniu, Gorzowie Wlkp. i Białymstoku zmierzone sumy opadów były zbliżone do normy, stanowiąc 3-24% średniej wartości dla lat 2014-2023. Jedyną stacją z deficytem opadów była Legnica, gdzie stosunek sumy miesięcznej do normy wyniósł 68%. Zgodnie z klasyfikacją warunków opadowych stosowaną w IMGW-PIB, odpowiadało to warunkom z klasy suchych. Najwyższe bezwzględne sumy miesięczne opadów w styczniu zmierzono w regionach górskich i podgórskich. W Karkonoszach wielkość miesięczna osiągnęła 157 mm, a w Szymbarku niemal 100 mm. Z kolei w Wiśle i Lesku opady kształtowały się na poziomie 74-80 mm. W części nizinnej wyższe opady zaobserwowano w regionach wschodnich i na północy – w Jarczewie (75 mm), Łebie (69 mm) oraz Granicy, Kliszowie i Zamościu (62-63 mm). Natomiast na zachodzie opady były najniższe i na stacjach Legnica, Racibórz i Wieluń osiągnęły odpowiednio 16 mm, 28 mm i 36 mm.

Średnie wartości temperatury powietrza w styczniu były zbliżone do normy. W przypadku dwóch stacji, Leska i Wielunia, odnotowano niewielkie dodatnie anomalie, wynoszące odpowiednio 0,1°C i 0,5°C. W Toruniu stwierdzona wartość była równa wielkości wieloletniej, natomiast na pozostałych stacjach obserwowane były odchylenia ujemne. Największe odnotowano na Podlasiu i Pomorzu Gdańskim, gdzie średnia temperatura stycznia była niższa od normy o 0,4-0,8°C. W kontekście bezwzględnych wartości temperatury powietrza, najcieplejsze były regiony zachodnie i północne. Na Wolinie i w Legnicy średnia dobową temperaturę wyniosła 1,6°C i 1,2°C, a na Helu, w Gorzowie Wlkp. i Łebie różnicowała się w zakresie 0,7-0,9°C. Z kolei na większości stacji reprezentujących wschód Polski oraz regiony górskie i podgórskie, wartości temperatury średniej kształtowały się poniżej 0°C. Najniższą temperaturę odnotowano

w wyższych piętrach Karkonoszy ($-4,6^{\circ}\text{C}$), a także na północnym wschodzie – w Białymstoku i Puszczy Boreckiej, gdzie wielkości miesięczne wyniosły odpowiednio $-2,7^{\circ}\text{C}$ i $-2,1^{\circ}\text{C}$.

Z uwagi na dużą liczbę przypadków adwekcji z sektora W, kierunek ten cechował się również najwyższą ilością zmierzonych opadu atmosferycznego (Tabela 7.1). W styczniu napływy mas powietrza z W były odpowiedzialne za średnio 56% opadów, przy czym najwyższe wartości stwierdzono w regionach północnych. Na Pomorzu Gdańskim (Łeba, Hel) i północnej części Ziemi Lubuskiej (Gorzów Wlkp.) opady przy adwekcjach z tego sektora stanowiły ponad 70%, a w Toruniu i Białymstoku ponad 60% całej wartości miesięcznej. Najniższy udział, kształtujący się poniżej 10%, stwierdzono w Raciborzu. W przypadku sektora północnego, opady stanowiły średnio 29% sumy miesięcznej, z najwyższym odsetkiem w Toruniu, Wieluniu, Raciborzu i Lesku (33-39%), a najniższym w Gorzowie Wlkp. i Łebie (19-21%). Z kolei wielkości opadów zmierzonych przy napływach z S i E stanowiły około 6% sumy całkowitej i w przypadku cyrkulacji S były największe w Legnicy i Lesku (12-14%). Natomiast najwyższe wartości dla adwekcji z E zanotowano w Lesku i Raciborzu (ponad 21%). Opady podczas cyrkulacji miejscowej Z występowały jedynie na terenie stacji Łeba, Hel, Toruń i Racibórz. Na ostatniej z wymienionych stacji udział opadów był najwyższy i osiągał 21% sumy miesięcznej.

Tabela 7.1 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w styczniu. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w styczniu					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	21,1	0,3	0,0	78,2	0,4
Hel	25,4	0,4	0,0	74,0	0,2
Toruń	32,5	4,1	0,0	63,0	0,4
Białystok	29,8	0,2	0,9	69,1	0,0
Gorzów	18,8	4,8	1,6	74,8	0,0
Legnica	26,8	11,5	8,3	53,5	0,0
Wieluń	36,0	6,4	4,7	52,9	0,0
Racibórz	38,6	9,6	21,4	9,3	21,1
Lesko	36,1	13,7	21,1	29,2	0,0
<i>średnio</i>	29,4	5,7	6,4	56,0	2,5

LUTY

W lutym temperatura powietrza były wyraźnie wyższa w stosunku do wartości wieloletnich, natomiast pod względem opadowym był to miesiąc bardzo wilgotny.

W pierwszych dniach miesiąca Polska znajdowała się w zasięgu niżów z centrum na północy Europy i związanych z nimi frontów atmosferycznych. Obserwowany układ

baryczny generował adwekcję mas powietrza polarno-morskiego z zachodu, a także sprzyjał występowaniu opadów deszczu, a w górach również deszczu ze śniegiem i śniegu. Szczególnie wysokie opady występowały 4 II na południu i północnym wschodzie, a najwyższą sumę dobową stwierdzono w Jakuszycach (62,8 mm). W dniach 5-7 II pogoda była uwarunkowana działalnością niżu z centrum przemieszczającym się znad Atlantyku w kierunku Europy wschodniej. Front atmosferyczny związany z niżem sprzyjał występowaniu wysokich sum opadów, a najwyższe wartości zmierzono w dniu 5 II w Brynicy i Darłowie, gdzie wartości dobowe przekraczały odpowiednio 34 mm i 33 mm. Na północy Polski oraz na przedgórzu okresami obserwowane były opady deszczu ze śniegiem i śniegu. Pod koniec pierwszej dekady obszar kraju znalazł się pod wpływem zatoki niżowej znad Atlantyku i związanego z nią frontu atmosferycznego. Obserwowane były opady deszczu, a lokalnie również deszczu ze śniegiem i śniegu. Najwyższe sumy dobowe, dochodzące do 23-28 mm wystąpiły dnia 8 II w regionach południowych. Z kolei najwyższe porywy wiatru w pierwszej dekadzie odnotowano 4-5 II na Śnieżce (47-51 m/s). Działalność cyklonalna przyczyniła się do występowania stosunkowo wysokich opadów atmosferycznych w omawianej dekadzie. Najwyższe sumy dobowe odnotowano w dniu 4 II w obszarach górskich, w Karkonoszach i Wiśle, gdzie wyniosły one 32,6 mm i 21,1 mm. Na pozostałym obszarze dość wysokie opady, kształtujące się na poziomie 16-20 mm, zmierzono 4 II w Szymbarku, 6 II w Puszczy Boreckiej, Łebie, Helu i Białymstoku, a 5 II również w Lesku. Sumy łączne w Karkonoszach, Wiśle i Puszczy Boreckiej osiągały odpowiednio 113 mm, 59 mm i 58 mm, natomiast na pozostałych stacjach położonych w regionie karpackim (Lesko) oraz na północy (Hel, Łeba, Białystok) wyniosły 41-47 mm. Wielkości najniższe odnotowano w pasie rozciągającym się od Dolnego Śląska do Mazowsza i Lubelszczyzny, gdzie sumy całkowite różnicowały się w zakresie 20-26 mm.

Na początku drugiej dekady lutego pogodę w Polsce determinowały płytkie niży przemieszczające się z zachodu na wschód Europy. Następnie, w dniach 13-14 II, obszar kraju znalazł się pod wpływem klina wyżowego znad południowo-zachodniej i południowej Europy. W okresie tym obserwowane były słabe opady deszczu, a w górach śniegu. W kolejnych dniach warunki pogodowe były uwarunkowane działalnością ośrodka niżowego przemieszczającego się znad Wielkiej Brytanii w kierunku północno-wschodnim, a przejściowo również wyżu z centrum nad Europą środkową i wschodnią. W ostatnich dniach obszar Polski znalazł się w zasięgu niżów znad południowej Skandynawii, Bałtyku i krajów bałtyckich, których układ generował napływ mas powietrza polarno-morskiego z sektora zachodniego. Najwyższy poryw wiatru, wynoszący 37 m/s, wystąpił 19 II na Śnieżce. Podobnie jak w pierwszej dekadzie lutego, najwyższą dobową sumę opadu zmierzono na stacji Karkonosze, która w dniu 11 II wyniosła 18,9 mm. Na wspomnianej stacji wartość przekraczającą 10 mm odnotowano również 19 II (11,2 mm), a także 11 II w Gorzowie Wlkp. (10,7 mm). Zdecydowanie najwyższą sumę łączną dla omawianej dekady zaobserwowano w Karkonoszach, gdzie wielkość całkowita opadów dochodziła do 50 mm. W niższych piętrach najbardziej obfite opady wystąpiły w Toruniu i na Wolinie (28-29 mm), Gorzowie Wlkp. i NAGRADOWICACH-KÓRNIKU (26-27 mm), Puszczy Boreckiej i Helu (24-25 mm) oraz Łebie (22 mm). Zamość odznaczał się natomiast sumą najniższą, osiągającą 10 mm.

Niewiele wyższe wartości (11-12 mm) zmierzono w Legnicy, Lesku, Szymbarku, Kliszowie, Wieluniu i Granicy.

W trzeciej dekadzie lutego Polska nadal znajdowała się pod wpływem niżów, początkowo ośrodków z centrum nad Europą północną, a od 25 II również układów znad Morza Śródziemnego i Europy zachodniej. Dopiero 28 II obszar kraju znalazł się w zasięgu klina wyżu azorskiego. Lokalnie, zwłaszcza na północy Polski, obserwowane były opady deszczu, a w dniach 25-26 II również burze atmosferyczne. Jednocześnie omawiany okres cechował się wysokimi wartościami temperatury powietrza - w dniu 27 II w Tarnowie odnotowano wartość 19,1°C. Najwyższy poryw wiatru odnotowano 29 II na Śnieżce (34 m/s). W omawianym okresie zdecydowanie najwyższą dobową sumę zanotowano na stacji Karkonosze, gdzie 22 II spadło 32,4 mm opadu. W pozostałej części Polski wielkości dobowe osiągające 9-10 mm zmierzono w Toruniu, Puszczy Boreckiej, NAGRADOWICACH-KÓRNIKU i Białymstoku. Stacja Karkonosze charakteryzowała się również najwyższą sumą łączną, która osiągnęła niemal 43 mm. Wartość przekraczającą 30 mm odnotowano na Helu, natomiast w Toruniu i Puszczy Boreckiej suma opadów dla trzeciej dekady wyniosła 23-26 mm. Najbardziej suchymi warunkami odznaczały się Bieszczady, reprezentowane przez stację w Lesku. W tym przypadku, łączna suma opadów kształtowała się poniżej 3 mm.

Warunki cyrkulacyjne w omawianym miesiącu charakteryzowały się, podobnie jak w styczniu, największą częstością napływów mas powietrza z sektora W. Ich udział wyniósł średnio ponad 52%, co było wartością o 7% wyższą w porównaniu do lutego 2023 r. Bardzo wysoką frekwencją odznaczały się również adwekcje z kierunku S, które stanowiły 38% wszystkich zarejestrowanych przypadków. Tym samym, wyraźnie przekroczyły wartość notowaną dla roku poprzedniego, kiedy częstość napływu z tego sektora wyniosła tylko 5%. Udział sektorów N, E oraz cyrkulacji miejscowej Z był wyraźnie niższy. Sektor N odpowiadał za niespełna 5% adwekcji, bo było wartością o 35% niższą w porównaniu do roku ubiegłego. Z kolei liczba przypadków cyrkulacji E i miejscowej Z zawierała się w przedziale 2-3%, będąc tym samym o ponad 3% i 1% niższa niż w lutym 2023 r.

W lutym sumy opadów względem normy cechowały się bardzo wysokimi wartościami, kształtującymi się przeważnie w przedziale warunków skrajnie- i bardzo wilgotnych. Największe odchylenie zanotowano na Helu, gdzie suma miesięczna przekroczyła normę ponad trzykrotnie. Opady ponad dwa razy wyższe od wartości normatywnej zanotowano ponadto na północy (Białystok, Toruń, Łeba) oraz w Wieluniu, gdzie zmierzone sumy stanowiły 216-256% normy. Tym samym, luty na powyższych stacjach zaliczony został do miesięcy skrajnie wilgotnych. Z kolei w regionach zachodnich (Legnica, Gorzów Wlkp., Racibórz) opady klasyfikowały omawiany miesiąc jako bardzo wilgotny, z sumami przekraczającymi wartość wieloletnią o 78-88%. Najmniejsze odchylenie zanotowano w Lesku, gdzie nadwyżka o wielkości 38% odpowiadała warunkom z klasy wilgotnych. Sumy miesięczne opadów w lutym wykazywały znaczne zróżnicowanie przestrzenne na terenie kraju. Najwyższe wartości, przekraczające 205 mm i 108 mm, zanotowano w Karkonoszach i Puszczy Boreckiej, natomiast na Helu wartość miesięczna wyniosła 97 mm. Wysokie opady zmierzono również w Białymstoku, Łebie, Wiśle i Toruniu, gdzie sumy miesięczne różnicowały się

w przedziale 74-79 mm. Najniższą wartość stwierdzono natomiast w Legnicy, gdzie wyniosła ona nieco ponad 40 mm. Wartości kształtujące się poniżej 50 mm zmierzono ponadto w Raciborzu, Granicy i Zamościu.

Pod względem termicznym, średnie odchylenie temperatury powietrza od normy w lutym wyniosło aż 4,1°C, co oznaczało, że omawiany miesiąc cechował się bardzo ciepłymi warunkami. Spośród rozpatrywanych stacji, najwyższe anomalie odnotowano na południu, w Lesku i Raciborzu, gdzie osiągnęły one 5,0-5,1°C. Odchylenia z przedziału 4,4-4,8°C stwierdzono w Wieluniu, Legnicy, Białymstoku i Toruniu, a 3,9°C w Gorzowie Wlkp. Najniższe anomalie wystąpiły na Pomorzu Gdańskim, w Łebie i na Helu, gdzie średnia temperatura lutego przekroczyła normę o 2,4°C i 2,1°C. W kontekście wartości bezwzględnych, Dolny i Górny Śląsk były najcieplejszymi regionami, ze średnią temperaturą dobową wynoszącą 7,3°C w Legnicy i 7,2°C w Raciborzu. Wysokie wartości zaobserwowano również w regionie karpackim (w Szymbarku i Wiśle), gdzie średnia dobową wartość kształtowała się na poziomie 6,6-7,0°C. Ponadto, temperatura osiągająca co najmniej 6°C wystąpiła również na sześciu kolejnych stacjach, reprezentujących różne regiony Polski. Najchłodniejszymi warunkami cechowały się natomiast Pomorze i Podlasie. Na Helu, w Łebie, Białymstoku i Puszczy Boreckiej średnia temperatura lutego wyniosła 4,0-4,2°C. Jedyną stacją z nieznacznie ujemną średnią temperaturą (-0,1°C) były Karkonosze.

W lutym, podobnie jak w styczniu, najwyższe sumy opadów zmierzono w czasie adwekcji z sektora W (Tabela 7.2). Ich średni udział wyniósł 73% a był najwyższy w Lesku, gdzie osiągnął 88%. Wartości powyżej 70% odnotowano ponadto na północy (Łeba, Białystok) oraz na południowym zachodzie (Legnica, Racibórz). Najmniejszą ilość opadów przy omawianym kierunku napływu zanotowano w Toruniu i na Helu, gdzie stanowiły one 60-64% sumy ogólnej. Cyrkulacja S była odpowiedzialna za 20% sum opadów, przy czym ten udział różnicował się od 5% w Lesku i 9% w Łebie do 26-28% w Wieluniu i Raciborzu i 38% w Toruniu. Opady notowane w czasie występowania pozostałych typów cyrkulacji były zdecydowanie niższe i kształtowały się średnio na poziomie niecałych 4% dla cyrkulacji miejscowej Z, 2% dla sektora E i 1% dla cyrkulacji N. W przypadku cyrkulacji miejscowej Z, najwyższy udział opadów stwierdzono dla Gorzowa Wlkp. (16%) oraz stacji położonych na Pomorzu Gdańskim – na Helu i w Łebie (7-9%). Dwie ostatnie wymienione stacje cechowały się również najwyższymi opadami podczas adwekcji mas powietrza z kierunku E (7-8%). Natomiast najwyższe sumy dla cyrkulacji N stwierdzono w Lesku, gdzie stanowiły one około 7% wielkości miesięcznej.

Tabela 7.2 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w lutym. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w lutym					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	0,1	8,5	6,9	77,6	6,9
Hel	0,3	20,2	7,9	63,7	7,8
Toruń	0,0	37,9	2,1	60,0	0,0
Białystok	2,6	19,7	0,0	77,7	0,0
Gorzów	0,0	16,1	0,2	67,6	16,1
Legnica	0,0	23,5	0,0	76,3	0,2
Wieluń	0,0	28,0	2,3	69,7	0,0
Racibórz	0,7	26,1	0,0	73,3	0,0
Lesko	6,3	5,3	0,0	88,3	0,0
<i>średnio</i>	<i>1,1</i>	<i>20,6</i>	<i>2,2</i>	<i>72,7</i>	<i>3,5</i>

MARZEC

Marzec pod względem warunków termicznych był miesiącem o wyraźnie dodatnich odchyleniach, a w kontekście opadów atmosferycznych cechował się znacznym zróżnicowaniem.

Na początku pierwszej dekady marca pogodę nad Polską warunkował ośrodek wyżowy z centrum nad Rosją, a następnie niż znad Wielkiej Brytanii, przemieszczający się na wschód Europy. Fronty atmosferyczne towarzyszące niżowi przyczyniły się do występowania opadów o umiarkowanym natężeniu. Najwyższą sumę dobową w pierwszej połowie dekady odnotowano na stacji we Włodawie (28,9 mm). Układ baryczny związany obecnością wyżu na wschodzie oraz ośrodka niskiego ciśnienia w Europie zachodniej sprzyjał napływowi ciepłych mas powietrza zwrotnikowego i kontynentalnego, a w przypadku powietrza zwrotnikowego również adwekcji pyłu saharyjskiego. Od 6 II wyraźniej zaczął się zaznaczać wpływ wyżu znad Skandynawii. Na południu Polski występowały opady deszczu, a w górach deszczu ze śniegiem i śniegu. Z kolei w ostatnim dniu ponownie zaznaczył się wyraźniejszy wpływ ośrodków niżowych. Najsilniejsze porywy wiatru w omawianej dekadzie odnotowano 1 III i 9 III na Śnieżce (31-32 m/s). Na rozpatrywanych stacjach najwyższe sumy dobowe opadów odnotowano na południowym wschodzie, w Zamościu i Lesku, gdzie 3 III i 10 III wyniosły one odpowiednio 7,8 mm i 8,3 mm. W dniu 5 III niemal 7 mm opadu zmierzono również na stacji w Szymbarku. Wspomniane wyżej stacje cechowały się również najwyższymi wielkościami łącznymi. Całkowita suma opadów w Lesku osiągnęła 17 mm, a na dwóch pozostałych wspomnianych stacjach oraz w Wiśle 13-14 mm. Wartość powyżej 11 mm stwierdzono również w Kliszowie. Na północy i zachodzie Polski opady były najniższe. W Legnicy, NAGRADOWICACH-KÓRNIKU, Gorzowie Wlkp., Helu i Łebie wartości dekadowe kształtowały się na poziomie poniżej 1 mm.

Przez większość okresu drugiej dekady marca warunki pogodowe były związane z układami niżowymi i towarzyszącymi im frontami atmosferycznymi, które

przemieszczały się z zachodu Europy i Morza Norweskiego w kierunku wschodnim. Przejściowo, w dniach 13-14 III, zaznaczył się również wpływ ośrodków wyżowych. Działalność niżów skutkowałą występowaniem przelotnych opadów deszczu, deszczu ze śniegiem i śniegu. Najwyższe sumy dobowe stwierdzono w obszarach górskich – 28,8 mm i 23,2 mm na Hali Gąsienicowej (12 i 16 III) oraz 22,9 mm w Istebnej-Stecówce (16 III). Jednocześnie omawiany okres cechował się również wysokimi wartościami temperatury powietrza, w regionach zachodnich dochodzącymi do 20°C. Na wybrzeżu występowały wysokie porywy wiatru, dochodzące do 18-20 m/s. Od 18 III największy wpływ na pogodę nad Polską miał klin wyżowy znad Rosji, którego układ generował adwekcję chłodnych mas powietrza arktycznego. Lokalnie obserwowane były opady deszczu, deszczu ze śniegiem, a w regionach wschodnich również śniegu. W przypadku stacji uwzględnionych w raporcie, najwyższe sumy dobowe opadu zmierzono 11 III na Helu, 12 III w Szymbarku oraz 16 III w Karkonoszach, gdzie wyniosły one odpowiednio 18,8 mm, 11,3 mm i 11,0 mm. Szymbark i Hel odznaczały się również najwyższymi sumami dekadowymi, dochodzącymi do 26 mm i 23 mm. Ponadto, wartości z zakresu 12-18 mm stwierdzono w Karkonoszach, Wiśle, Wieluniu, Raciborzu i Lesku. Najbardziej suchymi regionami była Wielkopolska, Dolny Śląsk i Ziemia Lubuska, gdzie na stacjach NAGRADOWICE-KÓRNIK, LEGNICA i GORZÓW WLKP. sumy łączne opadów nie osiągały 1 mm lub kształtowały w przedziale 1-2 mm.

W trzeciej dekadzie marca obszar kraju znajdował się pod wpływem przemieszczających się w kierunku wschodnim ośrodków niżowych znad Atlantyku, Skandynawii i Europy zachodniej oraz związanych z nimi frontów atmosferycznych. Przejściowo zaznaczał się również wpływ klinów wyżowych. Układ baryczny sprzyjał adwekcjom mas powietrza polarno-morskiego. Obserwowane były przelotne opady deszczu, na północnym wschodzie również deszczu ze śniegiem, a w górach śniegu. Najwyższe wartości dobowe zmierzono w Bieszczadach, w dniach 29 III (42,0 mm w Wetlinie) i 23 III (23,0 mm w Stuposianach), a także 29 III w Tatrach (21,6 mm na stacji Morskie Oko). W okresie 29-31 III nad obszar Polski napływało ciepłe powietrze o charakterze zwrotnikowym, co przyczyniło się do znacznego wzrostu temperatury powietrza, zwłaszcza 30-31 III. W tych dniach, w Tarnowie (30 III) i Warszawie (31 III), stwierdzona została wartość przekraczająca 25°C. Najwyższe porywy wiatru w omawianej dekadzie, osiągające 38-39 m/s, zanotowano 27 III i 31 III na Kasprowym Wierchu. Na rozpatrywanych stacjach najwyższą sumę dobową opadów zmierzono 23 III w Lesku, gdzie wyniosła ona 21,7 mm. Odnotować należy również dość wysoki opad tego samego dnia w Białymstoku (14,0 mm) oraz 24 III w Karkonoszach (11,6 mm). W całej omawianej dekadzie najbardziej intensywne opady występowały w regionie karpaccim, Karkonoszach i na Podlasiu. W Lesku suma łączna wyniosła ponad 42 mm, w Białymstoku i Karkonoszach 28-29 mm, w Puszczy Boreckiej i Szymbarku 24-26 mm, a w Wiśle 20 mm. Wielkości z zakresu 20-21 mm zmierzono ponadto w Gorzowie WLKP., Wiśle i Jarczewie. Z kolei na Pomorzu (Wolin, Hel), na Dolnym Śląsku (Legnica) i Lubelszczyźnie (Zamość) opady były najniższe i różnicowały się od 3 do 5 mm.

Pod względem cyrkulacyjnym, marzec był miesiącem charakteryzującym się przewagą adwekcji mas powietrza z sektora południowego. Stanowiły one ponad 38% wszystkich odnotowanych przypadków, a ich częstość była o 25% wyższa w stosunku do roku poprzedniego. Około 29% adwekcji było związanych z sektorem W,

co oznaczało wyraźny spadek względem marca 2023 r., kiedy ich częstość wyniosła niemal 62%. Frekwencja napływów mas powietrza z kierunku E przekraczała 16% i była tym samym o 14% wyższa niż w roku ubiegłym. Z kolei liczba adwekcji z sektora N stanowiła średnio ponad 9% wszystkich przypadków, co było równoznaczne z 10% spadkiem w porównaniu do 2023 r. Najniższą częstością odznaczała się cyrkulacja miejscowa Z, która pojawiała się z 7% częstością, o 4% wyższą niż w marcu roku ubiegłego.

W marcu średnia suma obszarowa opadów atmosferycznych była niższa od normy o 7%, co było równoznaczne z występowaniem warunków normalnych. Jednak na terenie kraju wielkości opadów względem wartości wieloletniej cechowały się znacznym zróżnicowaniem. Największą nadwyżkę opadów zaobserwowano w Lesku, gdzie kształtowała się na poziomie 68% normy, klasyfikując omawiany miesiąc jako bardzo wilgotny. W przypadku Torunia, Raciborza i Białegostoku zmierzone sumy nieznacznie przekraczały normę (1-12%), a w Wieluniu były od niej nieznacznie niższe (3%). Tym samym, marzec na wspomnianych stacjach cechował się warunkami z klasy normalnych. Na Helu stwierdzona wartość kształtowała się na granicy warunków suchych i normalnych, natomiast w Gorzowie Wlkp. i Łebie opady stanowiły 65% i 57% wartości wieloletniej (warunki suche). Największy deficyt odnotowano w Legnicy, gdzie stosunek opadów miesięcznych do normy wyniósł zaledwie 19%, co było równoznaczne z wystąpieniem warunków skrajnie suchych. Obszary górskie, podgórskie i Podlasie były regionami cechującymi się najwyższymi sumami bezwzględnych opadów w marcu. W Lesku wartość miesięczna wyniosła 75 mm, w Szymbarku przekroczyła 65 mm, a w Wiśle i Karkonoszach osiągnęła 51 mm i 48 mm. Na północnym wschodzie wielkości opadów w Puszczy Boreckiej i Białymstoku kształtowały się na poziomie 35 mm. W pozostałej części Polski najbardziej obfite opady wystąpiły na Kujawach, gdzie w Toruniu suma miesięczna przekroczyła 30 mm. Natomiast najbardziej suche warunki były obserwowane na wybrzeżu i zachodzie kraju. W Legnicy suma łączna suma wyniosła jedynie niecałe 6 mm, na Wolinie 12 mm, a w NAGRADOWICACH-KÓRNIKU i ŁEBIE 19 mm.

Warunki termiczne w marcu cechowały się wartościami temperatury przekraczającymi normę na terenie wszystkich rozpatrywanych stacji, a średnie odchylenie wyniosło 2,6°C. Największymi anomaliami odznaczały się Dolny i Górny Śląsk, gdzie w Legnicy i Raciborzu wyniosły one 3,2°C i 3,4°C. Wysokie wartości, kształtujące się w przedziale 2,7-2,9°C, odnotowano ponadto w Lesku, Toruniu, Gorzowie Wlkp. i Toruniu. Natomiast najniższa temperatura w porównaniu do normy wystąpiła na Pomorzu Gdańskim i Podlasiu. W Łebie i Białymstoku anomalie wyniosły 2,0°C i 1,9°C, a na Helu 1,5°C. W zakresie bezwzględnych wartości temperatury, w marcu najcieplejsze były regiony zachodnie. Szczególnie wysoką średnią temperaturę odnotowano na Dolnym i Górnym Śląsku, gdzie w Legnicy i Raciborzu kształtowała się ona na poziomie około 8,5°C. Z kolei na Ziemi Lubuskiej (Gorzów Wlkp.), w Wielkopolsce (NAGRADOWICE-KÓRNIK), na Pomorzu Zachodnim (Wolin) i Ziemi Wieluńskiej (Wieluń) średnia temperatura marca wyniosła 7,6-7,8°C. Wartość 7,4°C stwierdzono również na reprezentującym region karpacki Szymbarku, natomiast w Toruniu, Wiśle i Kliszowie średnia dobową temperatura osiągała lub nieznacznie przekraczała 7°C. Oprócz najwyższych partii gór (0,6°C na stacji Karkonosze), najniższe

wartości stwierdzono na północy i północnym wschodzie, gdzie w Białymstoku, Puszczy Boreckiej i na Helu temperatura kształtowała się na poziomie 4,9-5,2°C.

Pod względem cyrkulacyjnym, marzec był miesiącem o przewadze opadów notowanych w czasie adwekcji z sektora W (Tabela 7.3). Stanowiły one średnio 60% sumy miesięcznej i były najwyższe na zachodzie, w Gorzowie Wlkp. i Legnicy, gdzie ich stosunek do sumy całkowitej przekraczał 90%. Ponad 70% udział odnotowano w Białymstoku. Z kolei najniższe opady przy adwekcji z W wystąpiły na Helu (21%). Drugim pod względem wielkości opadów był sektor S, z którym związanych było średnio 25% sum. Najbardziej intensywne opady występowały na północy – na Pomorzu Gdańskim i Kujawach. Na Helu stanowiły one ponad 66%, a w Łebie i Toruniu ponad 43% sumy miesięcznej. Natomiast w regionach zachodnich (Gorzów Wlkp., Legnica) wartości przy adwekcji z S były najniższe i kształtowały się na poziomie 3-4%. Udział opadów dla pozostałych sektorów był wyraźnie niższy. W przypadku cyrkulacji N, wyniósł on średnio 8% i był najwyższy w Raciborzu i Wieluniu, gdzie osiągnął odpowiednio 30% i 19%. Około 2% i 4% sum opadów zostało odnotowanych podczas występowania cyrkulacji E i miejscowej Z. Opady przy napływie mas powietrza z E były najwyższe w Lesku (10%), a dla cyrkulacji miejscowej Z w Raciborzu (20%) oraz na Helu i w Lesku (5-6%).

Tabela 7.3 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w marcu. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w marcu					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	3,2	43,6	3,2	50,0	0,0
Hel	6,8	66,2	0,4	21,2	5,4
Toruń	0,0	43,4	1,9	51,6	3,2
Białystok	2,6	24,1	0,3	72,4	0,6
Gorzów	0,0	2,6	0,0	97,4	0,0
Legnica	1,8	3,6	1,8	92,9	0,0
Wieluń	19,0	19,5	0,0	60,6	0,9
Racibórz	30,2	12,0	0,9	36,9	20,0
Lesko	6,4	12,2	10,1	65,4	5,9
<i>średnio</i>	7,8	25,2	2,1	60,9	4,0

KWIECIEŃ

W kwietniu średnie wartości temperatury powietrza wyraźnie przekraczały normę, natomiast pod względem opadowym był to miesiąc cechujący się znacznym ich zróżnicowaniem.

W pierwszej dekadzie kwietnia obszar kraju znajdował się w zasięgu niżów oraz związanych z nimi frontów atmosferycznych, które przeważnie przemieszczały się z zachodu na wschód Europy. Jedynie w ostatnim dniu zaznaczył się wpływ klina wyżowego znad Francji. Działalność frontalna generowała występowanie opadów atmosferycznych o lokalnie silnym natężeniu oraz burz atmosferycznych. Najbardziej

intensywne opady obserwowano w pierwszej połowie dekady, kiedy na południu Polski zmierzono najwyższe sumy dobowe – 34,1 mm w Radomyślu Wielkim i 33,2 mm we Wronowicach (2 IV) oraz 32,8 mm w Wiśle-Jaworniku (1 IV). W okresie tym odnotowano również najwyższe porywy wiatru, osiągające w Tatrach 33-43 m/s. Obserwowany układ baryczny sprzyjał adwekcji mas powietrza polarno-morskiego, a także zwrotnikowego, którego obecność przyczyniła się do wystąpienia najwyższych w omawianym miesiącu wartości temperatury powietrza. Dnia 7 IV w Jeleniej Górze odnotowano maksimum termiczne wynoszące 29,2°C. W przypadku rozpatrywanych stacji, wysokie sumy dobowe opadów były obserwowane w pierwszych dwóch dniach dekady, zwłaszcza w regionie karpackim. Najbardziej obfity opad zanotowano 2 IV w Szymbarku, kiedy suma dobową wyniosła 32,6 mm. Tego samego dnia wartość przekraczającą 20 mm opadu odnotowano na stacji w Lesku. Natomiast 1 IV w Wiśle suma dobową wyniosła 21,1 mm. Ponadto, wielkości kształtujące się na poziomie 18,5 mm, 15,9 mm i 11,5 mm zmierzono w Zamościu (2 IV), Raciborzu (1 IV) oraz Łebie (5 IV). Zdecydowanie najwyższymi sumami całkowitymi w omawianej dekadzie cechowały się Szymbark i Wisła, gdzie zmierzono łącznie 31-40 mm opadu. Natomiast wartości powyżej 20 mm stwierdzono w Lesku (23 mm), Zamościu (22 mm) i Karkonoszach (21 mm). Z kolei najbardziej suchym regionem była nizinna część Dolnego Śląska, gdzie na stacji w Legnicy suma łączna wyniosła tylko 1 mm.

W dniach 11-20 IV warunki pogodowe w pierwszych dniach były uwarunkowane działalnością wyżów rozciągających się z zachodu na wschód Europy, a od 14 IV niżów i towarzyszących im frontów atmosferycznych, przemieszczających się znad Atlantyku i Europy zachodniej nad Europę środkową i Skandynawię. Obserwowane były opady deszczu o miejscami umiarkowanym i silnym natężeniu. Najwyższe wartości dobowe odnotowano 15 IV na Pomorzu Zachodnim (Witno) oraz 20 IV w Małopolsce (Łazy), gdzie sumy dochodziły do 28 mm. Ponadto opady dobowe przekraczające 25 mm wystąpiły również 19 IV na Pomorzu Gdańskim (Starogard Gdański) i w Karkonoszach (Mała Kopa). Jednocześnie, w okresie tym na terenie Polski obserwowana była wysoka prędkość wiatru. Największe porywy wystąpiły w obszarach górskich w dniu 16 IV, gdzie dochodziły one do 34 m/s na Śnieżce oraz 32 m/s na Kasprowym Wierchu. Rozpatrując uwzględnione w analizie stacje, najwyższe dobowe sumy opadów w drugiej dekadzie zostały zmierzone na północy Polski i w górach. W dniu 20 IV suma opadu w Wiśle wyniosła 19,7 mm. Natomiast 16 IV na Helu była to wartość dochodząca do 15 mm, a w Puszczy Boreckiej i na Wolinie przekraczająca 12 mm. Opad wyższy niż 12 mm zmierzono również 19 IV na stacji w Karkonoszach. Stacja górskie i podgórskie (Karkonosze i Wisła) oraz regiony północne (Puszcza Borecka, Wolin i Hel) odznaczały się najwyższymi sumami dekadowymi, zawierającymi się w przedziale 28-36 mm. Opady przekraczające 20 mm odnotowano ponadto w Raciborzu. Natomiast najniższą sumę łączną zmierzono w Zamościu, gdzie nie osiągnęła ona 4 mm.

Na początku trzeciej dekady kwietnia Polska znajdowała się w zasięgu wyżu z centrum nad Oceanem Atlantyckim, którego układ generował napływ chłodnych mas powietrza arktycznego. Przyczyniło się to do znacznego obniżenia temperatury powietrza, w tym okresie zanotowano wartości minimalne dla całego miesiąca, osiągające w Karkonoszach i na ich przedgórzu -10,6°C na Śnieżce i -7,2°C w Jeleniej Górze. Od 24 IV pogodę zaczęły kształtować ośrodki niżowe, a także wyż znad

Bałkanów i Ukrainy. Układ baryczny sprzyjał adwekcjom mas powietrza zwrotnikowego z południa, które z kolei przyczyniły się do znacznego wzrostu temperatury powietrza. W omawianej dekadzie najbardziej intensywne opady występowały w okresie 24-25 IV, kiedy w Małopolsce sumy dobowe miejscami przekraczały 26 mm. W pozostałych dniach opady nie występowały lub cechowały się słabym i umiarkowanym natężeniem, jedynie 21 IV w wyższych partiach Karkonoszy suma dobową wyniosła ponad 22 mm. Na stacjach uwzględnionych w opracowaniu największe opady dobowe wystąpiły w regionie karpackim, zwłaszcza w Szymbarku i Lesku, gdzie kształtowały się w przedziale 9-12 mm. Na pozostałym obszarze najwyższe wartości dobowe zmierzono w regionach wschodnich i południowych - na stacjach Zamość (7,4 mm), Wisła (5,7 mm), Kliszów (5,2 mm) i Białystok (4,5 mm). Natomiast łączne sumy w trzeciej dekadzie kwietnia dochodziły do 19 mm w Szymbarku i 15 mm w Lesku. Najniższe opady wystąpiły z kolei w Legnicy, Granicy, Helu i NAGRADOWICACH-KÓRNIKU, gdzie nie osiągnęły 1 mm lub nie występowały w ogóle.

W kontekście warunków cyrkulacyjnych, w kwietniu przeważały adwekcje mas powietrza z sektora W, które stanowiły 46% wszystkich odnotowanych przypadków. Była to jednocześnie wartość wyższa od zeszłorocznej o 32%. Drugim pod względem częstości adwekcji sektorem był kierunek S, z którym związanych było 34% napływów. Porównując stwierdzoną frekwencję do zeszłorocznej, odnotować należy wzrost o 12%. Tendencję spadkową zanotowano natomiast dla sektora N. Częstość występowania tego typu cyrkulacji w omawianym miesiącu kształtowała się na poziomie 14% i była ona niższa od notowanej dla kwietnia 2023 r. o 11%. Natomiast udział sektora E oraz cyrkulacji miejscowej Z był wyraźnie niższy i osiągał odpowiednio ponad 2% i niespełna 4%. Tym samym, była to częstość niższa od ubiegłorocznej o prawie 30% (cyrkulacja E) oraz 3% (cyrkulacja miejscowa Z).

Podobnie jak w marcu, sumy opadów w kwietniu w porównaniu do normy cechowały się wyraźnym zróżnicowaniem. Największe odchylenia od wartości z lat 2014-2023 odnotowano na Pomorzu Gdańskim. Na Helu i w Łebie średnia wieloletnia wartość została przekroczona o odpowiednio 135% i 65%, co w świetle stosowanej klasyfikacji oznaczało warunki skrajnie- i bardzo wilgotne. Z kolei w przypadku dwóch stacji, Torunia i Raciborza, stwierdzona nadwyżka o wielkości 43% i 30% klasyfikowała kwiecień jako miesiąc wilgotny. Na terenie trzech kolejnych stacji sumy opadów były zbliżone do normy, przy czym w Gorzowie Wlkp. i Lesku obserwowana była niewielka nadwyżka (7-19%), a w Białymstoku nieznaczny deficyt (1%). Na zachodzie Polski niedobór opadów był wyraźniejszy i kształtował się na poziomie 34% w Wieluniu i 60% w Legnicy, co odpowiadało warunkom z klasy suchych i bardzo suchych. W omawianym miesiącu najwyższe miesięczne sumy opadów zanotowano na stacjach reprezentujących region karpacki – w Wiśle i Szymbarku. Wyniosły one odpowiednio prawie 73 mm i 75 mm. W wyższych piętrach Karkonoszy stwierdzona wielkość przekraczała 62 mm, zaś w Puszczy Boreckiej, Lesku i na Wolinie wartości osiągały odpowiednio ponad 57 mm, 54 mm i 51 mm. Regiony zachodnie, podobnie jak w marcu, cechowały się niewielkimi opadami. W Legnicy suma miesięczna nie osiągnęła 12 mm, a w Wieluniu wyniosła 24 mm. Średnia obszarowa suma opadów dla Polski wyniosła 41,5 mm.

Kwiecień pod względem termicznym był miesiącem ciepłym, z wyraźnie dodatnimi anomaliami obserwowanymi na terenie wszystkich rozpatrywanych stacji. Najwyższe wartości względem normy zanotowano w Bieszczadach, na zachodzie i Podlasiu. W Lesku średnia temperatura omawianego miesiąca była wyższa od wartości z lat 2014-2023 o 2,5°C, w Legnicy i Wieluniu o 2,3°C, a w Raciborzu i Białymstoku o 2,2°C. Z kolei na Pomorzu Gdańskim anomalie były najniższe i osiągnęły 1,4°C na Helu i 1,7°C w Łebie. Rozpatrując dane ze wszystkich dziewięciu stacji synoptycznych, średnia miesięczna wartość była wyższa od normy o 2,0°C. Średnia temperatura kwietnia na czternastu stacjach charakteryzowała się wartościami osiagającymi lub przekraczającymi 10°C. Maksimum odnotowano w Legnicy, gdzie średnia wielkość dobowa kształtowała się na poziomie 11,5°C. Ponad 11°C odnotowano również w Wieluniu, Raciborzu, Szymbarku, Gorzowie Wlkp., Kliszowie i Kórniku. Natomiast najchłodniejsze były najwyższe piętra gór, Pomorze Gdańskie, Podlasie i zachodnie Mazowsze, gdzie średnia temperatura różnicowała się od 3,6°C na stacji Karkonosze do 7,4°C w Granicy oraz 8,4-8,8°C na Helu, w Łebie i Puszczy Boreckiej.

Z uwagi na przewagę adwekcji mas powietrza z kierunku W, najwyższe sumy opadów zostały zmierzone dla tego typu cyrkulacji (Tabela 7.4). Ich średni udział wyniósł 64% i cechował się najwyższymi wartościami w Łebie, gdzie przekraczał 80%, a także w Gorzowie Wlkp., Raciborzu i Lesku (ponad 70%). Najniższe opady w stosunku do sumy miesięcznej odnotowano w Legnicy, gdzie stanowiły one 34% wielkości ogólnej. Legnica cechowała się natomiast najwyższymi sumami opadów podczas adwekcji z N, gdzie stanowiły one 64% sumy ogólnej dla kwietnia. Natomiast najmniejszym udziałem cechowały się Pomorze Gdańskie (Łeba, Hel) i Podlasie (Białystok), gdzie ich wartości kształtowały się na poziomie 4-7%. Średnio, cyrkulacja N była odpowiedzialna za około 20% opadów w omawianym miesiącu. Niższy udział, wynoszący niecałe 8%, został stwierdzony dla sektora S. W tym przypadku najbardziej intensywne opady występowały w regionie rozciągającym się od Ziemi Lubuskiej, przez Kujawy, do Podlasia, gdzie stanowiły one 14-17% sumy ogólnej. Z kolei na południowym zachodzie (Legnica, Wieluń, Racibórz) opady były najniższe (1-3%). W czasie występowania cyrkulacji E, opady na większości z rozpatrywanych stacji nie występowały, a ich średni udział wynoszący 2% wynikał z większych sum stwierdzonych w Białogostoku (12%) i na Helu (7%). W przypadku cyrkulacji miejscowej Z, największy udział w sumie ogólnej odnotowano na Pomorzu Gdańskim i Kujawach, gdzie na stacjach Hel, Toruń i Łeba wyniósł on odpowiednio 26%, 11% i 7%. Średnio, opady zmierzone podczas wspomnianego typu cyrkulacji stanowiły 6% wartości miesięcznej.

Tabela 7.4 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w kwietniu. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w kwietniu					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	4,9	8,2	0,0	80,2	6,7
Hel	7,4	4,4	7,4	54,7	26,1
Toruń	16,8	13,3	0,0	58,8	11,3
Białystok	3,7	16,6	12,3	62,0	5,5
Gorzów	11,8	16,5	0,0	71,7	0,0
Legnica	63,7	2,7	0,0	33,6	0,0
Wieluń	28,8	2,9	0,0	65,8	2,5
Racibórz	24,9	0,5	0,0	74,6	0,0
Lesko	15,3	3,5	0,0	77,4	3,7
<i>średnio</i>	<i>19,7</i>	<i>7,6</i>	<i>2,2</i>	<i>64,3</i>	<i>6,2</i>

MAJ

Maj był miesiącem o dodatnich anomaliach termicznych, zaś w przypadków opadów atmosferycznych wykazywał najczęściej niedobór opadów.

W pierwszej dekadzie maja obszar kraju początkowo znajdował się pod wpływem wyżu znad Rosji i Ukrainy, z którym związane były napływy ciepłych mas powietrza z południa i sektora wschodniego. Następnie przez Polskę, w kierunku wschodnim, przemieszczał się niż oraz towarzyszące mu fronty atmosferyczne, z którymi związane były silne opady i burze atmosferyczne. Najwyższe sumy dobowe zmierzono w Sudetach – 5 V w Młotach i 4 V w Przesiece, gdzie wielkości dobowe wyniosły odpowiednio 47,6 mm i 39,1 mm. Sumę 32,0 mm stwierdzono ponadto dnia 6 V w Beskidzie Śląskim (Kamesznica). Od 7 V pogoda była w największym stopniu uwarunkowana działalnością rozległego wyżu, rozciągającego się początkowo na północy, od Wielkiej Brytanii do Rosji, a następnie nad większością obszaru Europy. Występowały przeważnie małe zachmurzenie, jedynie miejscami obserwowane były słabe opady deszczu. Na stacjach uwzględnionych w analizie zdecydowanie najwyższą sumę stwierdzono 5 V w Wiśle, gdzie wyniosła ona 19,1 mm. Na pozostałym obszarze opady były stosunkowo nieduże. Najwyższe zmierzono na Półwyspie Helskim oraz Dolnym i Górnym Śląsku, gdzie 5 V na Helu i w Legnicy oraz 6 V w Raciborzu wyniosły one odpowiednio 10,2 mm, 9,3 mm i 8,8 mm. Suma łączna opadów w Wiśle przekroczyła 28 mm, zaś na trzech pozostałych wspomnianych stacjach kształtowały się one na poziomie 17 mm, 10 mm i 9 mm. W innych regionach najwyższy opad całkowity odnotowano w Łebie (8 mm). Z kolei na obszarze obejmującym Ziemię Wieluńską, Wielkopolskę i Ziemię Lubuską (Wieluń, Nagrodowice-Kórnik, Gorzów Wlkp.) opady były najniższe i nie osiągały 1 mm.

Na początku drugiej dekady maja największy wpływ na pogodę nad Polskę miały nadal ośrodki wyżowe, jedynie w pierwszych dniach od północy przemieścił się front atmosferyczny, którego działalność przyczyniła się do wystąpienia burz i intensywnych opadów atmosferycznych. Układ baryczny sprzyjał napływom chłodnych mas powietrza,

co skutkowało wyraźnym spadkiem temperatury i odnotowaniem lokalnych przymrozków. Od 17 V warunki pogodowe kształtowały niższe i towarzyszące im fronty, z którymi związane było występowanie burz i opadów. W dniach 17-18 V w najwyższych partiach gór notowana była wysoka prędkość wiatru, sięgająca w porywach 32 m/s na Kasprowym Wierchu i 28 m/s na Śnieżce. Pod względem opadowym, zmierzone sumy były dość niskie. Pod koniec dekady odnotowano wartości maksymalne dla tego okresu. W dniu 19 V na rozpatrywanych stacjach wyniosły one 23,4 mm w Toruniu, 16,9 mm w Raciborzu, 15,6 mm w Szymbarku oraz 14,2 mm w Białymstoku. W przypadku sum łącznych w dniach 11-20 V, najwyższe zmierzono w Raciborzu (ponad 31 mm), Szymbarku (25 mm), Toruniu (24 mm) i Karkonoszach (17 mm). Natomiast z regionie lubelskim (Jarczew), i na północnym wschodzie (Puszcza Borecka) opady były najniższe i kształtowały się poniżej 1 mm.

W dniach 21-31 V obszar kraju nadal pozostawał w zasięgu niżów i związanych z nimi frontów atmosferycznych, co skutkowało pojawianiem się burz i opadów o bardzo silnym natężeniu. Najwyższe sumy dobowe odnotowano 22 V w centrum Polski (82,8 mm Szczerców), na Pomorzu Zachodnim (69,0 mm w Boleszkowicach) oraz w Małopolsce (63,0 mm w Leskowcu). Ponadto, bardzo intensywne opady odnotowano również na Górnym Śląsku w dniu 31 V (71,8 mm w Zielonej). Sytuacja synoptyczna w omawianym okresie była sprzyjająca adwekcjom ciepłych mas powietrza polarno-morskiego, które powodowały wzrost wartości temperatury miejscami do ponad 29°C. Uwzględniając analizowane stacje, najwyższe wartości dobowe opadów zmierzono 22 V w Kliszowie, 24 V w Toruniu i 30 V w Legnicy, gdzie wyniosły odpowiednio 39,7 mm, 26,3 mm oraz 22,1 mm. Zdecydowanie najwyższą całkowitą sumę opadów w trzeciej dekadzie stwierdzono w Kliszowie i Legnicy, gdzie spadło łącznie 67 mm i 52 mm opadu. Sumy w przedziale 30-40 mm odnotowano ponadto w NAGRADOWICACH-KÓRNIKU, Toruniu i Wieluniu. Niskie opady zmierzono natomiast w Zamościu, Helu i Jarczewie, gdzie kształtowały się w zakresie 3-4 mm.

W kontekście warunków cyrkulacyjnych maj był miesiącem cechującym się wyraźną przewagą adwekcji mas powietrza z sektora E, których średnia częstość wyniosła ponad 45%. W maju 2023 ten typ cyrkulacji był również przeważający, a jego frekwencja była nieco niższa i wyniosła 38%. Napływy mas powietrza z sektora S stanowiły 31% wszystkich przypadków i była to jednocześnie wartość o 14% wyższa niż rok wcześniej. Tendencję malejącą względem roku poprzedniego zanotowano natomiast dla napływów z sektora N i W. Udział cyrkulacji N dochodził do 11%, zaś frekwencja adwekcji z W wyniosła 9%. W obydwu przypadkach oznaczało to spadek względem roku ubiegłego o 6%. Niższą częstość stwierdzono ponadto dla cyrkulacji miejscowej Z. W roku bieżącym jej udział wyniósł niecałe 4% i był o 9% niższy niż w roku poprzednim.

Warunki opadowe maju, w porównaniu do wartości z lat 2014-2023, cechowały się przeważnie deficytem opadów. Średnia obszarowa suma stanowiła 66% normy i kształtowała się tym samym w przedziale warunków suchych. Jedynymi stacjami z nadwyżką opadów były Toruń i Legnica, gdzie sumy miesięczne były wyższe od wartości normatywnej o odpowiednio 27% i 19%, co było równoznaczne z warunkami wilgotnymi i normalnymi. Sumę klasyfikującą omawiany miesiąc jako normalny zanotowano również w Wieluniu i Raciborzu, jednak w tym przypadku obserwowany

był 21-23% deficyt. W przypadku stacji reprezentujących Pomorze i Ziemię Lubuską (Łeba, Gorzów Wlkp., Hel) sumy stanowiły 56-61% normy, co było równoznaczne z wystąpieniem warunków suchych. Natomiast w Białymstoku stosunek ten wyniósł 36%, co klasyfikowało maj jako miesiąc bardzo suchy. Największy deficyt wystąpił w Lesku, gdzie zmierzona wartość kształtowała się na granicy warunków bardzo- i skrajnie suchych. W przypadku bezwzględnych sum opadów, najwyższą zmierzono w Kliszowie, gdzie wyniosła ona 73 mm. Na pozostałym obszarze najbardziej obfite opady, z wartościami powyżej 60 mm, występowały w Legnicy i Toruniu. Ponad 50 mm opady odnotowano również na stacji w Raciborzu. Najmniejszą intensywnością cechowały się natomiast regiony wschodnie i centralne. W Jarczewie, Granicy i Zamościu opady kształtowały się na poziomie 7-10 mm, a w Puszczy Boreckiej 18 mm. Średnia suma dla omawianego miesiąca na rozpatrywanych stacjach wyniosła 36,0 mm.

Pod względem termicznym maj, w porównaniu do okresu 2014-2023, był miesiącem ciepłym, o średniej anomalii wynoszącej 2,9°C. Odchylenia rzędu 3,6°C i 3,3°C zanotowano w Łebie i Toruniu, zaś w Wieluniu i Gorzowie Wlkp. wyniosły one 3,0°C. Z kolei najniższe anomalie zanotowano w Lesku (2,3°C) oraz w Legnicy i Białymstoku (2,7°C). Najwyższą temperaturą dobową w maju cechowała się stacja Granica, gdzie średnia wartość wyniosła 18,8°C. Dość ciepłe warunki występowały również na obszarze obejmującym Ziemię Lubuską, Wielkopolskę i Kujawy, gdzie na stacjach Gorzów Wlkp., Kórnik i Toruń średnia temperatura w omawianym miesiącu różnicowała się w przedziale 16,8-17,0°C. Wartości powyżej 16°C zaobserwowano również w Kliszowie oraz na zachodzie Polski – w Legnicy, Raciborzu, Wieluniu i na Wolinie. Z kolei na południowym wschodzie i Pomorzu temperatura była najniższa i w Lesku, Szymbarku, Zamościu, Wiśle i na Helu wyniosła 14,4-14,8°C. Stosunkowo niskie wartości stwierdzono również w Łebie i Puszczy Boreckiej (15-15,3°C). W przypadku stacji Karkonosze, średnia temperatura wyniosła 8,9°C.

Maj był miesiącem charakteryzującym się przewagą opadów z sektora S (Tabela 7.5). Ich średni stosunek do całkowitej sumy miesięcznej wyniósł 69% i cechował się najwyższymi wartościami w regionach północnych, zwłaszcza w Toruniu i Białymstoku. Na tych dwóch stacjach udział opadów dla omawianego sektora przekraczał 90%. Był również znaczny na zachodzie (ponad 70% w Gorzowie Wlkp. i Legnicy) oraz Pomorzu Gdańskim (65-68%). Natomiast najmniej opadów przy adwekcji z S spadło w Raciborzu (43%). Zmierzone sumy dla pozostałych kierunków były wyraźnie niższe. Pomimo wysokiej frekwencji cyrkulacji E, opady zmierzone podczas napływu mas powietrza z tego kierunku stanowiły tylko 14% wielkości ogólnej i odznaczały się najwyższymi sumami na zachodzie (Wieluń, Racibórz), gdzie ich udział wyniósł 39% i 23%. Jednocześnie w Białymstoku wielkość ta kształtowała się na poziomie nieco ponad 1%. Cyrkulacja W odpowiadała w maju za 8% ilości opadów, przy czym najbardziej intensywne występowały na Dolnym Śląsku, Ziemi Lubuskiej i Pomorzu, gdzie stanowiły 12-18% wielkości miesięcznej. Natomiast w Toruniu, Wieluniu i Raciborzu ich udział kształtował się poniżej 1%. W przypadku opadów dla cyrkulacji N, ich średni stosunek do sumy całkowitej wyniósł niecałe 7%. Zdecydowanie najwyższe sumy zmierzono w Raciborzu (34%), zaś w Gorzowie Wlkp. opady podczas omawianego typu cyrkulacji w ogóle nie występowały. Brak opadów odnotowano również

na większości stacji dla cyrkulacji miejscowej Z. Jedynie w Lesku stwierdzone sumy stanowiły 17% wartości miesięcznej.

Tabela 7.5 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w maju. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w maju					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	1,1	67,9	19,0	12,0	0,0
Hel	12,1	64,4	9,2	14,2	0,0
Toruń	0,8	92,1	6,7	0,3	0,0
Białystok	2,4	93,6	1,2	2,8	0,0
Gorzów	0,0	75,7	6,3	18,1	0,0
Legnica	2,9	72,6	12,5	12,0	0,0
Wieluń	0,2	60,4	38,7	0,7	0,0
Racibórz	34,1	42,6	22,9	0,4	0,0
Lesko	7,0	55,5	9,7	10,6	17,2
<i>średnio</i>	6,7	69,4	14,0	7,9	1,9

CZERWIEC

W czerwcu wartości temperatury powietrza były najczęściej zbliżone do normy, a opady atmosferyczne cechowały się wyraźnym zróżnicowaniem.

W pierwszej dekadzie czerwca Polska znajdowała się w zasięgu niżów, z centrami nad Europą środkową, wschodnią i północną. Przejściowo zaznaczył się również wpływ ośrodków wyżowych znad Bałkanów i Rosji. Obserwowany układ baryczny sprzyjał adwekcjom mas powietrza polarno-morskiego. Niżom towarzyszyły fronty atmosferyczne, przemieszczające się z zachodu w kierunku wschodnim, z którymi związane były burze atmosferyczne i intensywne opady deszczu. Szczególnie intensywne opady odnotowano w dniach 3-4 IV. Maksymalne wartości dobowe stwierdzono 3 VI w rejonie Bielsko-Białej, gdzie dochodziły one do 127-143 mm. Z kolei najwyższy poryw wiatru wystąpił na Śnieżce w dniu 5 VI, kiedy zmierzono prędkość 27 m/s. W przypadku rozpatrywanych stacji, najwyższą sumę dobową opadów zmierzono 4 VI w Jarczewie, gdzie wyniosła ona niemal 46 mm. Wysoki opad wystąpił również w tym samym dniu w Zamościu, kiedy jego ilość przekraczała 25 mm. Na pozostałym obszarze najwyższe sumy, kształtujące się w przedziale 21-23 mm, zanotowano 1 VI w Karkonoszach, 3 VI w Lesku i 10 VI w Kliszowie. Na stacjach w Jarczewie i Zamościu wielkości całkowite opadów w omawianej dekadzie przekraczały 77 mm i 72 mm, a na południowym wschodzie, w Lesku i Szymbarku, kształtowały się powyżej 60 mm. Ponadto, intensywne opady występowały również w Kliszowie (55 mm), Wiśle (45 mm) oraz w Raciborzu i Karkonoszach (30-31 mm). Najniższymi sumami odznaczały się położone na północy Hel i Gorzów Wlkp., gdzie wartości dekadowe nie osiągały 6 mm.

Na początku drugiej dekady omawianego miesiąca obszar Polski nadal znajdował się w pod wpływem ośrodków niskiego ciśnienia i związanych z nimi frontów

atmosferycznych. Natomiast w kolejnych dniach warunki pogodowe były w największym stopniu uwarunkowane działalnością klina wyżowego znad Oceanu Atlantyckiego, jedynie przejściowo na zachodzie zaznaczył się wpływ zatoki niżowej znad Wielkiej Brytanii. Obserwowane były przelotne opady deszczu, stwierdzono również najniższe w całym miesiącu wartości temperatury minimalnej, osiągające 14 VI w Zakopanem i Kielcach odpowiednio 3,0°C i 3,7°C, a w najwyższych partiach gór nawet poniżej 0°C. Od połowy dekady Polska znajdowała się początkowo pod wpływem niżu z centrum nad Morzem Północnym, a następnie w zasięgu wyżów znad Europy południowej i Atlantyku. Układ baryczny sprzyjał napływom mas powietrza polarno-morskiego. W dniu 16 VI, zwłaszcza w regionach wschodnich, występowały burze atmosferyczne, którym towarzyszyły intensywne opady deszczu, a miejscami również gradu. Pod koniec dekady, 19 VI, przez Polskę przemieszczał się niż z układem frontów atmosferycznych, których działalność przyczyniła się do wystąpienia burz i intensywnych opadów. Najwyższe wartości dobowe odnotowano w 19 VI Jarczewie i 30 VI na Wolinie, gdzie opady osiągnęły odpowiednio 34 mm i 21 mm. Z kolei w Raciborzu (19 VI), Zamościu (13 VI) i Wiśle (19 VI) wielkości dobowe wyniosły odpowiednio 19,2 mm, 18,3 mm i 17,4 mm. Jarczew cechował się również najwyższą sumą łączną, przekraczającą 46 mm, zaś w przypadku Wolina, Zamościa i Raciborza wartości różnicowały się w przedziale 31-33 mm. Natomiast na Dolnym Śląsku opady były najniższe, na stacji w Legnicy całkowita suma opadów w drugiej dekadzie nie osiągnęła 4 mm.

W dniach 21-30 VI obszar kraju początkowo nadal znajdował się w zasięgu niżów i związanych z nimi frontów atmosferycznych. Miejscami występowały burze, intensywne opady atmosferyczne, w tym również opady gradu. W dniu 21 VI sumy dobowe na Dolnym Śląsku lokalnie przekraczały 50 mm (stacja Ceber-Kozie Doły), a 22 VI na Pomorzu (Polanów) i w Bieszczadach (Stuposiany) osiągnęły odpowiednio 58,0 mm i 39,7 mm. W kolejnych dniach warunki pogodowe były w największym stopniu uwarunkowane działalnością wyżu z centrum nad Niemcami, południową Skandynawią i krajami bałtyckimi, jedynie przejściowo w dniach 26-27 VI na południowym zachodzie obserwowany był wpływ ośrodka niżowego. Notowane były adwekcje mas powietrza polarno-morskiego i zwrotnikowego. Obserwowane były przelotne, intensywne opady deszczu, burze atmosferyczne oraz miejscami opady gradu. Najwyższe sumy dobowe zmierzono w dniu 26 VI w Sudetach Wschodnich (77,2 mm w Starym Gierałtowie i 55,6 mm w Łądku Zdroju), a także 27 VI w Dąbrowie Tarnowskiej (74,1 mm). Od 28 VI Polska znajdowała się w pod wpływem niżów i związanych z nimi frontów atmosferycznych. Obserwowane były adwekcje ciepłych mas powietrza zwrotnikowego, które przyczyniły się do najwyższej w całym miesiącu temperatury powietrza. Maksimum odnotowano 30 VI we Wrocławiu, gdzie wyniosło ono 35,5°C. Jednocześnie na terenie kraju występowały burze atmosferyczne i intensywne opady deszczu, osiągające w dniu 30 VI w Beskidzie Śląskim 58-64 mm, a w Górach Bystrzyckich 56 mm. Znaczny opad, dochodzący do 50 mm, zmierzono również na Podlasiu (Różanystok). W tym dniu, na stacji Wisła, suma dobową wyniosła 50,4 mm. W przypadku pozostałych stacji uwzględnionych w opracowaniu, najwyższe opady dobowe stwierdzono na zachodzie i północy. W dniach 21 VI w Legnicy, 22 VI w Gorzowie Wlkp. i 28 VI na Helu wielkości opadów osiągnęły odpowiednio 27,8 mm, 20,1 mm oraz 22,2 mm. Łącznie na stacji w Wiśle w trzeciej dekadzie czerwca spadło 76 mm opadu, na Helu niemal 46 mm,

a Gorzowie Wlkp., Wieluniu i Karkonoszach 32-39 mm. Z kolei w Jarczewie i na Wolinie całkowita ilość opadów kształtowała się na poziomie 3 mm.

Czerwiec był miesiącem charakteryzującym się przewagą adwekcji mas powietrza z sektora W. Stanowiły one średnio 47% wszystkich odnotowanych przypadków, co w porównaniu do roku poprzedniego oznaczało wzrost o 13%. Drugim pod względem częstości sektorem był kierunek S, z którym związanych było 31% napływów. Podobnie jak w przypadku cyrkulacji W, była to wartość wyższa od zeszłorocznej - w tym przypadku o 23%. Sektor N w omawianym miesiącu odpowiadał za około 10% przypadków adwekcji, które pojawiały się dwukrotnie rzadziej niż przed rokiem. Tendencję spadkową odnotowano również dla cyrkulacji E. W roku bieżącym jej frekwencja wyniosła nieco ponad 6%, przy 29% notowanych rok wcześniej. Z kolei udział cyrkulacji miejscowej Z wyniósł 6% i był niższy od notowanego w czerwcu 2023 r. o 3%.

Średnia suma opadów atmosferycznych w czerwcu na dziewięciu stacjach synoptycznych była nieznacznie wyższa od normy (o 3%) i odpowiadała warunkom z klasy normalnych. Stosunek wielkości miesięcznej do wartości normatywnej na poszczególnych stacjach wykazywał jednak dość silne zróżnicowanie. W Łebie średnia suma dla lat 2014-2023 została przekroczona o niemal 80%, co było równoznaczne z występowaniem warunków bardzo wilgotnych. Wyrażna nadwyżkę, kształtującą się na poziomie 36 i 28%, zanotowano również w Raciborzu i na Helu, gdzie stwierdzone sumy klasyfikowały czerwiec jako miesiąc wilgotny. Natomiast warunki zbliżone do normy wystąpiły na pięciu stacjach reprezentujących regiony zachodnie, południowe i Kujawy, gdzie ich stosunek do normy różnicował się od 77% w Wieluniu i Toruniu do 90% w Gorzowie Wlkp., 102% w Legnicy i 121% i Lesku. Najniższe opady względem normy odnotowano w Białymstoku, gdzie stwierdzony udział (59%) odpowiadał warunkom suchym. Pod względem sum miesięcznych, średnia obszarowa wartość w czerwcu wyniosła ponad 76 mm. Omawiany miesiąc, z punktu widzenia sum opadów, cechował się znacznym zróżnicowaniem przestrzennym. W Wiśle, Zamościu, Jarczewie i Szymbarku odnotowano wartości ponad 100 mm, osiągające 148 mm w Wiśle, 132 mm w Zamościu, 126 mm w Jarczewie i 104 mm w Szymbarku. Ponadto, sumy kształtujące się na poziomie 96-97 mm zmierzono w Lesku i Kliszowie. Dość wysokie opady występowały również w Raciborzu, Karkonoszach i na Helu, gdzie ich wielkości zawierały się w przedziale 71-80 mm. Najniższe opady miesięczne stwierdzono na północnym wschodzie i Kujawach. W Puszczy Boreckiej i Białymstoku sumy wyniosły 37-39 mm, a w Toruniu 43 mm.

Wartości temperatury powietrza w czerwcu kształtowały się przeważnie blisko normy, a średnie odchylenie wyniosło 0,4°C. Najwyższe anomalie zanotowano w położonych na południu Polski Lesku i Raciborzu, gdzie wyniosły odpowiednio 1,2°C i 0,7°C. Nieznacznie niższą wartość (0,6°C) stwierdzono w Wieluniu i Białymstoku. Jedyną stacją, gdzie średnia temperatura czerwca była niższa od normy był Gorzów Wlkp., gdzie odchylenie wyniosło -0,3°C. Stosunkowo niskie, dodatnie anomalie o wartości 0,2°C zaobserwowano ponadto na Pomorzu Gdańskim - w Łebie i na Helu. W kontekście średniej dobowe temperatury powietrza w czerwcu, najwyższe wartości obserwowane były na południowym wschodzie, zachodzie i centralnej części Polski. Średnia wartość w Raciborzu wyniosła 19,2°C, w Wieluniu 19,1°C, a w Szymbarku,

Zamościu, Kliszowie, Granicy i Legnicy 19,0°C. Region Pomorza oraz Mazury cechowały się najniższą temperaturą w nizinnej części Polski. Minimum stwierdzono w Łebie (16,4°C), zaś na Helu, w Puszczy Boreckiej i na Wolinie wartości różnicowały się w przedziale 17,0-17,3°C. W najwyższych partiach gór, na stacji Karkonosze, średnia dla czerwca wyniosła 11,5°C.

W czerwcu najwyższe sumy opadów zostały zmierzone podczas występowania cyrkulacji z sektora W (Tabela 7.6). Średnio stanowiły one 47% wartości miesięcznej, z największym udziałem notowanym w Białymstoku (ponad 70%), Wieluniu (62%) i Gorzowie Wlkp. (59%). Na południu, w Legnicy, Lesku i Raciborzu, opady były najniższe i kształtowały się na poziomie 20%, 27% i 36%. Drugim pod względem przychodu wody z opadów był sektor S, z którym związanych było średnio ponad 33% sumy ogólnej. Największymi wartościami cechowały się Lesko, Legnica i Hel, gdzie opady przy adwekcji z S stanowiły odpowiednio 54%, 46% i 42% wartości miesięcznej. Natomiast w Wieluniu i Raciborzu stosunek ten był najniższy i osiągnął 12-19%. Około 13% sum w omawianym miesiącu było związanych z sektorem N. W tym przypadku najwyższe wartości odnotowano w Toruniu (41%), Raciborzu (27%) i Wieluniu (23%), zaś na Pomorzu Gdańskim opady przy adwekcji z N z ogóle nie występowały. Udział opadów dla cyrkulacji E i miejscowej Z wyniósł odpowiednio 3% i 4%. W przypadku napływów z E, na większości stacji, zwłaszcza reprezentujących północne regiony Polski, opady nie występowały lub cechowały się niewielkimi sumami. Zdecydowanie największy udział, przekraczający 16%, stwierdzono w Legnicy. Podobną sytuację zaobserwowano dla cyrkulacji miejscowej Z. Na stacjach położonych na północy opady zwykle nie występowały, zaś na południowym zachodzie, w Legnicy i Raciborzu, były one najwyższe i stanowiły 12% i 16% sumy miesięcznej.

Tabela 7.6 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w czerwcu. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w czerwcu					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	0,0	50,2	0,0	49,8	0,0
Hel	0,0	42,0	0,0	56,7	1,3
Toruń	41,2	21,1	0,0	37,7	0,0
Białystok	8,3	17,1	4,1	70,5	0,0
Gorzów	1,0	39,5	0,2	59,3	0,0
Legnica	5,7	45,7	16,6	20,5	11,5
Wieluń	22,8	12,2	1,0	62,1	1,9
Racibórz	26,5	18,8	3,0	35,7	15,9
Lesko	12,0	53,9	3,2	27,2	3,7
<i>średnio</i>	<i>13,1</i>	<i>33,4</i>	<i>3,1</i>	<i>46,6</i>	<i>3,8</i>

LIPIEC

Lipiec był miesiącem ciepłym, o dodatnich odchyleniach temperatury powietrza, natomiast w kontekście opadów cechował się najczęściej ich nadwyżką lub warunkami zbliżonymi do normy.

W pierwszej dekadzie lipca Polska znajdowała się w zasięgu niżów i związanych z nimi frontów atmosferycznych, które przemieszczały się z zachodu na wschód Europy. Układ baryczny generował napływ mas powietrza polarno-morskiego z sektora zachodniego, a przejściowo również zwrotnikowego. Występowały opady atmosferyczne o miejscami silnym natężeniu oraz lokalnie burze. Najwyższe sumy dobowe opadów zmierzono 1 VII w regionach południowych, na stacjach Wyżniański Wierch (113,3 mm), Poronin (55,3 mm), Nielisz (47,8 mm), a także na Pomorzu Zachodnim (39,6 mm w Witnie). Wysokie wartości odnotowano również 7 VII w Żarnowie i Puławach (odpowiednio 80,4 mm i 48,6 mm), a także 8 VII w Zakopanem i Stuposianach (39,5 mm i 32,3 mm). Pod koniec dekady pogodę warunkował wyż znad Europy środkowo-wschodniej oraz zatoka niskiego ciśnienia i związany z nią układ frontów atmosferycznych, których działalność znalazła odzwierciedlenie w wysokich sumach dobowych dnia 10 VII, dochodzących do 83 mm na Warmii, 63 mm w na Dolnym Śląsku i 52 mm w Wielkopolsce. Jednocześnie obserwowane były adwekcje ciepłych mas powietrza zwrotnikowego, skutkujące znacznym wzrostem temperatury powietrza. W dniu 10 VII we Wrocławiu odnotowano temperaturę 36,5°C, która była najwyższą notowaną w omawianym miesiącu. Na stacjach uwzględnionych w opracowaniu najwyższy opad wystąpił 1 VII w Lesku, gdzie suma dobową wyniosła 63,6 mm. Dzień później na Wolinie zanotowano wartość ponad 36 mm, a opady z przedziału 22-26 mm zmierzono również 1 VII w Zamościu, 6 VII w Karkonoszach oraz 10 VII w Łebie. Ponadto na sześciu kolejnych stacjach reprezentujących różne rejony Polski wielkości dobowe przekraczały 10 mm. Najwyższą sumę łączną stwierdzono na Pomorzu Zachodnim i w Bieszczadach (na Wolinie i w Lesku), gdzie wyniosła ona 88 mm i 80 mm. Intensywne opady występowały również w Karkonoszach (71 mm), Łebie (50 mm) i na Helu (47 mm). Natomiast na stacjach Granica i Wieluń zmierzone sumy były najniższe i zawierały się w przedziale 3-4 mm.

Na początku drugiej dekady lipca obszar kraju nadal znajdował się pod wpływem zatoki niżowej, jedynie 15 VII wyraźniej zaznaczył się wpływ wyżu znad krajów bałtyckich. W dalszym ciągu notowano adwekcje mas zwrotnikowych. Występowały burze atmosferyczne, którym towarzyszyły opady deszczu o silnym natężeniu, których sumy dobowe często osiągały wartość kilkudziesięciu mm. Szczególnie wysokie opady zmierzono 12 VII w Wielkopolsce (116,0 mm w Gorzynie), na Pomorzu Zachodnim (84,0 mm w Gostomii) i Ziemi Lubuskiej (76,8 mm w Drezdenku), a także 11 VII w Małopolsce (78,4 mm w Pólrzeczkach). W drugiej połowie dekady warunki pogodowe były w największym stopniu uwarunkowane układami wysokiego ciśnienia, jedynie 16 VII wyraźniej zaznaczał się wpływ zatoki niżowej z układem frontów atmosferycznych. W tym dniu obserwowane były wartości temperatury powietrza dochodzące do 35°C, a także intensywne opady, o sumie dobowej przekraczającej nawet 70 mm (Racławice Śląskie). Ponadto, dość wysokie opady wystąpiły 17 VII w Jastrzębskiej Woli (49,6 mm) i Puławach (26,6 mm). W przypadku stacji uwzględnionych w opracowaniu, najwyższą

sumę stwierdzono 13 VII w Wieluniu, gdzie osiągnęła ona 48 mm. Obfite opady wystąpiły również 16 VII w Zamościu, 12 VII i 16 VII na Helu, 16 VII w Lesku, 12 VII w Gorzowie Wlkp. oraz 13 VII w Szymbarku, gdzie kształtowały się w zakresie 31-39 mm. Wielkości dochodzące do 29 mm zanotowano również 13 VII w Wiśle i 16 VII w Raciborzu. Najwyższą całkowitą sumę opadów w omawianej dekadzie zmierzono na Helu (ponad 74mm), a opady o znacznej intensywności, przekraczające 50 mm, występowały również w Wieluniu (61 mm), Szymbarku (56 mm), Kliszowie i Gorzowie Wlkp. (55 mm), Wiśle (54 mm) i Puszczy Boreckiej (52 mm). Z kolei Dolny Śląsk cechował się najmniejszymi wartościami, które na stacjach w Legnicy i Karkonoszach wyniosły 25 mm i 22 mm.

Na początku ostatniej dekady lipca obszar kraju znajdował się w zasięgu wyżu z centrum zlokalizowanym na północ od granic Polski, a następnie pod wpływem zatok niżowych i związanego z nimi układu frontów atmosferycznych. Przejściowo, 23 VII, obserwowane było również oddziaływanie klina wyżowego z południowego zachodu. Układ baryczny generował napływ mas powietrza polarno-morskiego, a miejscami również zwrotnikowego. Występowały burze atmosferyczne i opady o sumach dobowych dochodzących w regionie tatrzańskim do 44-71 mm. W połowie dekady wyraźniejszy był wpływ ośrodka wyżowego z centrum na południowym wschodzie i nad Europą środkową, a następnie zatoki niskiego ciśnienia z towarzyszącym jej frontem atmosferycznym. Okresami obserwowane były adwekcje mas powietrza zwrotnikowego, a także burze atmosferyczne i intensywne opady, na Pomorzu lokalnie przekraczające wartość 50 mm. W ostatnich trzech dniach dekady nad Polską dominował wyż z centrum nad Europą środkową. Na uwzględnionych stacjach najwyższe dobowe sumy odnotowano na północy, gdzie przekraczały one 20 mm. Takie opady wystąpiły 28 VII na Helu (26,5 mm) i 30 VII na Wolinie (23,3 mm), natomiast 27 VII w Łebie i 28 VII w Puszczy Boreckiej przekraczały one odpowiednio 19 mm i 18 mm. Stacje położone na Pomorzu (Wolin, Łeba, Hel), a także Gorzów Wlkp., odznaczały się również najwyższymi sumami łącznymi, które wyniosły 35-38 mm. Ponad 30 mm opad zanotowano również w Wielkopolsce – w Nagrodowicach-Kórniku. Najniższą wartość zmierzono na stacji w Szymbarku, gdzie w trzeciej dekadzie lipca spadło łącznie 4 mm opadu.

Podobnie jak w czerwcu, w lipcu najwięcej przypadków adwekcji było związanych z sektorem W. Ich średni udział wyniósł 46% i był jednocześnie o 24% niższy niż w roku 2023. Spośród pozostałych typów cyrkulacji, najwyższą częstością charakteryzowały się napływy z kierunku S, które stanowiły 33% wszystkich odnotowanych przypadków. Tym samym, przewyższały frekwencję notowaną dla lipca 2023 r. o 16%. Cyrkulacja z sektora N pojawiała się w niespełna 11% przypadków i była to częstość porównywalna z zeszłoroczną. Wyższy od notowanego przed rokiem był natomiast udział adwekcji z sektora E, którego frekwencja wyniosła 4%, przy mniej niż 1% w 2023 r. W przypadku cyrkulacji miejscowej Z, pojawiała się ona z 6% częstością, co oznaczało wzrost względem roku poprzedniego o 5%.

Pod względem opadowym omawiany miesiąc cechował się bardzo dużym zróżnicowaniem na terenie kraju. Na północy, na Helu, w Gorzowie Wlkp. i Łebie, sumy opadów zdecydowanie przewyższały wartość dla lat 2014-2023 o odpowiednio 87%, 65% i 57%, odpowiadając warunkom z klasy bardzo wilgotnych. W przypadku Leska,

nadwyżka opadów wyniosła 35%, klasyfikując lipiec jako miesiąc wilgotny. Z kolei w Legnicy i Wieluniu zanotowano opady wyższe od średnich wieloletnich o 23% i 5%, a w Raciborzu i Toruniu niższe o 7% i 14%. Tym samym warunki opadowe na tych stacjach zostały sklasyfikowane jako zbliżone do normy. Najniższe względem normy opady odnotowano w Białymstoku, gdzie stanowiły one odpowiednio 56% wartości z lat 2014-2023. Najwyższe sumy bezwzględne w lipcu stwierdzono na Pomorzu oraz w obszarach górskich. Na Wolinie i Helu suma miesięczna wyniosła 158 mm, w Lesku 147 mm, a w Łebie i Karkonoszach 118 mm i 111 mm. Wartości przekraczające 100 mm zmierzono również na zachodzie – w Gorzowie Wlkp. i NAGRADOWICACH-KÓRNIKU. Natomiast najmniej intensywne opady wystąpiły na stacjach Granica i Białystok, gdzie wyniosły odpowiednio 45 mm i 55 mm.

Pod względem termicznym lipiec był miesiącem ciepłym, z wartościami temperatury przekraczającymi normę na wszystkich rozpatrywanych stacjach. Największe odchylenia zanotowano na wschodzie. W Białymstoku średnia temperatura omawianego miesiąca była wyższa od normy o 2,1°C, a w Lesku o 1,7°C. Wyraźne anomalie, z zakresu 1,0-1,2°C stwierdzono również w Toruniu, Wolinie i Raciborzu. Warunki termiczne najbardziej zbliżone do normy występowały w regionach zachodnich i Pomorzu Gdańskim, gdzie średnia dla lipca różnicowała się od 0,3°C w Gorzowie Wlkp. do 0,6°C w Legnicy, Łebie i na Helu. Średnie odchylenie od wartości normatywnej dla wszystkich dziewięciu stacji wyniosło 1,1°C. Bezwzględne wartości temperatury powietrza były najwyższe na południowym wschodzie (Zamość, Kliszów), w centrum (Granica) i w regionach zachodnich (Wielun, Racibórz, Legnica). Średnia wartość miesięczna w Zamościu i Kliszowie wyniosła 21,4°C i 21,2°C, w Granicy 21,3°C, a w Wieluniu, Raciborzu i Legnicy odpowiednio 21,0°C, 20,9°C i 20,8°C. Wartości przekraczające 20°C stwierdzono również na siedmiu innych stacjach. Najniższą temperaturę zmierzono w najwyższych partiach gór, na Pomorzu i Mazurach. Na stacji Karkonosze średnia wartość wyniosła 13,3°C, w Łebie 18,6°C, a na Wolinie, w Puszczy Boreckiej i na Helu 19,0-19,1°C.

W omawianym miesiącu największy przychód wody z opadów zanotowano dla adwekcji z sektorów S i W (Tabela 7.7). W przypadku cyrkulacji S, średni udział wyniósł 44% i cechował się największymi wartościami w Wieluniu (68%), Białymstoku (58%) oraz na Pomorzu Gdańskim (50-55%). Minimum, wynoszące 10%, stwierdzono natomiast dla stacji w Lesku. W czasie występowania cyrkulacji W, najbardziej obfite opady występowały na południu Polski. W Legnicy ich stosunek do wartości miesięcznej osiągnął 68%, a w Lesku i Raciborzu przekraczał 62% i 54%. Z kolei w Łebie i na Helu wielkości te wyniosły odpowiednio 14% i 24%. Średni udział opadów przy adwekcji mas powietrza z W wyniósł nieco ponad 41%. Cyrkulacja N była w lipcu odpowiedzialna za niespełna 10% opadów. W tym przypadku największym udziałem, wynoszącym 27%, odznaczało się Lesko, a stosunkowo wysokie sumy zanotowano również w Gorzowie Wlkp., Helu i Toruniu (14-16%). Natomiast w Legnicy, podczas omawianego typu cyrkulacji, stwierdzono jedynie opady śladowe. Podczas cyrkulacji miejscowej Z opady na większości stacji nie występowały, jedynie w Łebie i Gorzowie Wlkp. ich udział był znaczący i wyniósł 28% i 14%. Brak opadów odnotowano również w przypadku cyrkulacji E. W tym przypadku jedynie na Helu i w Lesku zmierzono śladowe ilości opadów.

Tabela 7.7 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w lipcu. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w lipcu					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	7,5	50,3	0,0	14,1	28,1
Hel	15,3	55,3	0,1	24,1	5,1
Toruń	14,2	43,0	0,0	42,7	0,0
Białystok	1,8	58,2	0,0	40,0	0,0
Gorzów	15,9	35,2	0,0	35,2	13,7
Legnica	0,1	31,9	0,0	68,0	0,0
Wieluń	2,2	67,8	0,0	30,0	0,0
Racibórz	1,7	43,9	0,0	54,4	0,0
Lesko	27,2	10,0	0,1	62,6	0,1
<i>średnio</i>	9,5	44,0	0,0	41,2	5,2

SIERPIEŃ

Sierpień pod względem termicznym odznaczał się dodatnimi anomaliami, zaś w przypadku opadów wykazywał wyraźne zróżnicowanie na terenie kraju.

W pierwszej dekadzie sierpnia obszar Polski znajdował się w zasięgu płytkich niżów, przemieszczających się z zachodu w kierunku wschodnim oraz związanych z nimi układów frontów atmosferycznych. Układ baryczny generował napływ mas powietrza polarno-morskiego z sektora zachodniego. Obserwowane były przelotne opady deszczu o momentami silnym natężeniu, szczególnie w południowych regionach kraju. Miejscami występowały również burze atmosferyczne i opady gradu. Najwyższą sumę dobową, osiągającą 103 mm, zamierzono 8 VIII w Małopolsce na stacji Siercza, a znaczne wielkości odnotowano również 2 VIII w Trzebnicy (81,0 mm) i Stuposianach (74,8 mm). Pod koniec dekady bardziej uwidocznił się wpływ wyżu z centrum nad Francją. W przypadku stacji rozpatrywanych w opracowaniu, najwyższe opady zmierzono 2 VIII na południowym zachodzie. W Legnicy suma dobową wyniosła 53,9 mm, a w Wieluniu 39,1 mm. Wartość przekraczającą 30 mm odnotowano również 5 VIII w Lesku, zaś 2 VIII w Wiśle i 5 VIII w Jarczewie suma dobową osiągnęła 27 mm. Regiony południowe cechowały się również najwyższymi sumami łącznymi w omawianej dekadzie. W Lesku wyniosła ona 94 mm, w Legnicy 68 mm, a Wieluniu 54 mm. Ponadto, opady o wielkości całkowitej 41 mm zmierzono w Wiśle i Kliszowie. Z kolei najmniej obfite opady wystąpiły na północnym wschodzie, gdzie w Białymstoku i Puszczy Boreckiej wielkości opadów kształtowały się na poziomie 5 mm.

W drugiej połowie sierpnia pogoda początkowo była uwarunkowana działalnością ośrodków wyżowych, których układ sprzyjał napływom mas powietrza polarno-morskiego, a okresami również zwrotnikowego. Obserwowane były opady deszczu o słabym natężeniu oraz miejscami burze atmosferyczne. Od połowy dekady największy wpływ na pogodę nad Polską miały niży znad Europy zachodniej i towarzyszące im fronty atmosferyczne, których działalność skutkowałą występowaniem burz i opadów

deszczu o lokalnie nawalnym natężeniu. W dniu 18 VIII w Jeleniej Górze zanotowano rekordowo wysoką sumę dobową opadów, wynoszącą 158,3 mm. Niewiele niższą wartość zmierzono tego samego dnia w Zamościu (147,2 mm), natomiast 19 VIII w Warszawie suma dobową osiągnęła niemal 120 mm. Najwyższy poryw wiatru stwierdzono 17 VII w Raciborzu, gdzie osiągnął on 26 m/s. W przypadku stacji uwzględnionych w opracowaniu, najwyższe opady wystąpiły w centrum Polski i na południowym Polski. Na stacji Granica, w dniu 19 VIII, suma dobową wyniosła 63,8 mm, 17 VIII w Raciborzu 60,3 mm, a 16 VIII w Wieluniu 59,5 mm. W dniu 19 VIII wysokie opady odnotowano również w Karkonoszach (57,3 mm) i Jarczewie (45,2 mm). Sumy łączne opadów na wymienionych stacjach cechowały się wartościami wynoszącymi 80 mm w Karkonoszach, 76 mm w Granicy, 60 mm w Raciborzu i Wieluniu i 48 mm w Jarczewie. Z kolei w Lesku, w omawianym okresie, opady w ogóle nie występowały, a na Helu i w Toruniu łączna suma nie osiągnęła 1 mm.

W pierwszym dniu ostatniej dekady sierpnia pogodę nad Polską warunkowały przemieszczające się fronty atmosferyczne, związane z układem niżowym znad Skandynawii i Morza Norweskiego. Następnie, w okresie 22-24 VIII, obszar kraju znalazł się pod wpływem wyżów z centrum na wschodzie i południu Europy, których układ generował napływ mas powietrza polarno-morskiego. W regionach północnych obserwowane były słabe opady deszczu. Ośrodki wyżowe miały również największy wpływ na pogodę od połowy dekady do końca miesiąca, kiedy okresami obserwowane były napływy ciepłych mas powietrza zwrotnikowego. Przyczyniły się one do wyraźnego wzrostu temperatury powietrza, której wartość maksymalna w dniu 25 VIII w Kozienicach osiągnęła 34,6°C. Na południu Polski obserwowane były przelotne opady deszczu, a miejscami również burze, którym towarzyszyły opady o silniejszym natężeniu. Opady o ekstremalnym natężeniu wystąpiły zwłaszcza w Zamościu, gdzie w dniu 21 VIII suma dobową wyniosła aż 147,2 mm. Była to jednocześnie najwyższa wartość łączna dla trzeciej dekady. Na pozostałym obszarze najwyższe opady dobowe wystąpiły tego samego dnia w Wiśle (23,3 mm), Łebie i NAGRADOWICACH-KÓRNIKU (18,2 mm) oraz w Toruniu (15,8 mm) i Szymbarku (15,0 mm). Oprócz Zamościa, największe opady całkowite w omawianym okresie odnotowano w Wiśle i Łebie, gdzie kształtowały się w przedziale 25-26 mm. Natomiast w Kliszowie i Karkonoszach wielkość łączna nie osiągnęła 2 mm.

W sierpniu największa liczba napływów mas powietrza była związana z sektorem W. Stanowiły one średnio 43% wszystkich przypadków adwekcji, co oznaczało spadek względem roku 2023 o 10%. Dość wysoką frekwencją odznaczała się również cyrkulacja z kierunku S, która była odpowiedzialna za około 25% napływów. Jednak w porównaniu do obserwowanych dla sierpnia 2023 r. była to wielkość niższa o 9%. Wzrost częstości występowania zanotowano natomiast dla cyrkulacji N i S. Pierwszy ze wspomnianych typów pojawiał się w sierpniu z 13% częstością, o 8% wyższą niż w roku ubiegłym. Natomiast adwekcje z E stanowiły 10% wszystkich przypadków i była to wartość dwukrotnie wyższa niż przed rokiem. Najmniejszą frekwencją, kształtującą się nieco powyżej 9%, cechowała się cyrkulacja miejscowa Z, której częstość przewyższała zeszłoroczną o 6%.

W sierpniu średnia obszarowa suma opadów dla stacji synoptycznych była niższa od wartości wieloletniej o 6%, odpowiadając tym samym warunkom z klasy normalnych. Jednak wielkości opadów w stosunku do notowanych dla okresu 2014-2023 wykazywały bardzo duże zróżnicowanie. W Wieluniu stwierdzona suma miesięczna przewyższała normę ponad dwukrotnie, co było równoznaczne z warunkami skrajnie wilgotnymi. Wyraźną nadwyżkę opadów zanotowano również w Lesku, gdzie 142% normy klasyfikowało sierpień jako miesiąc wilgotny. Na Dolnym i Górnym Śląsku (Legnica, Racibórz) również wystąpiła nadwyżka, jednak jej wielkość (20% i 5%) odpowiadała klasie warunków zbliżonych do normy. Na pozostałych pięciu stacjach obserwowany był wyraźny deficyt. W przypadku Gorzowa Wlkp., Łeby, Torunia i na Helu opady w omawianym miesiącu stanowiły odpowiednio 62%, 57%, 56% i 52% normy, co było równoznaczne z warunkami suchymi. Natomiast w Białymstoku deficyt przekraczający 68% wskazywał na wystąpienie warunków z klasy bardzo suchych. Średnia suma miesięczna opadów w sierpniu wyniosła ponad 69 mm. W Zamościu wyniosła ona niemal 179 mm, w Wieluniu 123 mm, a w Granicy i Karkonoszach 113-114 mm. Opady przekraczające 100 mm zmierzono również w Lesku. Najmniejszymi wartościami charakteryzowały się natomiast regiony położone w Polsce północnej, zwłaszcza na północnym wschodzie. W Puszczy Boreckiej i Białymstoku wielkości miesięczne wyniosły odpowiednio 15 mm i 21 mm. Natomiast na Helu oraz w Toruniu i Gorzowie Wlkp. zawierały się w przedziale 31-34 mm.

Sierpień, w porównaniu do lat 2014-2023, był miesiącem ciepłym ze średnim odchyleniem od normy wynoszącym 1,0°C. Największą anomalię, spośród rozpatrywanych dziewięciu stacji synoptycznych, zanotowano w Białymstoku, gdzie stwierdzona wartość przekraczała normę o 1,7°C. Odchylenia rzędu 1,0-1,3°C wystąpiły również w Raciborzu, Lesku i Gorzowie Wlkp. Natomiast najniższą temperaturą względem wartości dla lat 2014-2023 zmierzono na Pomorzu, w Łebie i na Helu, gdzie średnia dla sierpnia przekraczała normę o 0,4-0,5°C. Pod względem wartości bezwzględnych, średnia temperatura, obliczana na podstawie danych z dwiętnastu stacji, wyniosła 19,8°C. Wartość najwyższą odnotowano z w Raciborzu, gdzie przekroczyła ona 21°C. Na innych stacjach reprezentujących zachód Polski, w Legnicy, Wieluniu i Gorzowie Wlkp., temperatura była również wysoka i różnicowała się w przedziale 20,8-20,9°C. Z kolei w centrum kraju (Granica), na Mazurach (Puszcza Borecka) i Pomorzu Gdańskim (Łeba) wartości były najniższe i kształtowały się poniżej 19°C. W szczytowej części Karkonoszy średnia temperatura sierpnia wyniosła 14,6°C.

W sierpniu średnio połowa zmierzonych sum opadów była związana z napływami mas powietrza z sektora W (Tabela 7.8). Najwyższe sumy dla tego typu cyrkulacji odnotowano na obszarze obejmującym Ziemię Lubuską, Kujawy i Pomorze Gdańskie, gdzie udział opadów różnicował się od 68-78% w Łebie i na Helu do ponad 80% w Toruniu i Gorzowie Wlkp. Natomiast na południu Polski wielkości te były najniższe i w Lesku oraz Raciborzu osiągnęły 19-21%. Niespełna 25% opadów zostało zmierzonych podczas adwekcji mas powietrza z sektora S. Największe sumy stwierdzono w tym przypadku w Raciborzu, gdzie zmierzone opady stanowiły ponad 70% wartości ogólnej. Udział ten był również znaczący w Łebie i Białymstoku, gdzie wyniósł on odpowiednio 38% i 31%. Natomiast w Wieluniu i Toruniu opady przy omawianym typie cyrkulacji nie występowały. Cyrkulacja z sektora N była w omawianym

miesiącu odpowiedzialna za średnio ponad 21% opadów, przy czym ich wartości w stosunku do sumy całkowitej była najwyższe na południowym zachodzie i w Bieszczadach. W Wieluniu opady podczas adwekcji z N stanowiły ponad 70%, a w Legnicy i Lesku 47-49% sumy miesięcznej. Z kolei w Gorzowie Wlkp. i na Helu opady nie występowały. W przypadku cyrkulacji E i miejscowej Z na większości stacji opadów nie stwierdzono. Średni udział opadów dla sektora E wyniósł mniej niż 1% i był najwyższy w Wieluniu (3%). Natomiast najwyższe opady podczas występowania cyrkulacji miejscowej Z odnotowano w Lesku (20%) i Toruniu (11%).

Tabela 7.8 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w sierpniu. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w sierpniu					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	1,5	30,9	0,0	67,7	0,0
Hel	0,0	21,6	0,0	78,4	0,0
Toruń	15,5	0,0	0,0	84,5	0,0
Białystok	3,8	38,3	0,0	46,9	11,0
Gorzów	0,0	11,5	0,0	88,5	0,0
Legnica	46,8	29,6	0,2	23,2	0,1
Wieluń	74,8	0,0	3,2	21,8	0,2
Racibórz	1,9	77,4	1,7	18,9	0,1
Lesko	48,9	11,4	0,0	19,6	20,0
<i>średnio</i>	<i>21,5</i>	<i>24,5</i>	<i>0,6</i>	<i>50,0</i>	<i>3,5</i>

WRZESIEŃ

Wrzesień był miesiącem ciepłym, z temperaturą przekraczającą wartości normatywne, zaś sumy opadów atmosferyczne cechowały się znacznym zróżnicowaniem.

W pierwszych dniach września Polska nadal znajdowała się w zasięgu układów wyżowych, a lokalnie również pod wpływem zatoki niżowej i frontu związanego z niżem znad Bałtyku. Występowały burze atmosferyczne, którym towarzyszyły opady atmosferyczne – najwyższe w dniu 2 IX w Jeleniej Górze (51,2 mm). W dniach 3-8 IX warunki pogodowe były uwarunkowane działalnością wyżu znad Rosji oraz niżami z centrum na zachodzie, co okresami sprzyjało adwekcjom mas powietrza zwrotnikowego z sektora południowego. Na terenie Polski występowała pogoda upalna, wartości temperatury maksymalnej w regionach południowych i zachodnich przekraczały 30°C. Najwyższą wartość, 33,5°C, odnotowano 3 IX w Legnicy. W regionach tych występowały również przelotne opady deszczu, a miejscami również burze atmosferyczne. Pod koniec dekady Polska znalazła się w zasięgu niżu znad Europy zachodniej i Alp oraz związanych z nimi układów frontów atmosferycznych. Przejściowo, zwłaszcza na wschodzie, zaznaczył się również wpływ klina wyżowego. Najwyższe sumy dobowe opadów zmierzono 9 IX w regionach górskich (48,2 mm w Dolinie Pięciu Stawów i 40,7 mm w Kowarach) oraz na Pomorzu Zachodnim (31,8 mm na Wolinie).

W tym samym dniu w najwyższych partiach gór stwierdzono również wysokie porywy wiatru (35 m/s na Kasprowym Wierchu). W przypadku stacji uwzględnionych w analizie, najwyższe sumy opadów w tym dniu odnotowano na południu i południowym zachodzie. W Karkonoszach, Wiśle i Legnicy wyniosły one odpowiednio 21,3 mm, 19,4 mm i 17,3 mm, a w Wieluniu i Raciborzu ponad 12 mm. Znaczną ilość, przekraczającą 14 mm, zmierzono ponadto 10 IX w Puszczy Boreckiej. Sumy łączne na stacjach Karkonosze i Wisła osiągnęły 30 mm i 27 mm, a w Legnicy ponad 20 mm. Natomiast najmniej intensywne opady były obserwowane na Wolinie, Helu i w Zamościu, gdzie kształtowały się w przedziale 2-4 mm.

Na początku drugiej dekady września Polska znalazła się pod wpływem niżu, który przemieszczał się znad Zatoki Genueskiej w kierunku północno-wschodnim. Obszar kraju znajdował się w jego zasięgu do 16 IX. Działalność niżu i związanych z nim frontów przyczyniła się do wystąpienia ekstremalnie wysokich opadów atmosferycznych, skutkujących zjawiskami powodziowymi w Polsce południowej. Najwyższe dobowe sumy opadów zmierzono w dniach 13-14 IX, kiedy często przyjmowały one wartości przekraczające 100 mm. W pierwszym ze wspomnianych dni najwyższe sumy odnotowano na stacjach Jarnołtówek (161,5 mm), Szrenica (135,5 mm) oraz Pszczyna (107,0 mm). Natomiast 14 IX w Sudetach Wschodnich (Śnieżnik) i Beskidzie Śląskim (Ustroń–Równica–Wieś) wartości kształtowały się na poziomie 218,8 mm i 216,0 mm. W dniu 15 IX opady nadal cechowały się wysokimi sumami, a najwyższą wartość dobową (91,4 mm) zaobserwowano na stacji Mała Kopa w Karkonoszach. Jednocześnie, w dniach 14-15 IX, występowały burze atmosferyczne, a w Wielkopolsce i na Mazowszu lokalnie również trąby powietrzne. W dniu 14 IX na Śnieżce zanotowano również maksymalny poryw wiatru (45 m/s). W dniu 16 IX Polska znalazła się pod wpływem niżu znad Węgier, a od 17 IX w zasięgu wyżu, rozciągającego się od Morza Północnego do Rosji. Układ baryczny sprzyjał napływowi mas suchego powietrza polarno-kontynentalnego z sektora wschodniego. Na wschodzie i południu występowały przelotne opady, a lokalnie również burze atmosferyczne i opady gradu. Najwyższą sumę dobową w tym okresie zmierzono 16 IX na Hali Gąsienicowej (26,3 mm). W omawianej dekadzie najwyższe dobowe sumy opadów na stacjach uwzględnionych w opracowaniu zmierzono na południu Polski. W dniu 13 IX w Karkonoszach i Wiśle sumy dobowe wyniosły ponad 144 mm i 120 mm, a w Raciborzu i Legnicy 49 mm i 55 mm. Natomiast 14 IX najbardziej intensywne opady występowały w Wiśle (129 mm), Raciborzu (102 mm), Karkonoszach (98 mm) i Szymbarku (45 mm). Łączne wartości były bardzo wysokie i kształtowały się na poziomie 362 mm w Karkonoszach, 258 mm w Wiśle, 167 mm w Raciborzu oraz 94 mm w Legnicy i 84 mm w Szymbarku. Znaczne sumy (50-76 mm) zmierzono również w NAGRADOWICACH-KÓRNIKU, KLISZOWIE i Wieluniu. Natomiast na północnym wschodzie (Puszcza Borecka, Białystok) ilość opadów była najniższa i wyniosła 1-3 mm.

W trzeciej dekadzie września Polska początkowo nadal znajdowała się w zasięgu wyżu, natomiast od 23 IX największy wpływ na warunki pogodowe miały niży znad Wielkiej Brytanii, Morza Północnego i południowej Skandynawii, przemieszczające się z zachodu na wschód kontynentu, którym towarzyszyły fronty atmosferyczne. Działalność frontalna skutkowała występowaniem przelotnych opadów atmosferycznych, a miejscami również burz. Najbardziej intensywne opady odnotowano w regionie

karpackim. Suma dobowa w dniu 28 IX w Wołosatym i na Hali Gąsienicowej wyniosła odpowiednio 38,0 mm i 32,9 mm. Pod koniec dekad, w dniach 29-30 IX, Polska znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Europą środkową, którego układ sprzyjał adwekcjom chłodnych mas powietrza arktycznego i występowaniu przymrozków. Na północy oraz w centrum kraju obserwowane były przelotne opady deszczu. Najwyższe porywy wiatru w omawianej dekadzie, wynoszące 38-39 m/s, zmierzono w dniu 26 IX na Kasprzym Wierchu i 28 IX na Śnieżce. Na stacjach rozpatrywanych w opracowaniu najwyższe dobowe opady stwierdzono 27 IX w Karkonoszach oraz 29 IX w Lesku, gdzie osiągnęły 17,7 mm i 15,3 mm. Z kolei w przypadku sum łącznych, oprócz Karkonoszy (40 mm), największymi opadami odznaczały się Łeba, Lesko i Wieluń, gdzie zmierzone sumy wyniosły odpowiednio 19 mm, 16 mm i 12 mm. Natomiast najniższe sumy odnotowano na obszarze Wielkopolski i w centrum Polski, gdzie w NAGRADOWICACH-KÓRNIKU, GRANICY i JARCZEWIE kształtowały się one w zakresie 1-2 mm.

We wrześniu przeważającym typem cyrkulacji atmosferycznej był sektor S, który był odpowiedzialny za niemal 40% wszystkich przypadków adwekcji. Podobna sytuacja była obserwowana rok wcześniej, kiedy napływy z tego sektora były również najczęstsze, cechując się jednocześnie o 6% wyższą frekwencją niż w roku bieżącym. Nieznacznie niższą częstością w omawianym miesiącu charakteryzowały się napływy z E, których udział na poziomie 37% przewyższał zeszłoroczny o 29 %. Spadek częstości względem roku ubiegłego zanotowano dla cyrkulacji W. W omawianym miesiącu pojawiała się ona z niespełna 11% częstością, co było wartością niższą od zeszłorocznej o 18%. Z kolei liczba adwekcji z sektora N stanowiła 10% wszystkich przypadków i była tym samym o 1% wyższa niż we wrześniu 2023 r. Zdecydowanie najrzadziej występującym typem była cyrkulacja miejscowa Z, której udział wyniósł 2%, co oznaczało spadek względem września 2023 r. o 6%.

Sumy opadów atmosferycznych we wrześniu w odniesieniu do normy cechowały się bardzo dużym zróżnicowaniem. Największe odchylenia dodatnie, głównie z uwagi na bardzo intensywne opady w drugiej dekadzie, zanotowano na Górnym i Dolnym Śląsku, w Raciborzu i Legnicy, gdzie suma miesięczna stanowiła 276% i 225% wartości wieloletniej, co było równoznaczne z wystąpieniem warunków skrajnie wilgotnych. Znaczne odchylenie od normy, wynoszące 67%, odnotowano również w Wieluniu, co w tym przypadku oznaczało warunki z klasy bardzo wilgotnych. Natomiast w Łebie i Toruniu opady nieznacznie przekraczały (o 11%) lub były zbliżone do normy, co klasyfikowało omawiany miesiąc jako normalny. Na pozostałych czterech stacjach reprezentujących północną i wschodnią Polskę obserwowany był deficyt opadów. W przypadku Gorzowa Wlkp., Leska i Helu sumy stanowiły 73%, 65% i 62% wartości wieloletniej, co oznaczało występowanie warunków suchych. Natomiast największy niedobór stwierdzono w Białymstoku, gdzie opady na poziomie niecałych 30% normy klasyfikowały wrzesień jako miesiąc bardzo suchy. Średnia obszarowa suma opadów we wrześniu stanowiła około 125% normy, co było wartością graniczną między warunkami normalnymi i wilgotnymi. Średnia obszarowa suma we wrześniu wyniosła 93 mm, przy czym wielkości opadów w poszczególnych regionach wykazywały bardzo duże zróżnicowanie - od 16 mm w Białymstoku do ponad 431 mm w Karkonoszach. Oprócz Karkonoszy, najbardziej intensywne opady występowały na stacjach reprezentujących regiony południowe - w Wiśle, Raciborzu i Legnicy. Osiągnęły one tam

wartości przekraczające 292 mm, 185 mm i 118 mm. Na pozostałym obszarze najbardziej obfite opady zaobserwowano w Kliszowie i Szymbarku (93-95 mm) oraz Wieluniu (88 mm). Sumy z przedziału 55-61 mm zanotowano również w Łebie, NAGRADOWICACH-KÓRNIKU i Lesku. Północny wschód Polski cechował się natomiast najniższymi sumami, które w Białymstoku i Puszczy Boreckiej osiągnęły 16 mm i 19 mm.

Pod względem termicznym we wrześniu na terenie wszystkich rozpatrywanych stacji synoptycznych obserwowane były dodatnie anomalie. Średnia temperatura w tym miesiącu była wyższa od normy o 2,0°C, z największymi odchyleniami notowanymi w Białymstoku i Toruniu. W tym przypadku wyniosły one odpowiednio 4,0°C i 2,7°C. W przypadku pozostałych stacji temperatura przekraczała normę o 1,1-1,8°C, przy czym najwyższą wartość w odniesieniu do normy cechowały się Lesko (1,8°C), Wieluń i Hel (1,7°C) oraz Gorzów Wlkp. (1,6°C) i Łeba (1,5°C). Natomiast na Dolnym i Górnym Śląsku, gdzie w drugiej dekadzie miesiąca w największym stopniu zaznaczyła się pogoda związana z działalnością niżową, odchylenia były najniższe. W przypadku średnich wartości temperatury powietrza, we wrześniu najwyższe wartości były notowane na stacjach reprezentujących regiony wschodnie i północne (od 17,4°C na Wolinie do 17,5°C w Toruniu i Białymstoku). Temperatura osiągająca lub przekraczająca 17°C została również zanotowana w Kliszowie, Gorzowie Wlkp., Wieluniu, Helu i Granicy. Z kolei w regionie karpackim wartości były najniższe i wyniosły 15,0°C w Wiśle oraz 15,8-15,9°C w Szymbarku i Lesku. W szczytowych partiach Karkonoszy średnia temperatura września wyniosła 10,0°C.

Charakterystyczna sytuacja synoptyczna skutkująca wystąpieniem zjawisk powodziowych w południowej Polsce przyczyniła się do największych sum opadów obserwowanych w czasie cyrkulacji N (Tabela 7.9). Średnio stanowiły one 41% wartości ogólnej, jednak na południowym zachodzie ich udział dochodził do 79% w Raciborzu, 66% w Legnicy i 61% w Wieluniu. Natomiast w Białymstoku opadów przy adwekcji mas powietrza z N nie odnotowano. Cyrkulacja z sektora W we wrześniu odpowiadała za średnio niecałe 23% ilości opadów. Najwyższe wartości zostały w tym przypadku stwierdzone dla Białegostoku oraz położonych na zachodzie Gorzowa Wlkp. i Legnicy, gdzie wyniosły one odpowiednio 57%, 31% i 30%. Z kolei w Lesku z omawianym kierunkiem adwekcji związanych było niespełna 2% sum opadów. Średnio około 19% sum w omawianym miesiącu zostało zmierzonych podczas adwekcji z E. Największym udziałem, wynoszącym 52% i 43%, odznaczały się Lesko i Toruń, a także Gorzów Wlkp. (24%). Z kolei w Legnicy kształtował się on na poziomie niespełna 3%, zaś w Łebie opadów nie odnotowano. W przypadku cyrkulacji S, zmierzone opady stanowiły średnio 12% sumy miesięcznej i cechowały się najwyższymi sumami na północy, w Łebie i Białymstoku, gdzie ich stosunek względem wartości ogólnej wyniósł odpowiednio 32% i 27%. Na południowym zachodzie był on najniższy, osiągając w Legnicy i Raciborzu 1-2 %. Najmniejszym udziałem opadów spośród wszystkich rozpatrywanych typów cechowała się cyrkulacja miejscowa Z, która była odpowiedzialna za średnio 5% sum we wrześniu. Jednak na większości obszaru Polski opadów w czasie jej występowania nie odnotowano, a wspomniana wyżej wartość była uwarunkowana dość wysokimi opadami na północy kraju – na Helu (24%), w Toruniu (16%) i Łebie (5%).

Tabela 7.9 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji we wrześniu. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB we wrześniu					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	47,0	31,5	0,0	17,0	4,5
Hel	27,6	11,7	18,7	18,0	24,0
Toruń	18,6	11,8	43,1	10,3	16,3
Białystok	0,0	27,0	15,7	57,2	0,0
Gorzów	34,6	10,2	24,1	31,2	0,0
Legnica	66,4	0,8	2,6	30,2	0,0
Wieluń	61,3	4,1	7,9	26,7	0,0
Racibórz	78,8	1,5	9,4	10,3	0,0
Lesko	35,0	11,7	51,8	1,5	0,0
<i>średnio</i>	<i>41,0</i>	<i>12,2</i>	<i>19,3</i>	<i>22,5</i>	<i>5,0</i>

PAŹDZIERNIK

Październik pod względem termicznym był miesiącem normalnym, a w przypadku opadów atmosferycznych cechował się wyraźnym deficytem.

W dniach 1-10 X warunki pogodowe nad Polską były kształtowane przez niżę i związane z nimi fronty atmosferyczne. Układ baryczny generował napływ mas powietrza polarno-morskiego. Obserwowane były opady deszczu o słabym i umiarkowanym natężeniu, których najwyższe sumy dobowe zmierzono na stacjach Rzeczką (33,1 mm w dniu 4 X), Gdańsk-Rębiechowo (28,1 mm w dniu 3 X) oraz Ostrołęka (28,0 mm w dniu 1 X). W okresie 5-7 X obszar kraju znalazł się pod wpływem ośrodka wyżowego, którego centrum przemieszczało się od Danii w kierunku wschodnim i którego układ sprzyjał adwekcjom mas powietrza polarno-morskiego z zachodu. W tych dniach, zwłaszcza w regionach wschodnich, występowały opady o słabym i umiarkowanym natężeniu, a najwyższą wartość dobową odnotowano 5 X w Nieliszu (23,0 mm). W pozostałych dniach dekady warunki pogodowe były związane z działalnością niżów i towarzyszących im frontów atmosferycznych. Notowane były silne porywy wiatru, dochodzące w dniach 8-9 X do 38 m/s na Kasprowym Wierchu, 31 m/s na Hali Gąsienicowej, 25 m/s w Bielsko Białej i 23 m/s w Zakopanem. W dniu 4 X w Karkonoszach oraz 3 X w Łebie i na Helu odnotowano najwyższe sumy opadów na uwzględnionych stacjach, który wyniosły odpowiednio 27,4 mm, 19,7 mm i 19,0 mm. Wysokie opady wystąpiły również 2 X Toruniu i 10 X w Lesku, gdzie przekraczały 18 mm. Najwyższe opady łączne zmierzono w Karkonoszach (65 mm), a także na Wolinie (49 mm) i w regionie karpackim – w Symbarku (45 mm) i Lesku (43 mm). Z kolei wartości nie osiągające 12 mm stwierdzono na stacjach Legnica i Granica.

W pierwszych dniach drugiej dekady obszar Polski nadal znajdował się w zasięgu ośrodków niżowych, których działalność skutkowałą występowaniem opadów atmosferycznych o słabym i umiarkowanym natężeniu, a 13 X lokalnie również burz atmosferycznych. W tym dniu zmierzono również najwyższy poryw wiatru (35 m/s

na Śnieżce), a także dość wysokie sumy dobowe opadów, dochodzące do 33 mm na Podlasiu (Tonkiele), 29 mm na Lubelszczyźnie (Terespol) i 28 mm na Pomorzu Zachodnim (Sieraków). W drugiej połowie dekady największy wpływ na warunki pogodowe miał ośrodek wyżowy, przemieszczający się z zachodu na wschód Europy. W dniach 18-19 X na zachodzie Polski zaznaczył się również przejściowo wpływ zatoki niżowej. Obserwowane były adwekcje mas powietrza polarno-morskiego oraz polarno-kontynentalnego. W regionach zachodnich lokalnie notowane były słabe opady deszczu. W Sudetach, w dniach 16-17 X, obserwowana była dość wysoka prędkość wiatru. Na Śnieżce maksymalny poryw wyniósł 36 m/s, a w Kłodzku i Jeleniej Górze 19 m/s. Najwyższe sumy dobowe opadów na rozpatrywanych stacjach dochodziły do 14 mm w Jarczewie i 12 mm w Puszczy Boreckiej i Białymstoku (13 X). Sumę wynoszącą 11,8 mm odnotowano również 11 X w Lesku. Sumy łączne opadów były wyraźnie niższe niż w pierwszej dekadzie i różnicowały się od 1,2 mm w Raciborzu i Kliszowie do 18-20 mm na Wolinie i w Puszczy Boreckiej i niemal 21 mm w Kliszowie i Białymstoku.

W ostatniej dekadzie października nad Polską dominowały układy wyżowe z centrami nad Europą wschodnią i południową, jedynie w pojedynczych dniach wyraźniejszy był udział zatoki niżowej i towarzyszących jej frontów atmosferycznych. Na początku dekady przeważające były adwekcje mas powietrza polarno-kontynentalnego, a w kolejnych dniach polarno-morskiego. Lokalnie obserwowane były opady deszczu o słabym natężeniu. W górach notowana była dość wysoka prędkość wiatru, osiągająca w porywach 28 m/s na Śnieżce (24 X) i 25 m/s na Kasprowym Wierchu (27 X). W omawianym okresie sumy opadów, zarówno dobowe jak i dekadowe, były niewielkie i znacznie niższe niż w poprzednich dekadach. Najwyższe wartości opadów dobowych, przekraczające 2 mm, odnotowano w Karkonoszach i Toruniu, zaś największe sumy łączne zmierzono na Wolinie i w Karkonoszach, gdzie kształtowały się na poziomie 4 mm. W przypadku Nagrałowic-Kórnika, Kliszowa, Legnicy, Helu, Białegostoku i Symbarku opady w ogóle nie występowały lub ich suma nie osiągała 1 mm.

W październiku największa liczba przypadków napływów mas powietrza była obserwowana w czasie cyrkulacji związanej z sektorem W i S. Pierwszy ze wspomnianych typów był odpowiedzialny za średnio 40% adwekcji, podczas gdy udział napływów z kierunku S był nieco niższy i wyniósł 39%. W porównaniu do października roku poprzedniego była to wartość o odpowiednio 25% niższa i 17% wyższa. Frekwencja pozostałych typów była zdecydowanie mniejsza niż w przypadku W i S. Cyrkulacja E cechowała się ponad 8% częstością, co względem października 2023 r. oznaczało 5% wzrost. Z kolei adwekcje mas powietrza z N odznaczały się udziałem nieco poniżej 8%, będąc tym samym o 3% częstsze niż przed rokiem. W omawianym miesiącu najrzadziej obserwowanym typem była cyrkulacja miejscowa Z, której frekwencja wyniosła niecałe 6%, o niecały 1% więcej niż w roku poprzedzającym.

Październik, w odniesieniu do normy, był najbardziej suchym miesiącem w 2024 r. Sumy miesięczne stanowiły średnio 63% wartości dla lat 2014-2023, co w świetle klasyfikacji warunków opadowych stosowanej w IMGW-PIB oznaczało warunki z klasy suchych. Jedynymi stacjami, gdzie zmierzona suma miesięczna była zbliżona do

wartości wieloletniej były Lesko i Białystok, gdzie deficyt rzędu 3% i 14% klasyfikował ten miesiąc jako normalny. W przypadku pięciu stacji, stosunek opadów miesięcznych do normy różnicował się od 52% w Gorzowie Wlkp. do 68% w Toruniu, co było równoznaczne z występowaniem warunków suchych. Największy deficyt zaobserwowano w Łebie i Legnicy, gdzie odnotowano warunki z klasy bardzo suchych, z opadami stanowiącymi odpowiednio 47% i 38% normy. Średnia obszarowa suma opadów w październiku wyniosła nieco powyżej 40 mm. Na terenie kraju najwyższymi bezwzględными wartościami charakteryzowały się Karkonosze i Wolin, z sumami 72-73 mm. Stosunkowo wysokie opady wystąpiły również w Lesku (65 mm), a także w Szymbarku i Zamościu, gdzie wielkości miesięczne przekraczały 50 mm. Najmniej intensywne opady występowały w Legnicy, gdzie suma ogólna wyniosła niespełna 17 mm. W przypadku pięciu stacji (Granica, Kliszów, Gorzów Wlkp., Racibórz, Wieluń), wielkości opadów kształtowały się w przedziale 22-29 mm.

Średnia obszarowa temperatura października przekraczała normę o $0,3^{\circ}\text{C}$, cechując się dodatnimi anomaliami na terenie ośmiu z dziewięciu rozpatrywanych stacji. Najwyższe odchylenie, osiągające $0,5^{\circ}\text{C}$, stwierdzono na Podlasiu, Kujawach i północnej części Ziemi Lubuskiej – w Białymstoku, Toruniu i Gorzowie Wlkp. Z kolei Łeba była jedyną stacją, gdzie średnia temperatura października była nieznacznie niższa (o $0,1^{\circ}\text{C}$) od notowanej dla okresu 2014-2023. Ponadto, niskie anomalie dodatnie wystąpiły w Lesku i na Helu, gdzie wyniosły one $0,1^{\circ}\text{C}$. Pod względem bezwzględnych wartości temperatury powietrza, najcieplejsze były regiony zachodnie i Pomorze. W Legnicy i na Wolinie średnia dla października kształtowała się na poziomie $11,3^{\circ}\text{C}$, w Raciborzu i Gorzowie Wlkp. $10,8-10,9^{\circ}\text{C}$, w Kórniku, Helu i Wieluniu $10,7^{\circ}\text{C}$, a w Łebie $10,3^{\circ}\text{C}$. Natomiast na stacji Karkonosze temperatura była najniższa i wyniosła $5,4^{\circ}\text{C}$. W niżej położonych obszarach najmniejsze wartości odnotowano na wschodzie, w Puszczy Boreckiej, Jarczewie i Białymstoku, gdzie średnia miesięczna wartość różnicowała się w przedziale $8,3-8,8^{\circ}\text{C}$.

W kontekście przychodu wody z opadów w październiku, najwyższe sumy zostały zmierzone podczas występowania cyrkulacji W i N (Tabela 7.10). W przypadku pierwszego z wymienionych sektorów, średni udział w sumie miesięcznej wyniósł 32% i cechował się zróżnicowanymi wartościami na poszczególnych stacjach. Najbardziej obfite opady w czasie adwekcji z tego kierunku zostały zaobserwowane w Białymstoku i Gorzowie Wlkp., gdzie stanowiły 49% i 46% wartości ogólnej. Minimalny udział odnotowano natomiast dla stacji Lesko, gdzie osiągnął on 18%. Opady w czasie cyrkulacji N stanowiły średnio 22% wielkości miesięcznej i były najwyższe na Pomorzu oraz w Bieszczadach. W Łebie i na Helu ich stosunek do sumy miesięcznej przekraczał 56% i 42%, a w Lesku 47%. Z kolei w Lesku i Toruniu opady przy omawianym kierunku adwekcji nie występowały lub nie osiągały 1 mm. Kolejnymi pod względem przychodu wody typami cyrkulacji były sektor E oraz cyrkulacja miejscowa Z, które w październiku odpowiadały za średnio 16% sum. Wartości opadów podczas adwekcji z E cechowały się znacznym zróżnicowaniem przestrzennym. W przypadku Białegostoku i Gorzowa Wlkp. opadów nie stwierdzono, natomiast w Wieluniu, Raciborzu i Lesku ich udział kształtował się w przedziale 30-32 %. Jeszcze większe zróżnicowanie wystąpiło dla cyrkulacji miejscowej Z. Stacje Łeba, Hel, Racibórz i Lesko odznaczały się brakiem opadów lub opadami śladowymi, przy ponad 50% udziale obserwowanym w Toruniu

i 33% w Białymstoku i Wieluniu. W omawianym miesiącu najmniejszą ilość opadów odnotowano dla sektora S, z którym związanych było około 14% sum. W tym przypadku najwyższe wartości zanotowano w Gorzowie Wlkp. (36%) i Raciborzu (24%), a najniższe w Wieluniu, Lesku i na Helu (2-3%).

Tabela 7.10 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w październiku. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w październiku					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	56,2	14,8	4,6	24,4	0,0
Hel	42,1	3,1	29,8	25,0	0,0
Toruń	0,0	12,1	5,9	28,5	53,5
Białystok	0,8	17,8	0,0	48,7	32,7
Gorzów	11,1	36,0	0,0	45,6	7,3
Legnica	24,9	16,0	8,9	33,7	16,6
Wieluń	5,2	3,4	31,4	26,6	33,4
Racibórz	7,3	23,6	29,5	39,6	0,0
Lesko	47,4	2,3	31,7	18,2	0,5
<i>średnio</i>	<i>21,7</i>	<i>14,4</i>	<i>15,7</i>	<i>32,2</i>	<i>16,0</i>

LISTOPAD

Warunki termiczne w listopadzie cechowały wartości niższe w porównaniu do normy, natomiast w przypadku opadów atmosferycznych obserwowane było znaczne zróżnicowanie.

W pierwszej dekadzie listopada obszar kraju znajdował się pod wpływem ośrodków niżowych znad północy Europy i Rosji, a przejściowo również wyżu z centrum nad Europą środkową. Obserwowane były adwekcje ciepłych mas powietrza polarno-morskiego, które przyczyniły się do najwyższych w tym miesiącu wartości temperatury maksymalnej powietrza, przekraczającej lokalnie na południu 20°C. Występowały przelotne opady deszczu i mżawki. W górach i na wybrzeżu notowane były porywy wiatru, osiągające na Śnieżce i w Łebie 25 m/s. Od 5 XI Polska znajdowała się pod wpływem wyżów z centrum nad Europą środkową i wschodnią. W tym czasie obserwowane były słabe opady deszczu i mżawki. Opady atmosferyczne charakteryzowały się niewielkimi sumami. Najwyższe wartości dobowe zmierzono 1 XI na północnym wschodzie, w Puszczy Boreckiej i Białymstoku, gdzie wyniosły one 3,7 mm i 2,1 mm. Puszcza Borecka była również stacją z najwyższą sumą łączną, przekraczającą 6 mm. Na pozostałym obszarze wartości powyżej 2 mm odnotowano na Wolinie, w Karkonoszach, Wieluniu, Lesku, Gorzowie Wlkp. i Białymstoku. Najniższymi wartościami, kształtującymi się poniżej 1 mm, odznaczały się Wisła, NAGRADOWICE-KÓRNIK, Łeba, Racibórz i Szymbark.

W dniach 11-20 XI nad Polską początkowo nadal przeważały ośrodki wysokiego ciśnienia z centrum nad Rosją, a następnie znad Atlantyku i Europy zachodniej. Jedynie w dniach 13-14 XI przejściowo zaznaczył się wpływ zatoki niżowej z północy Europy.

Obserwowane były opady deszczu, deszczu ze śniegiem oraz śniegu. W dniach 17-18 XI pogodę nad Polską warunkował niż znad Finlandii i północnej Rosji i związany z nim front atmosferyczny. Notowane były opady deszczu, deszczu ze śniegiem oraz śniegu.

Na Pomorzu lokalnie występowały również burze, którym towarzyszyły opady atmosferyczne o większym natężeniu, osiągające sumy dobowe na poziomie 37,8 mm (18 XI w Izbicy) i 32,8 mm (17 XI w Łęborku). W tych dniach na Śnieżce odnotowano porywy wiatru dochodzące do 30 m/s. W ostatnich dwóch dniach dekady przez Polskę przemieszczał się niż wraz z układem związanych z nim frontów atmosferycznych. Na terenie kraju obserwowane były opady deszczu, deszczu ze śniegiem, śniegu, a na północy miejscami również burze. Najwyższe sumy dobowe odnotowano w dniu 19 XI w Sudetach (57,7 mm w Przesiece i 55,3 mm w Kamienicy) oraz 20 XI w Bieszczadach (30,7 mm w Wetlinie). W przypadku stacji uwzględnionych w opracowaniu, największe opady wystąpiły 20 XI w Karkonoszach i 18 XI w Łebie, kiedy sumy dobowe osiągnęły odpowiednio 36,6 mm i 32,5 mm. Na pozostałych stacjach najbardziej intensywne opady wystąpiły 19 XI w Toruniu, Gorzowie Wlkp. i na Helu, gdzie różnicowały się w przedziale 12-14 mm. Zdecydowanie najwyższe sumy łączne, przekraczające 70 mm i 60 mm, stwierdzono w Łebie i Karkonoszach. Wyraźnie niższe wartości odnotowano w Toruniu i na Helu (25 mm), i Granicy (23 mm). Natomiast najbardziej suchymi regionami w omawianej dekadzie były Pomorze Zachodnie i Górny Śląsk, gdzie na stacjach Wolin i Racibórz wielkości całkowite opadów nie osiągały 5 mm.

W trzeciej dekadzie warunki pogodowe były początkowo warunkowane działalnością układu niżowego znad Bałtyku, a następnie niżami i towarzyszącymi im frontami atmosferycznymi, które przemieszczały się w kierunku wschodnim. Jednocześnie zaznaczał się również wpływ ośrodków wyżowych z centrum nad Bałkanami, Europą południową, środkową i wschodnią. Obserwowane były opady deszczu, mżawki, deszczu ze śniegiem oraz śniegu, a na Pomorzu lokalnie również burze. Najwyższe sumy dobowe zmierzono 28 XI w Sudetach oraz Beskidach – 38,7 mm w Jakuszycach oraz 26,5 mm w Wisłoku Wielkim. Z kolei w dniu 24 XI na Śnieżce odnotowano najwyższy poryw wiatr, wynoszący 44 m/s. W dniach 29-30 XI Polska znalazła się pod wpływem wyżu z centrum nad Europą zachodnią, który przemieszczał się w kierunku wschodnim, nad terytorium Ukrainy. Notowano adwekcje mas powietrza polarno-morskiego, a także opady deszczu, mżawki, deszczu ze śniegiem, a w obszarach górskich również śniegu. W górach, dnia 29 XI, stwierdzono również najwyższe sumy dobowe opadów (w 33,1 mm Wiśle-Jaworniku 29,0 mm na Kasprowym Wierchu), a także najwyższe porywy wiatru (33 m/s na Śnieżce). W dniu 21 XI na Wolinie oraz 29 XI na stacji Karkonosze odnotowano najwyższe dobowe sumy opadów spośród wszystkich rozpatrywanych stacji, wynoszące odpowiednio 23 mm i 21 mm. Wysoką wartość, dochodzącą do 14 mm, zmierzono również 21 XI w Łebie. Stacje Wolin i Karkonosze odznaczały się również najwyższymi sumami łącznymi opadów, które przekraczały 54 mm. W przypadku Łeby i Wisły wielkości te kształtowały się na poziomie 22-29 mm. W kolei na wschodzie Polski, w Zamościu, Białymstoku, Kliszowie i Szymbarku, opady były najmniej obfite i różnicowały się w przedziale 4-8 mm.

Warunki cyrkulacyjne w omawianym miesiącu cechowała przewaga adwekcji mas powietrza z sektora W, które stanowiły połowę wszystkich obserwowanych przypadków.

Jednocześnie występowały one o 2% częściej niż w listopadzie 2023 r. Drugim pod względem częstości napływów sektorem był kierunek S, z którym związanych było średnio niecałe 20% adwekcji. W porównaniu do roku ubiegłego była to wartość o 6% niższa. Tendencję spadkową zaobserwowano również dla cyrkulacji N. W listopadzie jej udział wyniósł 17%, podczas gdy w roku poprzednim cechowała się ona częstością dochodzącą do 19%. Z kolei cyrkulacja z sektora E stanowiła ponad 8% wszystkich przypadków i była to frekwencja o 5% wyższa niż zeszłoroczna. Wzrosła również częstość cyrkulacji miejscowej Z. W roku bieżącym wyniosła ona nieco ponad 5% i była wyższa niż przed rokiem o 2%.

Wielkości opadów atmosferycznych oraz ich udział względem normy cechowały się w listopadzie bardzo wyraźnym zróżnicowaniem. Średnia obszarowa suma opadów była niższa od normy o 4%, co klasyfikowało omawiany miesiąc jako normalny. Jednak na terenie kraju stosunek opadów miesięcznych do wartości normatywnej różnicował się od 61% do 161%. Najbardziej obfite opady względem normy wystąpiły w Łebie (161%), gdzie stwierdzona suma odpowiadała warunkom bardzo wilgotnym. Na obszarze położonym w centralno-zachodniej części Polski, obejmującym Ziemię Wieluńską (Wieluń), północną część Ziemi Lubuskiej (Gorzów Wlkp.) i Kujawy (Toruń), listopad został sklasyfikowany jako miesiąc normalny, z sumami stanowiącymi 104-117% wartości wieloletniej. Warunki z klasy normalnych odnotowano również w Legnicy, choć w tym przypadku wystąpił 22% deficyt. Na pozostałych czterech stacjach zmierzone sumy opadów kształtowały się na poziomie 73% (Hel), 67% (Białystok), Lesko (65%) i 61% (Racibórz) normy i były równoznaczne z warunkami suchymi. Średnia obszarowa suma opadów w listopadzie wyniosła 39,8 mm. Najwyższe wielkości bezwzględne odnotowano w Karkonoszach i Łebie, gdzie wyniosły one 118 mm i 101 mm. Ponadto, sumę 62 mm odnotowano na stacji Wolin, natomiast na pozostałym obszarze opady były wyraźnie mniejsze. Jedynie w Puszczy Boreckiej Toruniu i na Helu przekraczały one 40 mm. Najmniej obfite opady spadły na Górnym Śląsku i w regionach wschodnich. W Raciborzu suma miesięczna wyniosła 18 mm, a w Zamościu i Kliszowie kształtowała się poniżej 20 mm.

Warunki termiczne w listopadzie na terenie całego kraju charakteryzowały się temperaturą powietrza wyraźnie niższą od wartości notowanych dla lat 2014-2023. Temperatura w omawianym miesiącu była niższa od normy o średnio 1,1°C, a największe odchylenia zanotowano na południu, w Lesku i Raciborzu, gdzie średnia wartość dla listopada była niższa od normy o odpowiednio 2,2°C i 1,8°C. Anomalie przekraczające -1°C stwierdzono również na zachodzie – w Wieluniu (-1,6°C) i Legnicy (-1,4°C). Natomiast na Podlasiu i Pomorzu Gdańskim odchylenia od wartości normatywnej były stosunkowo niewielkie i kształtowały się na poziomie -0,2°C w Białymstoku, -0,4°C na Helu i -0,5°C w Łebie. Pomorze było też najcieplejszym regionem w kontekście wartości bezwzględnych. Średnia temperatura listopada na Helu, Wolinie i w Łebie wyniosła odpowiednio 5,9°C, 5,6°C i 5,2°C, a stosunkowo wysokie w porównaniu do pozostałych regionów wartości odnotowano również w reprezentujących zachód Polski Gorzowie Wlkp., Legnicy i Kórniku (4,3-4,6°C). Oprócz Karkonoszy, gdzie średnia dobową temperaturę wyniosła 0,1°C, najchłodniejsze były regiony wschodnie i południowo-wschodnie. W Lesku, Wiśle, Jarczewie, Kliszowie, Zamościu i Szymbarku średnie wartości kształtowały się w zakresie 2,5-2,9°C.

Z uwagi na znaczną przewagę adwekcji mas powietrza z kierunku W, w listopadzie sektor ten był odpowiedzialny na najwyższe sumy opadów (Tabela 7.11). Średnio stanowiły one 2/3 wartości miesięcznej i cechowały się najwyższym udziałem w Toruniu i Lesku, gdzie przekraczał on 80-90%. Najniższe opady dla omawianego typu cyrkulacji stwierdzono na Helu, gdzie ich wielkość kształtowała się na poziomie 35%. W przypadku sektora N, zmierzona ilość opadów stanowiła średnio 15% sumy miesięcznej i cechowała się dość wyraźnym zróżnicowaniem. Na południowym zachodzie, w Raciborzu, Legnicy i Wieluniu, opady były najwyższe i stanowiły odpowiednio 33%, 27% i 25% wartości ogólnej. Natomiast w Lesku i Toruniu stwierdzona ilość była najniższa i kształtowała się w zakresie 5-6%. Średni udział opadów zmierzonych w czasie występowania cyrkulacji S wyniósł 14%. Najwyższe opady wystąpiły w tym przypadku na północy Polski – w Gorzowie Wlkp., na Helu i w Białymstoku, gdzie stanowiły odpowiednio 35%, 31% i 28% sumy miesięcznej. Z kolei na Kujawach (Toruń) oraz Górnym i Dolnym Śląsku (Racibórz, Legnica) odnotowano wartości minimalne, zawierające się w przedziale 2-3%. Średni udział opadów obserwowanych dla cyrkulacji miejscowej Z wyniósł niecałe 4%, przy czym były one notowane jedynie dla stacji Hel, Łeba, Toruń i Lesko. Największe wartości stwierdzono na Pomorzu Gdańskim - w Łebie i na Helu wyniosły one 25% i 6%. W przypadku cyrkulacji E, dla większości obszaru Polski opadów nie stwierdzono, jedynie w Wieluniu, Legnicy i na Helu zmierzone sumy stanowiły 1-2% wielkości całkowitej.

Tabela 7.11 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w listopadzie. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w listopadzie					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	9,5	11,3	0,0	72,7	6,4
Hel	8,1	31,0	1,2	35,2	24,5
Toruń	4,5	2,2	0,0	92,5	0,7
Białystok	15,8	28,5	0,0	55,8	0,0
Gorzów	7,2	35,1	0,0	57,7	0,0
Legnica	27,1	3,3	0,8	68,8	0,0
Wieluń	24,9	6,5	2,1	66,5	0,0
Racibórz	33,1	3,3	0,0	63,5	0,0
Lesko	5,6	6,3	0,0	87,4	0,7
<i>średnio</i>	<i>15,1</i>	<i>14,2</i>	<i>0,5</i>	<i>66,7</i>	<i>3,6</i>

GRUDZIEŃ

Grudzień był pod względem termicznym miesiącem ciepłym, natomiast warunki opadowe były przeważnie niższe od normy.

W dniach 1-10 XII obszar kraju początkowo znajdował się w zasięgu wyżu nad Ukrainy, a od 3 XII pod wpływem ośrodków niżowych z centrum na północy i zachodzie Europy i związanych z nimi frontów. Na terenie Polski notowane były opady deszczu, mżawki, deszczu ze śniegiem, a w górach również śniegu. Sumy dobowe miejscami

na Pomorzu przekraczały 20 mm (3 XII w Rozewiu). W górach występował silny wiatr, który w dniu 6 XII w porywach osiągał 33 m/s na Śnieżce, 29 m/s na Kasprowym Wierchu i 24 m/s w Kłodzku i na Hali Gąsienicowej. Od 8 XII największy wpływ na warunki pogodowe nad Polską miały układy niżowe znad Europy zachodniej, Włoch i Bałkanów, a w ostatnim dniu dekady rozległy wyż znad Wielkiej Brytanii. Występowały opady deszczu, mżawki, deszczu ze śniegiem, a w górach i na południowym wschodzie również śniegu. W przypadku stacji uwzględnionych w opracowaniu, najwyższe opady wystąpiły w dniu 3 XII na Pomorzu Gdańskim, gdzie sumy dobowe na stacjach Hel i Łeba osiągnęły 16,3 mm i 12,7 mm. Wartości powyżej 11 mm zanotowano ponadto 2 XII w Puszczy Boreckiej i 7 XII w Karkonoszach. Najwyższymi opadami łącznymi w omawianej dekadzie odznaczały się Karkonosze i Hel. Na tych stacjach sumy przekraczały 39 mm i 33 mm. W Łebie, Toruniu, Legnicy i Puszczy Boreckiej wielkości te kształtowały się w przedziale 14-17 mm. Z kolei w Białymstoku opady były najniższe i wyniosły łącznie nieco powyżej 1 mm.

Na początku drugiej dekady grudnia Polska nadal znajdowała się pod wpływem wyżu znad Wysp Brytyjskich, którego układ sprzyjał okresowym adwekcjom chłodnych mas powietrza arktycznego z sektora północnego. Jego obecność skutkowałą niskimi wartościami temperatury powietrza, której minimalne dobowe wielkości odnotowano w dniach 12-14 XII na Hali Gąsienicowej ($-12,2^{\circ}\text{C}$), w Zakopanem ($-10,7^{\circ}\text{C}$) i Jeleniej Górze ($-9,0^{\circ}\text{C}$). W okresie 14-20 XII obszar kraju był pod wpływem niżów znad Skandynawii, Finlandii i północnej Rosji oraz towarzyszących im frontów atmosferycznych. Przejściowo zaznaczał się również wpływ klina wyżowego z południowego wschodu oraz wyżu znad Bałkanów. Występowały opady deszczu, deszczu ze śniegiem oraz śniegu. Najwyższe dobowe sumy opadu odnotowano 16 XII na stacji Ostrzyce-Brodnica Górna (31,3 mm), w Kaszunach (28,7 mm) i Sępólnie Wielkim (27,5 mm). Okres ten był również bardzo ciepły, w dniu 19 XII w Bielsko-Białej temperatura maksymalna wyniosła $15,5^{\circ}\text{C}$. Jednocześnie obserwowana była wysoka prędkość wiatru, która w porywach w obszarach górskich dochodziła do 49 m/s na Śnieżce (16 XII) i 35 m/s na Kasprowym Wierchu (19 XII). W przypadku uwzględnionych stacji, najwyższe sumy dobowe w dniu 16 XII zmierzono na stacjach Puszcza Borecka, Granica i Toruń, gdzie dochodziły do 23 mm, 20 mm i 16 mm. Ponadto, wartości z przedziału 10-12 mm odnotowano 17 XII w Zamościu i 16 XII w Jarczewie. Wspomniane wyżej stacje odznaczały się również najwyższymi sumami łącznymi. W Puszczy Boreckiej, Granicy i Toruniu wyniosły one odpowiednio 36 mm, 33 mm i 29 mm, a w Zamościu i Jarczewie 20-22 mm. Najmniej obfite opady występowały w Legnicy, gdzie wielkość łączne nie osiągnęła 1 mm.

Na początku trzeciej dekady grudnia nad Polską początkowo przeważały niży i związane z nimi fronty atmosferyczne, zaś od 23 XII największy wpływ na pogodę miał ośrodek wyżowy, rozciągający się od Zatoki Biskajskiej do Europy wschodniej. Miejscami obserwowane były opady deszczu, deszczu ze śniegiem, a w regionach południowo-wschodnich śnieg. W okresie 29-31 XII na warunki pogodowe nad Polską wpływały od północy układy niżowe wraz z towarzyszącymi im frontami, a od południa ośrodki wyżowe. Obserwowany układ baryczny sprzyjał adwekcjom mas powietrza polarno-morskiego z sektora zachodniego. Występowały opady deszczu i mżawki, zwłaszcza w północnej części kraju. W ostatnim dniu na Śnieżce odnotowano również najwyższy

poryw wiatru w omawianej dekadzie, który wyniósł 40 m/s. Stwierdzone maksymalne sumy dobowe opadów atmosferycznych nie były wysokie i osiągnęły 7,3 mm na stacji Karkonosze, 5,9 mm w Gorzowie Wlkp. i Szymbarku. W trzeciej dekadzie grudnia najwyższe wartości łączne odnotowano w Karkonoszach, gdzie przekraczały one 21 mm. Na pozostałym obszarze najintensywniejsze opady występowały na Wolinie i w Szymbarku (12-13 mm). Z kolei w Wiśle stwierdzone sumy kształtowały się poniżej 1 mm.

Warunki opadowe w grudniu cechowały się sumami przeważnie kształtującymi się poniżej normy. Jedynymi stacjami z niewielką nadwyżką były Toruń i Hel, gdzie wartość wieloletnia została przekroczona o 13% i 4%, co było równoznaczne z warunkami normalnymi. Taką samą klasę odnotowano dla położonych na zachodzie Wielunia i Legnicy, jednak w tym przypadku obserwowany był umiarkowany deficyt o wartości 22% i 23%. W Łebie i Gorzowie Wlkp. niedobór opadów był wyraźniejszy, a zmierzone sumy stanowiły odpowiednio 70% i 54% normy, co było równoznaczne z wystąpieniem warunków suchych. Natomiast na pozostałych stacjach (Racibórz, Lesko, Białystok) wielkości miesięczne były ponad dwukrotnie niższe niż norma i kształtowały się w przedziale warunków bardzo suchych. Średnia obszarowa suma opadów w grudniu stanowiła 68% wartości z lat 2014-2023 (warunki suche). W przypadku sum bezwzględnych, najwyższe wartości odnotowano w obszarach górskich i na północy Polski. Na stacjach Karkonosze, Puszcza Borecka i Hel osiągnęły one odpowiednio 75,5 mm, 58,3 mm i 51,0 mm, a w Łebie i Toruniu przekraczały 40 mm. Najbardziej suchymi warunkami pod względem sum bezwzględnych odznaczały się stacje reprezentująca Dolny i Górny Śląsk (Legnica, Racibórz), a także Kliszów i Wisła, gdzie wielkości miesięczne różnicowały się w przedziale 13-18 mm.

Średnia temperatura powietrza omawianego miesiąca z reguły przewyższała wartość wieloletnią, a dodatnie anomalie zanotowano na ośmiu z dziewięciu rozpatrywanych stacji. Największe odchylenia dodatnie wystąpiły na północy – na Pomorzu Gdańskim, Podlasiu i Kujawach. Na Helu i w Łebie średnia temperatura grudnia była wyższa od normy o 1,6°C, a w Białymstoku i Toruniu o 1,4°C. Z kolei południe Polski cechowało się niższymi anomaliami. Jedyną stacją z odchyleniem ujemnym była Legnica, gdzie średnia dobową wartość była niższa od normy o -0,3°C. Ponadto, niewielkie odchylenia dodatnie, kształtujące się na poziomie 0,2°C, stwierdzono w Lesku i Raciborzu. Średnio, temperatura powietrza w grudniu była wyższa od normy o 0,8°C. W kontekście wartości bezwzględnych, najcieplejszym regionem było Pomorze, gdzie średnia dla grudnia osiągnęła 4,8°C na Helu, 4,3°C na Wolinie i 4,2°C w Łebie. Wielkości kształtujące się w przedziale 3,0-3,3°C zanotowano ponadto na zachodzie i Kujawach – w Gorzowie Wlkp., Kórniku, Legnicy i Toruniu. Natomiast w regionie karpackim, w Wiśle i Lesku, średnia temperatura grudnia była najniższa i wyniosła 1,2°C i 0,8°C.

Podobnie jak w listopadzie, w grudniu największy przychód wody z opadów stwierdzono dla cyrkulacji W (Tabela 7.12). Średni udział opadów zmierzonych w czasie występowania tego typu cyrkulacji wyniósł 61% i cechował się najwyższymi wartościami w Białymstoku (ponad 80%) oraz Wieluniu i Gorzowie Wlkp. (72-73%). Natomiast najmniej opadów przy omawianym sektorze spadło na Helu, gdzie stanowiły one niecałe

23% wartości miesięcznej. W przypadku cyrkulacji S i E, udział opadów wyniósł średnio około 11%. W czasie występowania adwekcji z kierunku S, wielkości opadów różnicowały się od mniej niż 1% na Pomorzu Gdańskim (Hel, Łeba) i Dolnym Śląsku (Legnica) do 28% w Toruniu i Lesku. Natomiast najwyższymi sumami dla cyrkulacji E odznaczały się stacje reprezentujące Dolny i Górny Śląsk, Pomorze i Bieszczady. W tym przypadku stosunek opadów do wartości ogólnej różnicował się od 13% w Lesku, 15% na Helu i 17% w Raciborzu do 29% w Legnicy. Natomiast w Toruniu opady przy omawianym kierunku adwekcji nie występowały. Cyrkulacja N była w grudniu odpowiedzialna za około 5% wielkości opadów, a największym udziałem, przekraczającym odpowiednio 22% i 13%, cechowały się stacje położone na południowym zachodzie - Racibórz i Wieluń. Natomiast na Helu, w Białymstoku, Gorzowie Wlkp. i Lesku opady nie występowały bądź ich sumy stanowiły mniej niż 1% wielkości miesięcznej. Średni udział opadów notowanych dla cyrkulacji miejscowej Z wyniósł średnio 12%, przy czym był on zawyżony znacznymi sumami na Pomorzu Gdańskim (62% na Helu i 38% w Łebie). Na terenie czterech stacji (Białystok, Legnica, Wieluń, Racibórz) opady nie występowały.

Tabela 7.12 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w grudniu. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w grudniu					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	1,0	0,3	4,3	56,7	37,7
Hel	0,4	0,4	14,9	22,5	61,8
Toruń	2,7	27,6	0,0	68,5	1,3
Białystok	0,0	14,5	3,3	82,2	0,0
Gorzów	0,4	12,0	9,5	72,6	5,4
Legnica	2,3	0,6	28,9	68,2	0,0
Wieluń	13,5	6,1	6,5	73,9	0,0
Racibórz	22,0	12,9	17,4	47,7	0,0
Lesko	0,8	28,0	13,4	56,3	1,5
<i>średnio</i>	<i>4,8</i>	<i>11,4</i>	<i>10,9</i>	<i>61,0</i>	<i>12,0</i>

Okres ciepły roku

Okres ciepły (IV-IX) w 2024 roku na terenie Polski cechował się temperaturą powietrza przekraczającą wartość wieloletnią, natomiast w przypadku opadów atmosferycznych obserwowane było znaczne zróżnicowanie.

Pod względem cyrkulacyjnym, podobnie jak w 2023 r., w roku 2024 najczęściej notowane były adwekcje mas powietrza z sektora W, które stanowiły niemal 34% wszystkich odnotowanych przypadków. Jednocześnie, była to wartość o około 2% niższa niż rok wcześniej. Niewiele mniejszym udziałem, wynoszącym nieco ponad 32%, odznaczała się cyrkulacja S. W porównaniu do półrocza ciepłego 2023 była to częstość o 8% wyższa. Z kolei frekwencja napływów mas powietrza z kierunku E dochodziła do 18%, będąc o 1% mniejsza niż w roku poprzedzającym. Cyrkulacja związana

z adwekcjami z kierunku N stanowiła niespełna ponad 11% przypadków, co względem półrocza ciepłego 2023 oznaczało spadek o 3%. Podobnie jak przed rokiem, najrzadziej występującym typem była cyrkulacja miejscowa Z, której średnia częstość wyniosła 5%, podczas gdy rok wcześniej była to wartość 7%.

Średnia obszarowa temperatura powietrza w okresie półrocza ciepłego przewyższała wartość wieloletnią o $1,6^{\circ}\text{C}$ i odznaczała się dodatnimi anomaliami na terenie wszystkich dziewięciu rozpatrywanych stacji. Zdecydowanie największe odchylenie od normy zaobserwowano na północnym wschodzie. W Białymstoku średnia wartość dla omawianego okresu była wyższa od stwierdzonej dla wielolecia o $2,2^{\circ}\text{C}$. W Lesku anomalia wyniosła $1,8^{\circ}\text{C}$, a w Toruniu, Wieluniu i Raciborzu kształtowała się na poziomie $1,6$ - $1,7^{\circ}\text{C}$. Na zachodzie i Pomorzu odchylenia były najniższe i różnicowały się od $1,2^{\circ}\text{C}$ w Gorzowie i na Helu do $1,3^{\circ}\text{C}$ w Łebie i $1,4^{\circ}\text{C}$ w Legnicy. Średnia bezwzględna temperatura powietrza, obliczona na podstawie danych z dziewiętnastu stacji, wyniosła $16,6^{\circ}\text{C}$. Najwyższą wartość, wynoszącą $17,6^{\circ}\text{C}$, odnotowano w Kliszowie, Wieluniu, Toruniu i Raciborzu, a niewiele niższą stwierdzono w Legnicy, NAGRADOWICACH-KÓRNIKU i Gorzowie Wlkp. ($17,4$ - $17,5^{\circ}\text{C}$). Oprócz obszarów górskich, najchłodniejszym regionem było Pomorze Gdańskie, z wartościami osiągającymi $15,6^{\circ}\text{C}$ w Łebie i $15,9^{\circ}\text{C}$ na Helu. Ponadto, niską temperaturą w porównaniu do pozostałych stacji zmierzono na północnym wschodzie i w Beskidzie Śląskim, gdzie w Puszczy Boreckiej i Wiśle wyniosła ona $16,0^{\circ}\text{C}$ i $16,2^{\circ}\text{C}$. W przypadku stacji Karkonosze, średnia temperatura półrocza ciepłego wyniosła $10,3^{\circ}\text{C}$.

Pod względem opadowym średnia obszarowa suma opadów przekraczała wartość wieloletnią o 4%, co klasyfikowało omawiany okres jako zbliżony do normy. Jednak na terenie kraju opady cechowały się wyraźnym zróżnicowaniem. Największą nadwyżkę opadów stwierdzono na południowym zachodzie, co było przede wszystkim efektem ekstremalnych opadów we wrześniu. W Raciborzu zmierzone sumy były wyższe od średnich wieloletnich o ponad 36%, a w Legnicy o 28%, co było równoznaczne z warunkami z klasy bardzo wilgotnych. Nadwyżka opadów w Wieluniu, na Helu oraz w Łebie, wynosząca 14-18%, klasyfikowała omawiane półrocze jako wilgotne, natomiast w Lesku, Gorzowie Wlkp. i Toruniu opady stanowiące 92-97% wartości wieloletniej odpowiadały warunkom zbliżonym do normy. Zdecydowanie najmniejsze wielkości odnotowano w Białymstoku, gdzie były one ponad dwukrotnie niższe względem wartości dla okresu wieloletniego, co klasyfikowało półrocze ciepłe jako okres skrajnie suchy. W przypadku sum bezwzględnych opadów, najwyższe wartości odnotowano w obszarach górskich, w Karkonoszach i Wiśle. Na wspomnianych stacjach wyniosły one odpowiednio 841 mm i 715 mm. Wysokie opady, głównie z uwagi na deszczowy wrzesień, odnotowano również w Raciborzu, gdzie suma dla półrocza ciepłego osiągnęła 505 mm. Oprócz wymienionych wyżej stacji, najbardziej intensywne opady występowały na południowym wschodzie. W Zamościu spadło łącznie 496 mm, w Lesku 482 mm, a w Szymbarku 438 mm opadu. Z kolei najniższymi sumami charakteryzowały się położone na północnym wschodzie Puszcza Borecka i Białystok, z wielkościami wynoszącymi 242 mm i 189 mm. Opady nie osiągające 300 mm zaobserwowano ponadto w Granicy i Gorzowie Wlkp.

W półroczu ciepłym największą ilość opadów stwierdzono dla adwekcji z sektora W (Tabela 7.13). Stanowiły one średnio niemal 39% wielkości ogólnej i były najwyższe na Ziemi Lubuskiej (Gorzów Wlkp.), gdzie ponad połowa zmierzonych sum była związana z tym typem cyrkulacji. Nieco niższą wartość (47%) stwierdzono dla Białegostoku, natomiast na Pomorzu Gdańskim (Łeba, Hel) opady przy adwekcji mas powietrza z W stanowiły ponad 40% ilości dla całego półrocza. Najniższe wielkości, kształtujące się na poziomie 31-33%, odnotowano na Dolnym i Górnym Śląsku (Legnica, Racibórz) oraz w Bieszczadach (34%). Opady stwierdzone dla sektora S kształtowały się na poziomie 32% sumy całkowitej i były najwyższe w Białymstoku, gdzie stanowiły 42% wartości całkowitej. Stosunkowo wysokim udziałem cechowało się też Pomorze, z udziałem wynoszącym 40% w Łebie i 33% na Helu. Ponadto, ponad 30% sum dla adwekcji z S zostało zmierzonych w Toruniu, Gorzowie Wlkp., Legnicy i Raciborzu. Natomiast w Wieluniu i Lesku, z omawianym typem cyrkulacji było związanych 24-25% opadów. W przypadku cyrkulacji N, średni udział opadów wyniósł niecałe 19% i różnicował się od nieco ponad 3% w Białymstoku do 31-32% na południowym zachodzie – w Wieluniu i Legnicy. Był on również znaczący w Raciborzu i Lesku, gdzie wyniósł odpowiednio 28% i 24%. Z kolei opady zmierzone w czasie występowania cyrkulacji E stanowiły średnio ponad 6% wartości półrocznej i odznaczały się najwyższymi sumami w Lesku (11%) oraz Toruniu i Wieluniu (ponad 8%). Natomiast w Łebie były one najniższe, a ich stosunek do wartości całkowitej kształtował się na poziomie 3%. W przypadku cyrkulacji miejscowej Z, opady stanowiły średnio 4% wielkości półrocznej, z sumami wahającymi się od 1-3% na zachodzie (Legnica, Wieluń, Gorzów Wlkp., Racibórz) i Podlasiu (Białystok) do 7-9% na Pomorzu Gdańskim (Łeba, Hel).

Tabela 7.13 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w okresie ciepłym. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w okresie ciepłym					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	10,3	39,8	3,2	40,1	6,5
Hel	10,4	33,2	5,9	41,0	9,4
Toruń	17,8	30,2	8,3	39,1	4,6
Białystok	3,3	41,8	5,6	46,6	2,8
Gorzów	10,5	31,4	5,1	50,7	2,3
Legnica	30,9	30,5	5,3	31,3	1,9
Wieluń	31,7	24,6	8,4	34,5	0,8
Racibórz	28,0	30,8	6,2	32,4	2,7
Lesko	24,3	24,3	10,8	33,2	7,4
<i>średnio</i>	<i>18,6</i>	<i>31,9</i>	<i>6,5</i>	<i>38,8</i>	<i>4,3</i>

Warunki termiczno-wilgotnościowe w półroczu ciepłym cechowały się temperaturą powietrza wyraźnie przekraczającą wartości wieloletnie oraz zróżnicowaniem opadów atmosferycznych. Najwyższa temperatura w odniesieniu do normy została stwierdzona w maju, kiedy średnie odchylenie wyniosło 2,9°C. Dodatkowo anomalie zostały odnotowane dla wszystkich miesięcy omawianego półrocza. Oprócz maja, największe

odchylenia wystąpiły w kwietniu i wrześniu ($2,0^{\circ}\text{C}$), natomiast w lipcu i sierpniu kształtowały się na poziomie $1,0\text{--}1,1^{\circ}\text{C}$. Wartość najbardziej zbliżoną do średniej wieloletniej odnotowano w czerwcu, kiedy średnia miesięczna temperatura przekraczała normę o $0,4^{\circ}\text{C}$. Sumy opadów atmosferyczne w poszczególnych miesiącach zwykle odpowiadały klasie warunków zbliżonych do normy, przy czym w kwietniu i lipcu obserwowana była dość wyraźna nadwyżka ($115\text{--}121\%$ normy). Największe odchylenie odnotowano we wrześniu, kiedy średnia suma obszarowa względem normy kształtowała się na granicy warunków normalnych i wilgotnych. W przypadku czerwca, nadwyżka wyniosła 3% , zaś w sierpniu opady były niższe od wielkości wieloletniej o 6% . Jedynym miesiącem ze znaczącym deficytem był maj, kiedy sumy opadów stanowiły średnio 66% normy (warunki suche).

Okres chłodny roku

Okres chłodny (I-III, X-XII) w 2024 roku odznaczał się wartościami temperatury zwykle przekraczającymi normę, natomiast w kontekście opadów atmosferycznych charakteryzował się zróżnicowanymi warunkami.

Warunki cyrkulacyjne w półroczu chłodnym cechowały się przewagą adwekcji z sektora W, których częstość wyniosła ponad 45% . Jednocześnie, była to wartość o 10% niższa niż w roku 2023. Podobnie jak półroczu ciepłym, drugim pod względem frekwencji typem była cyrkulacja S, z którą związanych było 27% przypadków napływów. Natomiast udział cyrkulacji N był nieco wyższy niż w okresie półrocza ciepłego i kształtował się na poziomie niecałych 14% . W porównaniu do okresu chłodnego 2023 r. częstość występowania tego typu cyrkulacji była niższa o 3% . Wzrosła natomiast częstość adwekcji z sektora E. W roku bieżącym wyniosła ona prawie 10% i była o 4% wyższa niż przed rokiem. Z kolei frekwencja cyrkulacji miejscowej Z kształtowała się poniżej 5% i przekraczała zeszłoroczną o około 1% .

W okresie chłodnym średnie wartości temperatury powietrza na terenie całego kraju przewyższały wielkości normatywne. Anomalie różnicowały się w zakresie od $0,7^{\circ}\text{C}$ do $1,3^{\circ}\text{C}$ i były najwyższe w Toruniu ($1,3^{\circ}\text{C}$), a także w Białymstoku, Wieluniu i Raciborzu, gdzie średnia dla okresu chłodnego była wyższa od normy o $1,2^{\circ}\text{C}$. W przypadku Gorzowa Wlkp. i Leska, średnie odchylenie wyniosło $1,1^{\circ}\text{C}$, a w Legnicy $1,0^{\circ}\text{C}$. Temperaturę najbardziej zbliżoną do normy odnotowano natomiast na Pomorzu Gdańskim. W Łebie i na Helu przekraczała ona średnią wartość dla wielolecia o $0,8^{\circ}\text{C}$ i $0,7^{\circ}\text{C}$. W kontekście wartości bezwzględnych temperatury powietrza, najcieplejsze były regiony położone na zachodzie Polski. W Legnicy średnia wartość dla omawianego okresu wyniosła $6,0^{\circ}\text{C}$, na Wolinie $5,9^{\circ}\text{C}$, a w Gorzowie Wlkp., Raciborzu i NAGRADOWICACH-KÓRNIKU $5,5\text{--}5,6^{\circ}\text{C}$. Z kolei najniższe wartości, poza szczytowymi piętrami gór, zanotowano na północnym wschodzie, gdzie w Puszczy Boreckiej i Białymstoku średnia temperatura osiągnęła $3,4^{\circ}\text{C}$. Wartości poniżej 4°C stwierdzono również w położonych na wschodzie Jarczewie i Zamościu. Jediną stacją spośród rozpatrywanych, cechującą się ujemną temperaturą, były Karkonosze, gdzie średnia wielkość dla okresu chłodnego wyniosła $-0,1^{\circ}\text{C}$.

Opady atmosferyczne w omawianym okresie charakteryzowały się dość dużym zróżnicowaniem. Na terenie pięciu z nich obserwowana była nadwyżka względem

wartości wieloletniej – największa na Kujawach i Pomorzu Gdańskim. W Toruniu i na Helu obserwowane wielkości opadów przekraczały normę o 22% i 14%, co klasyfikowało okres chłodny jako wilgotny. Natomiast w Łebie, a także w Lesku i Wieluniu stwierdzona suma kształtowała się na granicy warunków normalnych i wilgotnych. W Białymstoku opady były zbliżone do normy (99% średniej wieloletniej), a w Gorzowie osiągnęły wartość graniczną między warunkami suchymi i wilgotnymi. Największy deficyt wystąpił na Górnym i Dolnym Śląsku. W Raciborzu suma dla okresu chłodnego stanowiła 87%, a w Legnicy 70% normy. Tym samym, były to wartości odpowiadające warunkom z klasy suchych i bardzo suchych. Średnia obszarowa suma dla wszystkich stacji wyniosła 278 mm. Najwyższe wartości bezwzględne zmierzono w górach i na północy Polski. Łączna suma opadów w miesiącach okresu chłodnego w Karkonoszach wyniosła 678 mm, a w Puszczy Boreckiej, Łebie i Lesku 337-342 mm. Ponadto, opady przekraczające 300 mm odnotowano w Szymbarku i na Helu. Zdecydowanie najbardziej suchymi regionami były Dolny i Górny Śląsk. Wielkości opadów w Legnicy i Raciborzu osiągnęły odpowiednio 120 mm i 155 mm. Oprócz wyżej wspomnianych stacji, najniższe sumy zanotowano w Kliszowie, Wieluniu, NAGRADOWICACH-KÓRNIKU i Gorzowie Wlkp., gdzie różnicowały się one od 202 mm do 223 mm.

Przewaga adwekcji mas powietrza z W znalazła odzwierciedlenie w ilości opadów zmierzonych w czasie występowania tego typu cyrkulacji (Tabela 7.14). W omawianym okresie średnio 58% sum było związanych z napływami z tego sektora. Największym udziałem charakteryzował się obszar rozciągający się od Dolnego Śląska, przez Ziemię Lubuską i Kujawy do Podlasia, gdzie stosunek opadów do wartości całkowitej różnicował się od 61% w Toruniu do 66-69% w Legnicy, Białymstoku i Gorzowie Wlkp. Z kolei najmniej opadów przy omawianym typie cyrkulacji wystąpiło na Helu (40%) oraz w Raciborzu (45%). Sumy opadów odnotowane w czasie adwekcji z S stanowiły średnio 15% wielkości dla całego okresu i były najwyższe na Helu i w Toruniu, gdzie ich udział przekraczał 20% i 21%. Natomiast wartość najniższą, kształtującą się poniżej 10%, stwierdzono dla Legnicy. W przypadku cyrkulacji N, opady stanowiły ponad 13% sumy całkowitej i odznaczały się największym natężeniem na południu - w Raciborzu, Lesku i Wieluniu. Na tych stacjach udział opadów osiągnął odpowiednio 22%, 17% i 16%, był również stosunkowo wysoki w Łebie (15%). Z kolei opady obserwowane w czasie występowania cyrkulacji z E stanowiły średnio 6% sumy ogólnej, jednak na terenie kraju cechowały się znacznym zróżnicowaniem. Na południu, w Raciborzu i Lesku, ich wartości kształtowały się na poziomie 12-13%, zaś na północy (Toruń, Białystok, Gorzów Wlkp.) ich udział wyniósł 1-2%. Podobne zróżnicowanie zostało zaobserwowane w przypadku cyrkulacji miejscowej Z. Na Helu opady zmierzone w czasie tego typu pogody stanowiły niemal 17% sumy łącznej, przy nieco ponad 1% zanotowanym dla Leska. Średni udział opadów dla omawianego typu cyrkulacji wyniósł 7%.

Tabela 7.14 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w okresie chłodnym. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w okresie chłodnym					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	15,2	13,1	3,2	59,9	8,6
Hel	13,9	20,2	9,0	40,3	16,6
Toruń	6,6	21,2	1,7	60,7	9,9
Białystok	8,6	17,5	0,7	67,7	5,5
Gorzów	6,3	17,8	1,9	69,3	4,8
Legnica	13,8	9,7	8,1	65,6	2,8
Wieluń	16,4	11,7	7,8	58,4	5,7
Racibórz	22,0	14,6	11,5	45,1	6,8
Lesko	17,1	11,3	12,7	57,5	1,4
<i>średnio</i>	13,3	15,2	6,3	58,3	6,9

Warunki termiczno-wilgotnościowe w okresie chłodnym odznaczały się dość wysoką temperaturą powietrza oraz zróżnicowaniem sum opadów. Zdecydowanie najwyższe wartości temperatury względem notowanych dla okresu wieloletniego stwierdzono w lutym, kiedy średnia wartość dla uwzględnionych stacji przekroczyła normę aż o 4,1°C. Bardzo wysoka anomalia wystąpiła również w marcu, gdy średnia miesięczna wartość była wyższa od obserwowanej dla okresu wieloletniego o 2,6°C. Dodatnie odchylenia w okresie półrocza chłodnego odnotowano również w październiku i grudniu, jednakże w tym przypadku były one zdecydowanie niższe od wspomnianych wyżej i wyniosły 0,3°C i 0,8°C. Jedynymi miesiącami chłodniejszymi od przeciętnych były styczeń i listopad. W styczniu średnie odchylenie było nieznaczne (-0,2°C), natomiast listopad cechował się wyraźnie niższymi wartościami względem normy, ze średnią anomalią -1,1°C. Pod względem opadowym, najbardziej wilgotnym miesiącem był luty, kiedy średnia suma miesięczna ponad dwukrotnie przekraczała normę, co odpowiadało warunkom skrajnie wilgotnym. W styczniu, marcu i listopadzie wielkości opadów klasyfikowały omawiany okres jako normalny, przy czym w styczniu zaobserwowano ponad 23% nadwyżkę, a w marcu i listopadzie 4-7% deficyt. Wyraźniejszy niedobór opadów stwierdzono w październiku i grudniu, kiedy opady stanowiły 63% i 68% normy, odpowiadając tym samym warunkom z klasy suchych.

Charakterystyka warunków meteorologicznych w 2024 roku

W 2024 r., podobnie jak w poprzednich latach, największą częstością cechowały się adwekcje mas powietrza z sektora W, których średni udział wyniósł ponad 39%. Wysoka frekwencja tego typu cyrkulacji była efektem jej dużej liczby przypadków notowanych przede wszystkim w styczniu, lutym, listopadzie i grudniu, kiedy kształtowała się na poziomie 49-52%. Wartości przekraczające 45% zostały również stwierdzone w kwietniu, czerwcu oraz lipcu. Natomiast najmniejszym udziałem charakteryzowały się maj i wrzesień, kiedy adwekcje z W stanowiły 9% i 11% wszystkich odnotowanych przypadków. Średnia częstość cyrkulacji S w omawianym roku wyniosła niecałe 30%

i była najwyższa na początku jesieni i na przełomie zimy i wiosny. We wrześniu przeciętny udział dochodził do 40%, a w lutym, marcu i październiku wyniósł 38-39%. Wartości z zakresu 30-34% były ponadto obserwowane w miesiącach od kwietnia do lipca. Z kolei w zimie, w styczniu i grudniu, frekwencja była najniższa i kształtowała się na poziomie 11% i 16%. W przypadku cyrkulacji E, napływy mas powietrza z tego sektora stanowiły niespełna 14% odnotowanych przypadków i charakteryzowały się zdecydowanie najwyższą częstością w maju i wrześniu. W tych miesiącach średnia częstość przekraczała 45% i 37%. Minimum stwierdzono natomiast w lutym i kwietniu, kiedy adwekcje z E stanowiły nieco ponad 2% wszystkich przypadków. Niskie wartości, osiągające 4-8%, odnotowano również w lecie (czerwiec, lipiec) i w pozostałych miesiącach jesiennych (październik, listopad). Średnia częstość cyrkulacji N w 2024 r. wyniosła niespełna 13% i cechowała się najwyższym udziałem w styczniu, listopadzie i grudniu, kiedy wyniósł on 27% (styczeń) i ponad 17% (listopad, grudzień). W okresie półroczna ciepłego omawiany typ cyrkulacji najczęściej występował w kwietniu (14%). Z kolei luty, październik i marzec były miesiącami o najniższej frekwencji, różnicującej się w zakresie 5-9%. Zdecydowanie najmniejszą częstością cechowała się cyrkulacja miejscowa Z. Jej średni udział wyniósł 5%, zaś w przebiegu rocznym najwyższe wartości odnotowano w sierpniu (9%) i marcu (7%). Natomiast w styczniu, lutym i wrześniu przekraczał on jedynie 2%.

Pod względem termicznym rok 2024 był okresem ciepłym, ze średnią anomalią wynoszącą 1,3°C. Dodatnie odchylenia od średniej temperatury wieloletniej odnotowano dla całego kraju. Najwyższe wystąpiły na północnym wschodzie, gdzie w Białymstoku średnia temperatura przekroczyła normę o 1,7°C. Z kolei w Toruniu anomalia wyniosła 1,5°C, a w Bieszczadach (Lesko) oraz reprezentujących południowy zachód Raciborzu i Wieluniu osiągnęła 1,4°C. W Gorzowie Wlkp. i Legnicy średnie odchylenie wyniosło 1,2°C, natomiast wartości najbardziej zbliżone do normy odnotowano na Pomorzu Gdańskim. W Łebie średnia temperatura była wyższa od wartości normatywnej o 1,1°C, a na Helu o 1,0°C. Średnia obszarowa temperatura powietrza, obliczana na podstawie danych z dziewiętnastu stacji, wyniosła 10,6°C. Najcieplejsze były regiony położone w zachodniej części Polski. W Legnicy średnia wartość wyniosła 11,7°C, w Raciborzu i Gorzowie Wlkp. 11,5°C, a w NAGRADOWICACH-KÓRNIKU i Wieluniu 11,4°C. Wielkości przekraczające 11°C zanotowano ponadto na Wolinie, w Toruniu i Kliszowie. Najniższą roczną temperaturę stwierdzono natomiast na stacji Karkonosze, gdzie wyniosła ona 5,1°C. W niższych piętrach, najchłodniejsze warunki występowały na północnym wschodzie. W Puszczy Boreckiej i Białymstoku średnia dla 2024 r. kształtowała się na poziomie 9,7°C i 10,2°C. Natomiast w przypadku Wisły i Łeby wartość roczna wyniosła 10,3°C.

W przypadku opadów atmosferycznych, sumy w 2024 r. stanowiły średnio 104% wartości wieloletniej, co klasyfikowało omawiany rok jako zbliżony do normy. Na terenie czterech stacji stosunek zmierzonych opadów do wartości wieloletnich różnicował się od 112% w Łebie do 115-117% w Wieluniu i na Helu i 120% w Raciborzu, co w świetle klasyfikacji warunków opadowych stosowanej w IMGW-PIB było równoznaczne z wystąpieniem warunków z klasy wilgotnych. Dla czterech kolejnych stacji, reprezentujących Dolny Śląsk (Legnica), Kujawy (Toruń), Bieszczady (Lesko) i Ziemię Lubuską (Gorzów Wlkp.), odnotowano sumy zbliżone do normy, przy czym w przypadku

trzech pierwszych wymienionych wystąpiła niewielka nadwyżka (2-8%), a w Gorzowie Wlkp. nieznaczny niedobór opadów (8%). Zdecydowanie wyraźniejszy deficyt odnotowano w Białymstoku, gdzie zmierzona suma stanowiła 69% normy. Tym samym, 2024 r. był w tym przypadku rokiem bardzo suchym.

Średnia obszarowa suma opadów w 2024 r., obliczana na podstawie danych z dziewiętnastu stacji, wyniosła 687,9 mm. Zdecydowanie najwyższe sumy zmierzono na stacjach górskich i podgórskich. W Karkonoszach wielkość roczna wyniosła 1519 mm, w Wiśle 1005 mm, w Lesku i Szymbarku odpowiednio 819 mm i 766 mm. Ponadto, sumę wynoszącą 735 mm zanotowano w Zamościu, natomiast na Pomorzu wielkości roczne różnicowały się od 661 mm na Helu do 667 mm w Łebie i 670 mm na Wolinie. Najniższe sumy roczne zostały zmierzone na Podlasiu oraz w zachodnich i centralnych regionach Polski. W Białymstoku łączna wielkość opadów w 2024 r. wyniosła 445 mm, a w Gorzowie Wlkp., Legnicy, Granicy i NAGRADOWICACH-KÓRNIKU różnicowała się w zakresie 16-558 mm.

W zakresie przychodu wody z opadów, niemal połowa zmierzonych sum (49%) była związana z adwekcjami z sektora W (Tabela 7.15). W porównaniu do 2023 r., ilość opadu dla tego typu cyrkulacji była mniejsza o 4%. Najwyższe sumy, stanowiące 60% wielkości ogólnej, zmierzono w Gorzowie Wlkp., zaś w Białymstoku ich udział osiągnął 57%. W Łebie i Toruniu połowa ilości opadów w 2024 r. była związana z adwekcjami z tego sektora. Zdecydowanie najniższe sumy zostały natomiast zmierzone w Raciborzu, gdzie stanowiły one nieco ponad 38% wartości rocznej, co było w znacznym stopniu uwarunkowane bardzo wysokimi opadami we wrześniu, nie związanymi z omawianym typem cyrkulacji. Stosunkowo niską wartość (41%) odnotowano również na Helu. W przypadku sektora S, średni udział opadów był ponad dwukrotnie niższy (24%) w porównaniu do cyrkulacji W, a jednocześnie była to wielkość przekraczająca zeszłoroczną o 6%. Białystok był stacją charakteryzującą się najwyższymi sumami opadów, które stanowiły niemal 30% wielkości rocznej. Nieco niższe wartości, z przedziału 26-27%, zanotowano na innych stacjach reprezentujących regiony północne – w Toruniu, Łebie i na Helu. Z kolei na południu Polski udział ten był najmniejszy i różnicował się od 18% w Lesku i Wieluniu do 20% w Legnicy i 23% w Raciborzu. Cyrkulacja N w omawianym roku odpowiadała średnio za 16% ilości opadów, a największym przychodem odznaczały się regiony południowe, a zwłaszcza południowo-zachodnie. W Lesku średni udział opadów wyniósł 21%, w Legnicy 22%, w Wieluniu 24%, a w Raciborzu 25%, do czego znacznie przyczyniły się wysokie opady wrześniowe. W Białymstoku i Gorzowie Wlkp. opady były najniższe, z wielkościami wynoszącymi odpowiednio 6% i 8%. W porównaniu do 2023 r., średni przychód wody z opadów dla cyrkulacji N wzrósł o 2%. Około 6% ilości opadów zostało zmierzonych podczas napływów mas powietrza z sektora E i była to wartość o 3% niższa niż przed rokiem. Podobnie jak w przypadku cyrkulacji N, najwyższym udziałem odznaczały się stacje położone na południu. W Lesku opady stanowiły niemal 12% sumy rocznej, a w Wieluniu i Raciborzu 8-9%. Z kolei w Łebie, Białymstoku i Gorzowie Wlkp. odsetek ten wyniósł jedynie 3-4%. Z uwagi na niedużą częstość występowania, najmniejszą ilość opadów w 2024 r. odnotowano dla cyrkulacji miejscowej Z. Średni udział kształtował się na poziomie poniżej 6%, będąc porównywalnym do obserwowanego w 2023 r. W tym przypadku najintensywniejsze opady wystąpiły na północy Polski. Na Helu stanowiły one

13%, a w Toruniu i Łebie 7-8% wielkości rocznej. Natomiast na południowym zachodzie (Legnica, Wieluń) były one najniższe i wyniosły 2-3%.

Tabela 7.15 Udział sum opadów atmosferycznych [%] w zależności od kierunków adwekcji w 2024 roku. Źródło danych: IMGW-PIB

Udział sum opadów atmosferycznych [%] w ilości ogólnej dla poszczególnych kierunków adwekcji dla stacji synoptycznych IMGW-PIB w 2024 roku					
Stacja	N	S	E	W	Z
Łeba	15,2	13,1	3,2	59,9	8,6
Hel	13,9	20,2	9,0	40,3	16,6
Toruń	6,6	21,2	1,7	60,7	9,9
Białystok	8,6	17,5	0,7	67,7	5,5
Gorzów	6,3	17,8	1,9	69,3	4,8
Legnica	13,8	9,7	8,1	65,6	2,8
Wieluń	16,4	11,7	7,8	58,4	5,7
Racibórz	22,0	14,6	11,5	45,1	6,8
Lesko	17,1	11,3	12,7	57,5	1,4
<i>średnio</i>	13,3	15,2	6,3	58,3	6,9

Największy deficyt opadów w 2024 r. odnotowano w maju, październiku i grudniu, kiedy sumy miesięczne kształtowały się na poziomie 66%, 63% i 68%. Zgodnie z klasyfikacją opadową stosowaną w IMGW—PIB, były to wartości odpowiadające warunkom suchym. W maju szczególnie głęboki deficyt wystąpił w Lesku, gdzie suma miesięczna kształtowała się na granicy warunków bardzo suchych i skrajnie suchych, natomiast w Białymstoku opady stanowiące 36% normy klasyfikowały ten miesiąc jako bardzo suchy. W październiku warunki suche stwierdzono dla pięciu stacji, zaś w Łebie i Legnicy, wystąpiły warunki z klasy bardzo suchych, z opadami stanowiącymi 47% i 38% normy. Z kolei w grudniu największy deficyt odnotowano w Raciborzu oraz Białymstoku i Lesku, gdzie udział opadów w sumie miesięcznej wyniósł 41-46%, odpowiadając tym samym warunkom z klasy bardzo suchych.

Najbardziej wilgotnymi miesiącami były luty i wrzesień, ze średnimi sumami miesięcznymi stanowiącymi 217% i 125% normy. Wielkości te odpowiadały warunkom skrajnie wilgotnym oraz kształtującym się na granicy warunków normalnych i wilgotnych. W lutym opady ponad dwukrotnie przekraczające normę odnotowano na terenie pięciu stacji, reprezentujących regiony północne (Hel, Łeba, Toruń, Białystok) i południowy zachód Polski (Wieluń). Najwyższą anomalię stwierdzono na Helu, gdzie norma została przekroczona ponad trzykrotnie. Natomiast we wrześniu sumy opadów cechowały się znacznym zróżnicowaniem przestrzennym. Zdecydowanie najbardziej intensywne opady występowały na południowym zachodzie, zwłaszcza na Górnym i Dolnym Śląsku. W Raciborzu i Legnicy sumy miesięczne stanowiły 276% i 225% normy, co klasyfikowało ten miesiąc jako skrajnie wilgotny. Ponadto, warunki z klasy bardzo wilgotnych odnotowano w Wieluniu.

Przedstawiona charakterystyka warunków pogodowych na terenie Polski w 2024 r. wskazuje na znaczne zróżnicowanie przestrzenne warunków cyrkulacyjnych oraz termiczno-wilgotnościowych. Warunki termiczne charakteryzowały się przewagą

miesiący o dodatnich anomaliach termicznych, aczkolwiek w styczniu i listopadzie średnie wartości temperatury były niższe od normy. Opady atmosferyczne cechowały się zróżnicowaniem, a ich średnie sumy w poszczególnych miesiącach wahały się od wartości odpowiadających warunkom suchym do warunków skrajnie wilgotnych. W obydwu półroczach stosunek opadów do normy był porównywalny i kształtował się w przedziale warunków normalnych. Omówione wyżej warunki cechowały się znaczącym wpływem na strukturę wielkości stężeń substancji i ich ładunków wnoszonych z opadami atmosferycznymi na teren Polski.

W Załączniku nr 1 w Tabeli 40 zestawiono średnie wartości temperatury w 2024 roku z podziałem na miesiące oraz okresy ciepły i chłodny na 19 stacjach monitoringowych, w Tabeli 41 sumy opadów.

8 Ocena depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych za 2024 rok

Ocenę depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych za 2024 rok przygotowano w oparciu o zweryfikowane wyniki pomiarów stężeń, wyniki depozycji wskaźników zanieczyszczenia opadów, pH i przewodności elektrolitycznej właściwej dla 19 stacji pomiaru chemizmu opadów (opad mokry): 15 stacji pomiaru chemizmu opadów, wymienionych w punkcie 4.1 oraz 4 stacji EMEP (Puszcza Borecka, Łeba, Jarczew, Szymbark).

W przypadku wielu wskaźników zanieczyszczeń opadów otrzymane wyniki stężeń były poniżej granicy oznaczalności metodyki stosowanej w danym laboratorium. W Tabeli 8.1 zestawiono liczbę pomiarów obejmujących wyniki poniżej granicy oznaczalności w stosunku do całkowitej liczby pomiarów danego wskaźnika.

Tabela 8.1 Zestawienie liczby pomiarów obejmujących wyniki poniżej granicy oznaczalności w stosunku do całkowitej liczby pomiarów danego wskaźnika. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Wskaźnik	Liczba pomiarów poniżej granicy oznaczalności	Ogólna liczba pomiarów	% pomiarów poniżej granicy oznaczalności
SO ₄ ²⁻	1	228	0,4
Cl ⁻	4	228	1,8
Na ⁺	19	228	8,3
Ca ⁺	12	228	5,3
Mg ²⁺	4	228	1,8
K ⁺	14	228	6,1
P _{cał.}	104	204	51,0
Zn	3	192	1,6
Cu	25	192	13,0
Pb	136	192	70,8
Cd	54	192	28,1
As	139	180	77,2
Cr	176	192	91,7

Wskaźnik	Liczba pomiarów poniżej granicy oznaczalności	Ogólna liczba pomiarów	% pomiarów poniżej granicy oznaczalności
Hg	125	144	86,8
Ni	40	120	33,3
BaA	3	22	12,5
BjF	1	22	4,2
DBahA	2	22	8,3
HCB	22	22	100
α – HCH	22	22	100
β – HCH	22	22	100
γ – HCH	22	22	100

Wszystkie wyniki HCB oraz α -, β -, γ – HCH były poniżej granicy oznaczalności. Wśród wyników metali ciężkich, dla ołowiu, arsenu, chromu i rtęci ponad 70% wyników było poniżej granicy oznaczalności. Ponad 50% wyników fosforu całkowitego było również poniżej granicy oznaczalności. Pozostałe wskaźniki charakteryzowały się wynikami od 0,4% do 33,3% poniżej granicy oznaczalności. Wskaźniki takie jak: azot azotanowy, azot amonowy, azot całkowity oraz WWA: BbF, BaP, BkF i IP (nie uwzględnione w Tabeli 8.1) miały wszystkie wyniki powyżej granicy oznaczalności.

Zgodnie z informacjami zawartymi w Rozdziale 5, dla wyników poniżej granicy oznaczalności przyjęto wynik równy połowie granicy oznaczalności.

Przy tak dużej liczbie pomiarów poniżej granicy oznaczalności niektórych wskaźników, ocena depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych tymi substancjami jest obarczona dużym błędem. Niemniej, zgodnie z opisem przedmiotu zamówienia jednym z zadań do wykonania było obliczenie miesięcznych i rocznych ładunków wskaźników zanieczyszczeń, przygotowanie ich zestawień oraz przygotowanie miesięcznych i rocznych map rozkładów przestrzennych stężeń i wnoszonych z opadami ładunków. Mapy miały zostać przygotowane dla wszystkich wskaźników z wyjątkiem Ni, WWA, HCB, α, β, γ – HCH (ze względu na małą liczbę stacji, na których są badane te substancje). Żeby wywiązać się z realizacji wszystkich zadań objętych umową zostały policzone miesięczne i roczne ładunki wszystkich wskaźników, przy czym każdy wynik uwzględniający wartości stężeń równy połowie granicy oznaczalności został oznakowany i opatrzony odpowiednim komentarzem.

Analizy metali ciężkich oraz fosforu i azotu całkowitego ze stacji w Łebie były wykonywane w laboratorium IMGW-PIB. Laboratorium IMGW-PIB przyjmuje niższe progi oznaczania substancji niż laboratoria CLB GIOŚ, z których pochodzą wyniki analiz z pozostałych stacji chemizmu. Dlatego niektóre wartości stężenia z Łeby, chociaż są niższe od granic oznaczalności przyjętych dla pozostałych stacji przez CLB GIOŚ, nie zostały zaznaczone, gdyż są powyżej granic oznaczalności przyjętych w laboratorium IMGW-PIB.

8.1 Stężenia substancji w opadach atmosferycznych wraz z pomiarem przewodności w 2024 roku

Na podstawie zweryfikowanych miesięcznych wartości stężeń zanieczyszczeń przygotowano zestawienie rocznych wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń opadów mokrych, przewodności elektrolitycznej właściwej i pH opadów dla 19 stacji pomiaru chemizmu opadów za 2024 rok na podstawie wyznaczonych wartości średnich ważonych, gdzie wagą była wysokość opadu.

W roku 2024 badane parametry fizykochemiczne, w miesięcznych próbkach opadów z 19 stacji monitoringowych (Załącznik nr 1, Tabele 42-55), zestawiono w Tabeli 8.2.

Tabela 8.2 Zestawienie rocznych wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń opadów mokrych, przewodności elektrolitycznej właściwej i pH opadów dla 19 stacji pomiaru chemizmu opadów za 2024 rok. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Substancja	Jednostka	Zakresy stężeń substancji w 2024 r		Wartość średnia ważona
		MIN	MAX	
SO ₄ ²⁻	mg/dm ³	0,10**	3,89	0,87**
N_NO ₃ ⁻	mg/dm ³	0,08	1,70	0,28
Cl ⁻	mg/dm ³	0,05**	3,43	0,49**
N_NH ₄ ⁺	mg/dm ³	0,12	1,86	0,47
Na ⁺	mg/dm ³	0,03**	1,94	0,23**
Ca ²⁺	mg/dm ³	0,04**	2,34	0,32**
Mg ²⁺	mg/dm ³	0,005**	0,49	0,05**
K ⁺	mg/dm ³	0,03**	1,70	0,12**
N cał.	mg/dm ³	0,32	6,14	1,04
P cał.	mg/dm ³	0,002**	0,55	0,0187**
Zn	µg/dm ³	1,00**	66,59	7,488**
Cu	µg/dm ³	0,18**	27,21	1,764**
Pb	µg/dm ³	0,063**	4,909	0,160**
Cd	µg/dm ³	0,008**	0,727	0,0266**
As	µg/dm ³	0,091**	2,206	0,1084**
Cr	µg/dm ³	0,02	2,82	0,0923**
Ni	µg/dm ³	0,10**	1,315	0,1494**
Hg	µg/dm ³	0,005**	0,17	0,0042**
BaA	ng/dm ³	0,05**	8,01	1,59**
BaP	ng/dm ³	0,16	9,98	2,26
BbF	ng/dm ³	0,24	9,98	3,56
BjF	ng/dm ³	0,05**	10,64	3,49**
BkF	ng/dm ³	0,13	4,95	1,51
DBaH	ng/dm ³	0,05**	9,93	2,64**
IP	ng/dm ³	0,17	9,74	2,852
HCB	ng/dm ³	0,5**	0,5**	-
α-HCH	ng/dm ³	0,5**	0,5**	-

Substancja	Jednostka	Zakresy stężeń substancji w 2024 r		Wartość średnia ważona
		MIN	MAX	
β- HCH	ng/dm ³	0,5**	0,5**	-
γ – HCH	ng/dm ³	0,5**	0,5**	-
przewodność	uS/cm	2,50	35,80	10,14
pH	pH units	4,22	6,88	5,32
średnia roczna wysokość opadu (19 stacji) [mm]		688,1		

** wyniki równe połowie granicy oznaczalności w przypadku wartości MIN i MAX oraz wyniki uwzględniające wartości połowy granicy oznaczalności w przypadku średnich ważonych

- nie wyznaczono średniej ważonej ze względu na brak pomiarów powyżej granicy oznaczalności

W opisie przyjęto zasadę nie opisywania wskaźników, których ponad 25% wyników było poniżej granicy oznaczalności. W związku z tym nie opisywano: fosforu całkowitego, ołowiu, arsenu, chromu, rtęci, kadmu i niklu oraz HCB, α -, β -, γ – HCH.

Skład chemiczny opadów atmosferycznych charakteryzował się zróżnicowaniem zarówno przestrzennym jak i czasowym (Załącznik nr 1, Tabele 42-55).

Najwyższe średnie ważone stężenia analizowanych substancji w 2024 roku stwierdzono w próbkach opadów zebranych na stacjach:

- w Wolinie – siarczanów oraz magnezu;
- w Jarczewie – azotu azotanowego;
- w Łebie – chlorków, sodu, potasu, azotu całkowitego
- w Raciborzu – azotu amonowego;
- w Legnicy – wapnia oraz miedzi
- na Helu – cynku.

Na stacjach w Karkonoszach i Granicy dodatkowo analizowano zawartość WWA. Najwyższe średnie ważone stężenia analizowanych WWA wystąpiły na stacjach:

- w Karkonoszach – WWA (BaA, BbF, BjF, DBaH, IP);
- w Granicy – WWA (BaP, BkF).

Najniższe średnie ważone stężenia analizowanych substancji w 2024 roku stwierdzono w próbkach opadów zebranych na stacjach:

- w Puszczy Boreckiej – siarczanów oraz wapnia;
- w Ustroniu – azotu azotanowego;
- w Jarczewie – chlorków;
- w Łebie – azotu amonowego oraz cynku;
- w Szymbarku – sodu i potasu;
- w Raciborzu – magnezu oraz miedzi;
- na Helu – azotu całkowitego;
- w Gołuchowie – miedzi.

W przypadku pomiaru przewodności elektrycznej właściwej, maksymalną wartość - 35,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, zanotowano w opadzie średniomiesięcznym w Wolinie w marcu, a minimalną wartość - 2,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, stwierdzono w opadzie średniomiesięcznym w Gołuchowie we wrześniu i w październiku w Ustroniu.

8.2 Miesięczne i roczne ładunki wskaźników zanieczyszczeń w 2024 roku

W 2024 roku wielkości ładunków substancji (będących funkcją stężeń i wysokości opadów mokrych), wprowadzanych miesięcznie na metr kwadratowy powierzchni reprezentowanych przez 19 stacji monitoringowych (Załącznik nr 1, Tabele 56-69; Załącznik nr 2, Rysunki 1-19), mieściły się w zakresach przedstawionych w Tabeli 8.3.

Tabela 8.3 Zakresy depozycji substancji wprowadzanych w opadach atmosferycznych mokrych w cyklach miesięcznych na powierzchnie reprezentujące 19 stacji monitoringowych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Substancja	Jednostka	Zakresy depozycji substancji w 2024 r	
		MIN	MAX
SO_4^{2-}	mg/m^2	2,79**	426,70
N_NO_3^-	mg/m^2	1,60	61,60
Cl^-	mg/m^2	2,30**	265,30
N_NH_4^+	mg/m^2	2,38	131,46
Na^+	mg/m^2	0,56**	149,15
Ca^{2+}	mg/m^2	0,75**	200,12
Mg^{2+}	mg/m^2	0,286**	20,288
K^+	mg/m^2	0,76**	57,74
N cał.	mg/m^2	4,91	725,70
P cał.	mg/m^2	0,051**	17,765
Zn	mg/m^2	0,036**	6,459
Cu	mg/m^2	0,0071**	1,282
Pb	mg/m^2	0,001**	0,155
Cd	mg/m^2	0,00016**	0,01463
As	mg/m^2	0,00102**	0,1557
Cr	mg/m^2	0,00053	0,1097
Ni	mg/m^2	0,00212**	0,10362
Hg	mg/m^2	0,00004**	0,00666
BaA	ng/m^2	2,40**	807,00
BaP	ng/m^2	13,30	833,60
BbF	ng/m^2	19,90	1556,30
BjF	ng/m^2	4,10**	1660,90
BkF	ng/m^2	10,80	665,00
DBaH A	ng/m^2	4,10**	1128,60
IP	ng/m^2	14,10	1173,90
HCB	ng/m^2	-	-

Substancja	Jednostka	Zakresy depozycji substancji w 2024 r	
		MIN	MAX
α -HCH	ng/m ²	-	-
β - HCH	ng/m ²	-	-
γ – HCH	ng/m ²	-	-
średnia roczna wysokość opadu (dla 19 stacji) [mm]		688,1	

** wyniki uwzględniające stężenia równe połowie granicy oznaczalności

- nie obliczano depozycji ze względu na brak pomiarów powyżej granicy oznaczalności

Tak jak w przypadku analizy stężeń, w opisie przyjęto zasadę nie opisywania depozycji wskaźników, których ponad 25% wyników stężeń było poniżej granicy oznaczalności. W związku z tym nie opisywano: fosforu całkowitego, ołowiu, arsenu, chromu, rtęci, kadmu i niklu oraz HCB, α -, β -, γ – HCH.

Rozkład maksymalnych wielkości miesięcznych ładunków badanych substancji w roku 2024, wniesionych wraz z opadami przedstawiał się następująco (Tabele 8.4 – 8.28):

- w styczniu stwierdzono największe ładunki BaA, BaP, BbF, BkF, IP, DBaH_A;
- w lutym stwierdzono największe ładunki cynku;
- w kwietniu stwierdzono najwyższe ładunki azotu amonowego i potasu,
- w czerwcu stwierdzono największe ładunki siarczanów i wapnia;
- w lipcu stwierdzono największe ładunki azotu całkowitego i miedzi;
- w sierpniu stwierdzono największe ładunki magnezu;
- we wrześniu stwierdzono największe ładunki azotu azotanowego;
- w listopadzie stwierdzono największe ładunki jonów chlorkowych oraz sodu.

Rozkład minimalnych wielkości miesięcznych ładunków badanych substancji, wniesionych wraz z opadami przedstawiał się następująco (Tabele 8.4 – 8.28):

- w marcu stwierdzono najniższe ładunki azotu całkowitego, azotanowego i amonowego, magnezu oraz potasu;
- w maju stwierdzono najniższe ładunki miedzi;
- w czerwcu stwierdzono najniższe ładunki cynku;
- w lipcu stwierdzono najmniejsze ładunki BaP;
- w sierpniu stwierdzono najniższe ładunki siarczanów, BaA, BbF, BkF, DBaH_A i IP;
- we wrześniu stwierdzono najniższe ładunki sodu oraz wapnia;
- w listopadzie stwierdzono najniższe ładunki jonów chlorkowych.

Maksymalne wielkości średnich z miesięcznych ładunków jednostkowych większości badanych substancji zostały wniesione z opadami głównie w styczniu (dla 7 wskaźników WWA), a w następnej kolejności w kwietniu, czerwcu, lipcu

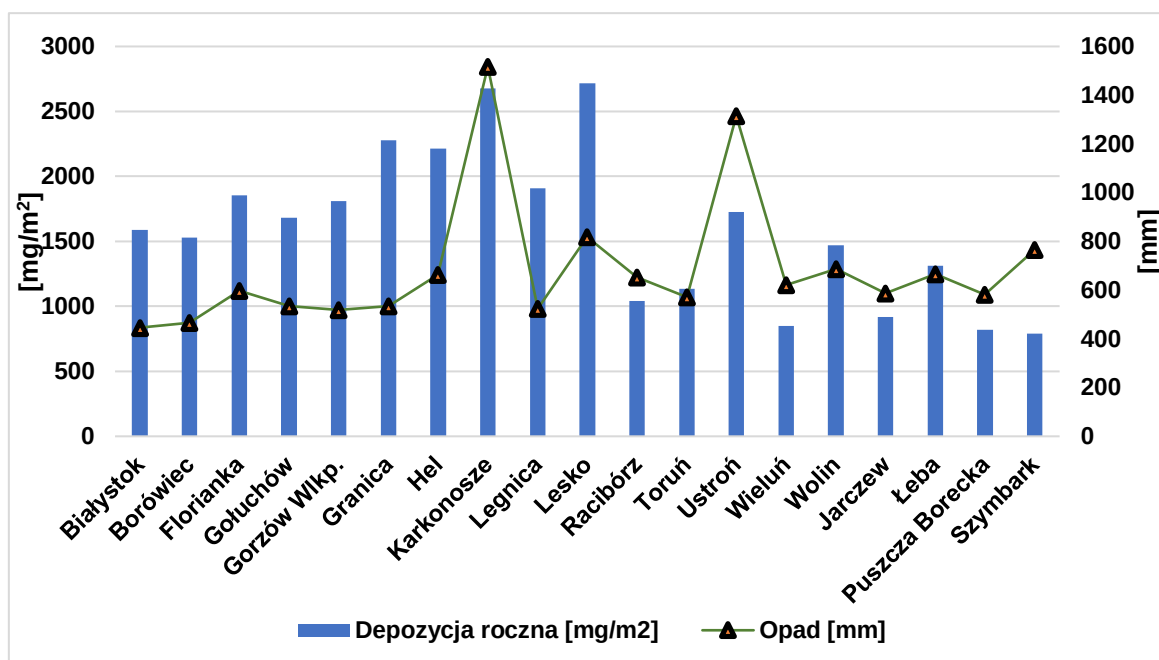
i listopadzie (dla 2 wskaźników), w lutym, sierpniu, wrześniu (dla 1 wskaźnika w każdym z wymienionych miesięcy) (Tabele 8.4 – 8.28).

Minimalne wielkości średnich z miesięcznych ładunków jednostkowych większości badanych substancji, zostały wniesione z opadami głównie w sierpniu (dla 6 wskaźników), a w drugiej kolejności w marcu (dla 5 wskaźników), we wrześniu (dla 2 wskaźników), w czerwcu i listopadzie (dla 1 wskaźnika) (Tabele 8.4 – 8.28). Minimalne wielkości średnich miesięcznych ładunków jednostkowych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zostały wniesione z opadami głównie w sierpniu (dla 6 wskaźników) oraz w lipcu (dla 1 wskaźnika).

Sezonowo (Załącznik nr 1, Tabela 70), w odniesieniu do średniej dla Polski w 2024 roku, w okresie ciepłym roku, na większości stacji monitoringowych opady charakteryzowały się wyższą koncentracją związków biogennych tj.: azotu całkowitego, azotu amonowego i azotu azotanowego, siarczanów, wapnia, magnezu i potasu, a z metali ciężkich: miedzi. W okresie chłodnym na większości stacji opady miały wyższe stężenia chlorków, a z metali: sodu oraz cynku.

Roczne obciążenie powierzchniowe terenów reprezentowanych przez stacje monitoringowe badanymi substancjami deponowanymi z opadem kształtowało się średnio na poziomie $1595,39 \text{ mg/m}^2$ (Rysunek 8.1; Załącznik nr 1, Tabela 69, Załącznik nr 2, Rysunek 20). Depozycje poniżej średniej odnotowano na dziesięciu stacjach: w Szymbarku – $792,46 \text{ mg/m}^2$, Puszczy Boreckiej – $817,9 \text{ mg/m}^2$, Wieluniu – $849,33 \text{ mg/m}^2$, Jarczewie – $916,03 \text{ mg/m}^2$, Raciborzu – $1043,47 \text{ mg/m}^2$, Toruniu – $1133,44 \text{ mg/m}^2$, w Łebie – $1312,63 \text{ mg/m}^2$, Wolinie – $1467,94 \text{ mg/m}^2$, Borówcu – $1527,05 \text{ mg/m}^2$ i Białymstoku – $1589,32 \text{ mg/m}^2$.

Na pozostałych dziewięciu stacjach obciążenie było większe od średniego. Nieznacznie większe od średniego obciążenia stwierdzono na stacji w Gołuchowie – $1682,0 \text{ mg/m}^2$ i Ustroniu – $1726,56 \text{ mg/m}^2$, a znacznie powyżej średniego: w Gorzowie Wlkp. – $1812,06 \text{ mg/m}^2$, we Floriancie – $1852,00 \text{ mg/m}^2$ oraz Legnicy – $1907,24 \text{ mg/m}^2$, Helu – $2215,71 \text{ mg/m}^2$ i Granicy – $2277,32 \text{ mg/m}^2$. Najwyższe obciążenia odnotowano w Karkonoszach – $2676,18 \text{ mg/m}^2$ i w Lesku – $2714,29 \text{ mg/m}^2$ (Rysunek 8.1; Załącznik nr 1, Tabela 69).



Rysunek 8.1 Depozycja roczna w 2024 roku na 19 stacjach monitoringowych w Polsce. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

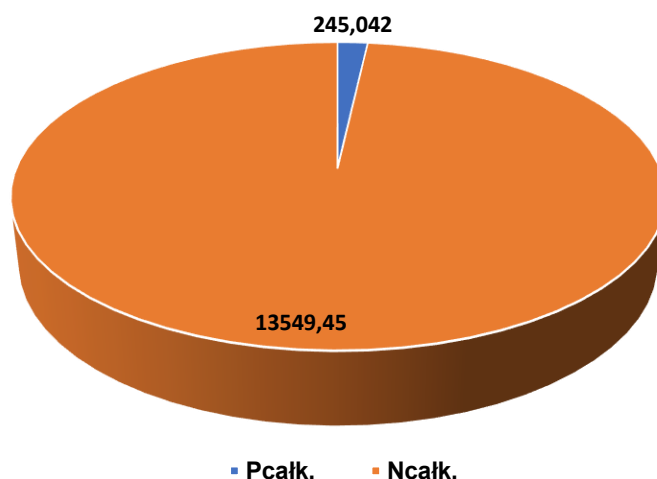
Największymi rocznymi ładunkami jednostkowymi poszczególnych substancji obciążone zostały tereny reprezentowane przez stacje:

- w Ustroniu – siarczany, azot azotanowy i amonowy, wapń;
- w Łebie – jony chlorkowe, sód, azot całkowity;
- w Wolinie – magnez oraz miedź;
- w Toruniu – potas;
- na Helu – cynk.

Najmniejsze roczne ładunki jednostkowe zanieczyszczeń stwierdzono na terenach reprezentowanych przez stacje:

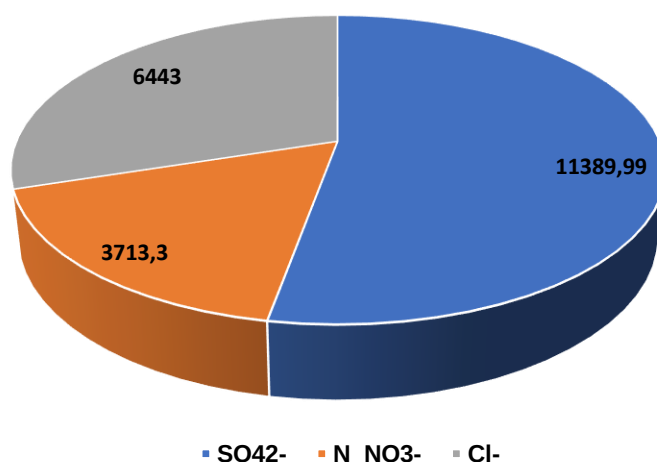
- Puszcza Borecka – siarczany, sód oraz wapń;
- w Białymstoku – cynk i miedź;
- w Legnicy – azot całkowity, azotanowy i amonowy, magnez, potas;
- w Szymbarku – jony chlorkowe.

Roczna depozycja azotu całkowitego wyniosła 13549,45 mg/m² (Rysunek 8.2). Na Rysunku 8.2 przedstawiającym depozycję związków biogennych, dla zaznaczenia, że niewielką część depozycji związków biogennych stanowi również depozycja fosforu całkowitego, uwzględniono wartość depozycji fosforu całkowitego, obliczoną z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności.



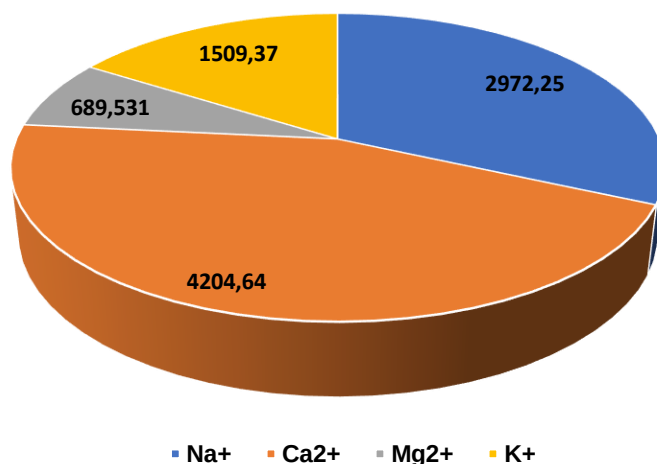
Rysunek 8.2 Roczna depozycja [mg/m²] związków biogennych w 2024 roku. Depozycja fosforu całkowitego obliczona z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Wśród związków kwasotwórczych zdecydowanie dominują siarczany (11389,99 mg/m²), a następnie jony chlorkowe (6443,00 mg/m²) i azot azotanowy (3713,3 mg/m²) (Rysunek 8.3).



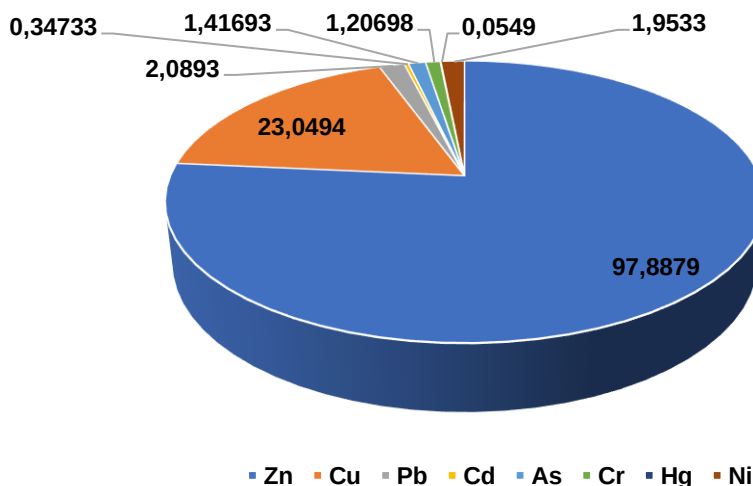
Rysunek 8.3 Roczna depozycja [mg/m²] związków kwasotwórczych w 2024 roku. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Wśród analizowanych kationów największe były ilości zdeponowanych kationów wapnia (4204,64 mg/m²), następnie sodu (2972,25 mg/m²) i potasu (1509,37 mg/m²). Najmniej natomiast zostało zdeponowanych kationów magnezu (689,531 mg/m²) (Rysunek 8.4).



Rysunek 8.4 Roczna depozycja [mg/m²] kationów w 2024 roku. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

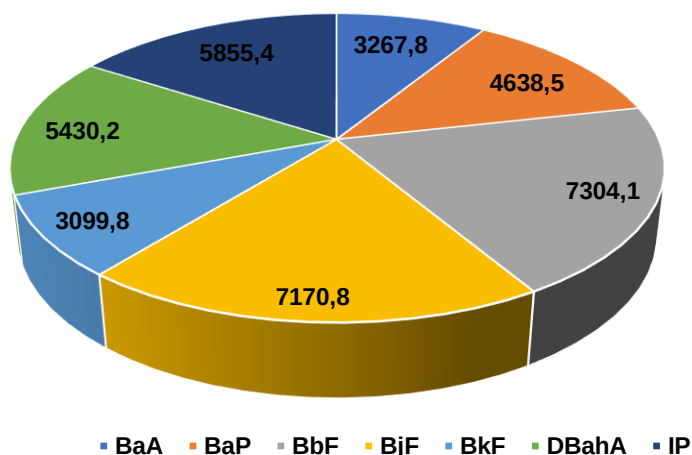
Wśród analizowanych metali ciężkich w 2024 roku największa była depozycja cynku (97,8879 mg/m²) i miedzi (23,0494 mg/m²). Na Rysunku 8.5 przedstawiającym depozycję metali ciężkich umieszczono, dla zaznaczenia, że niewielką składową depozycji stanowią również pozostałe analizowane w próbkach opadów metale, wartości depozycji ołowiu, kadmu, arsenu, chromu, rtęci i niklu obliczone z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności.



Rysunek 8.5 Roczna depozycja [mg/m²] metali ciężkich w 2024 roku. Depozycja ołowiu, kadmu, arsenu, chromu, rtęci i niklu obliczona z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

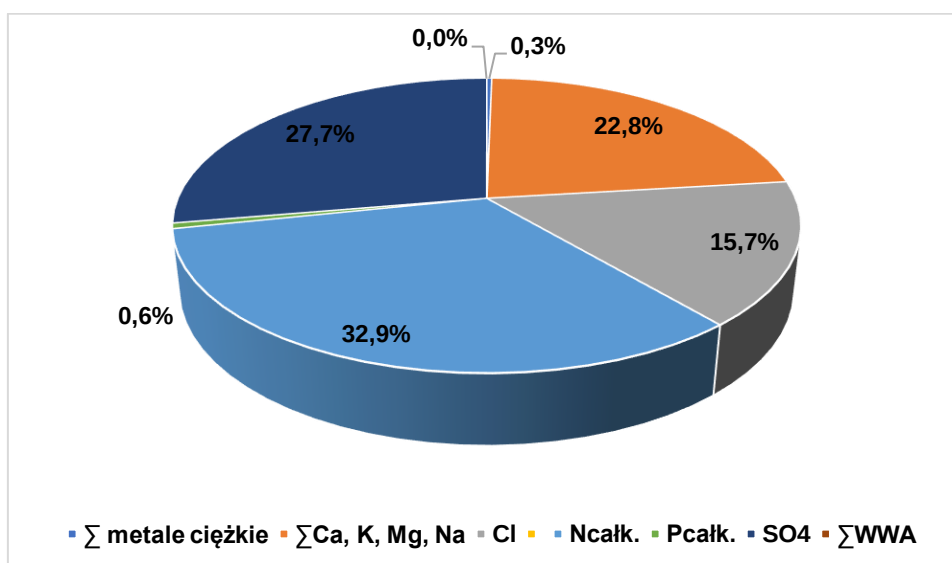
Wśród wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zdeponowanych w 2024 roku największe ładunki osiągnął benzo[b]fluoranten (BbF – 7304,1 ng/m²) oraz benzo[j]fluoranten (BjF – 7170,8 ng/m²). Następnie indeno[1,2,3-cd]piren (IP – 5855,4 ng/m²), dibenzo[a,h]antracen (DBahA – 5430,2 ng/m²) oraz benzo[a]piren (BaP – 4638,5 ng/m²). Najmniejsze ładunki wśród analizowanych WWA osiągnął

benzo[a]antracen (BaA – 3267,8 ng/m²) oraz benzo[k]fluoranten (BkF – 3099,8 ng/m²) (Rysunek 8.6).



Rysunek 8.6 Roczna depozycja [ng/m²] wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w 2024 roku

Procentowy udział poszczególnych substancji badanych w 2024 roku w sumarycznej depozycji przedstawiono na Rysunku 8.6. Największy procentowy udział wśród porównywanych wskaźników miał azot całkowity 32,9%, następnie SO₄ – 27,7% oraz suma kationów (wapnia, potasu, magnezu i sodu) – 22,8%. Zdecydowanie mniej zdeponowanych zostało jonów chlorkowych – 15,7%. Wartości poniżej 1% osiągnął fosfor całkowity (0,6%) oraz suma metali ciężkich (cynk, miedź, ołów, nikiel, arsen, chrom, kadmi oraz rtęć – 0,3%). Wartości depozycji fosforu całkowitego oraz metali ciężkich: ołów, nikiel, arsen, chrom, kadmi oraz rtęć obliczono z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności.



Rysunek 8.7 Procentowy udział poszczególnych komponentów wchodzących w skład depozycji rocznej w 2024 roku. Wartości depozycji fosforu całkowitego oraz metali ciężkich: ołów, nikiel, arsen, chrom, kadm oraz rtęć obliczono z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Tabela 8.4 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków siarczanów za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	SO ₄ ²⁻												
	mg/m ²												
Białystok	26,55	65,03	36,96	26,81	45,28	70,69	51,15	31,18	28,32	23,13	32,98	23,54	461,62
Borówiec	39,66	42,77	34,13	30,39	65,99	62,32	17,17	21,95	49,03	17	38,75	12,14	431,29
Florianka	53,99	98,12	44,35	14,07	46,73	121,1	55,93	47,87	26,39	32,16	33,09	42,91	616,74
Gołuchów	35,37	27,27	51,47	52,06	40,6	87,83	46,57	43,65	31,1	47,57	17,5	17,36	498,35
Gorzów Wlkp.	39,12	57,33	21,71	30,36	36,19	51	65,08	36	53,48	28,48	33,32	23,34	475,42
Granica	86,04	40,02	52,56	93,06	31,15	64,51	42,48	74,1	33,35	25,88	49,4	29,01	621,55
Hel	33,88	76,63	32,36	28,03	28,18	70,46	58,46	19,34	18,24	16,07	40,38	25,09	447,11
Karkonosze	99,9	193,8	63,95	62,2	55,44	56,48	85,71	33,16	150,96	33,98	55,49	69,75	960,85
Legnica	13,36	41,11	5,02	33,81	93,77	39,31	69,89	55,19	73,47	19,11	26,33	24,39	494,76
Lesko	58,62	64,89	95,49	63,96	46,1	89,37	132,7	65,98	41,73	65,93	41,29	32,63	798,65
Racibórz	22,58	47,24	44,58	41,68	55,89	169,1	113,4	42,6	138,9	25,48	24,52	24,76	750,75
Toruń	52,33	89,31	67,73	67,77	134,5	33,02	79,17	25,2	34,02	23,12	54,94	42,33	703,4
Ustroń	32,81	93,71	60,79	203,35	33,69	426,7	47,62	141,4	266,84	7,41**	83,17	17,6	1415,05
Wieluń	28,39	74,44	46,54	39,6	48,69	23,8	52,79	95,86	68,48	32,12	53,93	38,41	603,05
Wolin	28,73	57,51	42,79	89,09	81,18	126,4	98,09	140,8	48,51	67,8	67,04	80,39	928,28
Jarczew	21,75	21,8	15,06	12,28	7,43	35,68	28,2	36,42	6,79	12,82	8,57	7,8	214,6
Łeba	19,69	17,36	12,72	10,82	8,28	17,04	37,82	11,37	8,48	6,29	23,02	7,76	180,66
Puszcza Borecka	8,32	23,85	13,96	17,79	6,87	12,13	14,3	2,79	3,37	6,56	10,34	6,7	126,96

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	SO ₄ ²⁻												
	mg/m ²												
Szymbark	59,06	23,35	87,23	60,18	29,24	103,9	75,29	35,29	104,38	26,88	14,27	41,79	660,9

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.5 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków azotu azotanowego za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	N_NO ₃ ⁻												
	mg/m ²												
Białystok	12,15	22,20	10,56	12,10	10,19	6,43	11,12	7,53	4,48	11,31	12,43	8,77	129,26
Borówiec	8,48	14,26	12,08	14,15	26,24	21,12	9,33	10,42	15,32	8,00	13,75	4,39	157,51
Florianka	18,26	25,60	10,40	5,68	9,79	9,56	16,49	17,36	6,95	11,45	10,49	10,73	152,73
Gołuchów	9,17	9,74	13,16	26,60	12,12	14,08	11,91	17,46	8,64	7,25	5,60	5,38	141,10
Gorzów Wlkp.	11,11	19,77	9,47	12,27	13,42	20,06	33,06	11,58	11,08	11,56	13,26	13,30	179,94
Granica	28,26	11,71	14,67	12,88	7,97	23,18	13,69	35,34	11,91	10,53	15,95	10,58	196,68
Hel	11,62	29,10	8,37	12,83	10,29	23,01	34,76	7,80	7,41	6,43	14,45	11,78	177,83
Karkonosze	48,39	48,46	16,76	20,53	15,12	15,17	35,13	16,58	43,13	13,59	24,28	20,78	317,90
Legnica	5,41	13,84	1,57	7,84	21,28	9,83	26,12	24,53	20,15	7,46	10,80	7,27	156,08
Lesko	16,06	19,16	23,13	15,18	8,58	12,49	44,22	17,53	10,30	13,99	15,35	13,05	209,02
Racibórz	5,71	13,15	9,75	49,26	13,19	9,05	16,88	15,88	37,04	9,42	9,67	9,56	198,55
Toruń	10,56	28,17	17,33	19,65	25,31	11,70	21,87	11,09	7,78	10,20	16,97	15,39	196,00
Ustroń	9,90	26,30	12,52	34,92	7,09	35,32	12,44	36,65	61,58	5,93	27,96	4,14	274,75

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	N_NO ₃ ⁻												
	mg/m ²												
Wieluń	8,37	20,24	8,85	10,32	13,47	9,04	23,72	33,18	18,44	10,91	17,01	11,50	185,06
Wolin	10,58	19,17	6,93	17,92	14,76	29,23	31,49	24,09	6,18	12,58	18,72	19,32	210,98
Jarczew	24,00	23,83	14,80	14,51	8,14	42,59	31,81	39,81	6,53	15,46	7,73	10,40	239,60
Łeba	18,33	27,62	13,28	13,45	10,67	19,31	42,55	12,18	10,30	6,29	18,02	10,09	202,09
Puszcza Borecka	13,07	28,18	17,80	20,09	18,01	52,87	18,11	4,81	3,55	9,18	14,17	10,60	210,44
Szymbark	14,01	11,40	23,44	14,86	7,09	18,52	20,47	13,42	19,57	10,64	5,54	18,82	177,78

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.6 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków jonów chlorkowych za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Cl ⁻												
	mg/m ²												
Białystok	22,50	38,86	10,21	21,58	13,58	28,20	23,35	11,61	11,36	11,82	7,89	9,63	210,70
Borówiec	52,88	32,40	8,53	11,79	14,31	11,85	6,15	7,07	12,26	9,00	17,50	4,90	188,60
Florianka	34,94	16,35	9,47	4,09	20,03	39,05	7,17	13,15	6,95	8,72	6,76	6,85	173,70
Gołuchów	39,96	20,94	11,75	15,58	12,12	30,40	15,52	14,55	4,32**	22,37	6,13	6,16	199,90
Gorzów Wlkp.	93,70	31,63	15,94	12,92	11,86	13,75	21,69	14,40	17,95	14,38	13,60	16,82	278,70
Granica	92,32	23,91	8,98	31,88	13,81	49,39	21,24	18,24	30,97	9,62	9,34	8,23	317,80
Hel	92,44	81,48	25,39	21,38	15,93	40,98	47,40	14,35	26,22	27,49	58,65	54,78	506,60
Karkonosze	76,49	82,17	6,62	22,39	16,56	12,03	19,67	4,15**	47,44	3,78**	26,59	43,04	360,90
Legnica	19,24	15,47	3,62	9,36	234,82	8,32	8,47	9,64	18,96	8,37	10,58	7,44	354,30
Lesko	59,42	20,39	17,16	31,98	15,01	29,79	19,16	30,93	2,71	31,97	25,39	17,23	301,20

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Cl ⁻												
	mg/m ²												
Racibórz	13,33	13,64	8,36	14,31	18,84	57,77	43,20	17,33	18,52	8,31	6,27	13,10	232,90
Toruń	45,44	45,34	13,23	17,64	19,78	7,54	9,80	6,72	13,61	8,50	19,80	19,24	226,40
Ustroń	24,14	84,67	18,48	69,84	11,23	141,26	17,59	59,68	75,26	11,12	35,13	12,83	561,20
Wieluń	42,59	37,87	11,12	9,12	20,72	7,14	11,48	20,89	12,29	6,67	14,77	13,11	207,80
Wolin	73,08	62,13	27,72	57,34	33,46	56,88	60,55	74,81	18,85	81,08	70,06	95,57	711,60
Jarczew	39,00	20,79	6,46	8,65	13,45	12,66	8,68	17,79	3,92	13,57	6,69	13,98	165,80
Łeba	232,90	79,69	17,77	74,78	8,83	36,92	65,01	48,31	48,48	21,18	265,27	75,66	974,90
Puszcza Borecka	34,45	96,48	16,40	17,79	5,21	7,46	11,44	2,79	2,43	15,30	9,58	22,32	241,70
Szymbark	62,06	8,15	11,07	17,83	11,52	31,90	27,05	10,44	11,18	6,16	2,34	28,71	228,30

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.7 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków azotu amonowego za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	N_NH ₄ ⁺												
	mg/m ²												
Białystok	16,65	38,86	26,05	31,07	30	20,35	26,69	18,49	7,52	18,5	19,12	13,27	266,56
Borówiec	14,58	25,27	23,18	26,99	64,4	35,02	15,69	20,46	30,64	15,5	23,25	7,24	302,22
Florianka	21,44	37,68	18,94	10,67	21,36	59,78	30,11	42,08	15,28	13,63	13,28	13,11	297,36
Gołuchów	13,1	14,61	21,62	29,64	25,45	33,22	27,44	20,37	19,01	32,76	10,50	7,73	255,44
Gorzów Wlkp.	13,52	27,68	16,17	25,84	22,15	31,52	40,29	22,85	21,39	17,77	18,02	16,32	273,51

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	N_NH ₄ ⁺												
	mg/m ²												
Granica	40,19	21,47	33,73	25,76	22,13	67,54	33,51	28,5	21,84	15,34	24,51	17,64	352,15
Hel	9,2	32,01	17,02	23,75	15,44	43,14	26,86	37,75	9,98	5,00	12,33	6,66	239,12
Karkonosze	46,83	63,21	35,28	34,21	27,36	24,06	47,77	24,87	94,89	21,14	36,99	27,45	484,06
Legnica	5,25	21,16	2,38	12,52	17,34	21,92	41,65	37,67	32,00	16,02	12,38	12,98	233,25
Lesko	19,27	24,1	44,01	24,93	16,88	29,79	73,7	27,84	14,09	39,29	14,51	11,75	340,17
Racibórz	13,6	28,25	29,05	23,58	44,59	43,85	77,63	40,43	101,86	19,94	14,86	17,03	454,66
Toruń	15,15	37,79	31,5	74,59	56,95	19,76	42,98	22,18	18,95	14,96	30,3	23,57	388,67
Ustroń	15,48	30,41	35,16	131,46	18,32	111,8	24,88	68,06	75,26	11,86	32,98	6,00	561,70
Wieluń	13,83	34,61	19,52	19,44	23,31	15,71	32,13	62,68	39,51	18,79	28,57	17,71	325,81
Wolin	10,58	23,14	14,63	24,06	31,98	47,4	46,02	43,11	12,36	14,68	19,33	18,29	305,58
Jarczew	27,75	30,42	22,87	20,37	8,5	66,76	32,54	51,67	10,96	21,87	12,96	10,73	317,37
Łeba	11,54	19,73	19,64	13,78	13,25	17,61	62,65	13,8	9,7	5,96	12,01	5,04	204,70
Puszcza Borecka	14,85	32,52	36,3	59,12	37,45	23,33	42,89	13,02	2,81	8,74	20,68	12,83	304,53
Szymbark	19,02	9,77	43,62	28,98	18,16	42,19	38,01	22,37	24,23	10,64	5,75	24,88	287,62

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.8 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków sodu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.
Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Na ⁺												
	mg/m ²												
Białystok	12,15	20,62	3,52	3,27	2,26	1,07**	1,67**	2,58	2,4	6,68	3,11	7,06	66,39
Borówiec	32,88	12,31	6,12	7,34	7,16	8,24	4,24	4,46	6,13	5,50	9,50	2,96	106,84

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Na ⁺												
	mg/m ²												
Florianka	17,47	10,67	5,78	1,82	3,56	5,58	2,15**	1,58**	3,7	4,36	3,73	5,07	65,47
Gołuchów	15,72	4,38	9,87	3,42	1,82**	6,19	1,08**	1,75**	2,59**	4,10	2,45	3,47	56,84
Gorzów Wlkp.	56,03	17,79	12,71	9,04	1,87	8,60	15,50	10,02	12,99	9,31	7,14	10,79	171,79
Granica	49,61	13,18	4,38	8,05	1,42	5,54	1,42**	5,70	1,19**	1,83	3,50	3,53	99,35
Hel	58,08	55,29	17,30	13,30	10,05	26,60	45,82	8,42	14,25	21,06	32,73	32,26	335,16
Karkonosze	54,64	29,5	3,53	12,44	2,16**	5,75	9,84	2,49**	12,94**	3,78	10,40	23,00	170,47
Legnica	11,77	5,7	1,24	6,08	59,89	4,54	4,94	4,38	7,11	5,46	4,95	4,33	120,39
Lesko	27,3	1,85**	7,46	11,92	9,11	5,77	10,32	3,09**	5,96	8,66	14,23	9,40	115,07
Racibórz	5,98	6,82	2,39	2,95	5,02	6,96	6,08	2,17**	5,56**	5,26	2,51	6,29	57,99
Toruń	28,46	24,05	7,25	10,03	7,91	4,94	6,79	4,37	7,78	5,44	11,31	8,18	126,51
Ustroń	11,14	45,21	6,56	18,49	6,5	29,43	6,44	27,22	20,53	2,22	10,04	7,45	191,23
Wieluń	24,75	21,55	5,90	5,28	5,18	1,43**	6,12	9,83	6,15	4,24	7,06	6,67	104,16
Wolin	43,34	33,05	14,08	32,77	9,35	33,97	9,69	41,84	10,51	49,63	37,45	57,62	373,3
Jarczew	21,75	11,66	4,04	5,30	8,32	8,06	5,06	11,86	2,87	9,43	4,60	9,43	102,38
Łeba	131,73	46,55	11,22	15,42	5,34	23,29	34,28	29,23	29,09	12,91	149,15	41,9	530,11
Puszcza Borecka	16,63	52,03	4,54	9,76	3,08	3,42	6,67	1,40	0,56	6,56	4,98	7,81	117,44
Szymbark	26,03	1,63	2,6	3,72	1,77	3,09	2,19	1,49	3,73	2,24	1,07	11,80	61,36

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.9 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków wapnia za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Ca ²⁺												
	mg/m ²												
Białystok	45,9	11,9	34,14	17,00	20,38	16,07	18,90	10,75	16,16	10,79	6,21	4,49	212,69
Borówiec	17,29	3,24**	19,32	11,79	24,65	44,29	5,51	8,93	13,02	3,50	5,75	1,73	159,02
Florianka	3,97**	27,73	16,17	9,31	25,37	31,88	27,25	18,41	12,04	7,09	4,66	3,28	187,16
Gołuchów	9,83	6,33	22,80	31,92	25,45	46,73	18,77	11,06	12,96	7,25	5,60	4,82	203,52
Gorzów Wlkp.	7,25	7,25	4,62	11,63	11,86	17,76	35,12	20,35	21,01	7,05	4,42	4,02	152,34
Granica	27,00	12,20	17,74	65,37	13,98	31,75	19,82	12,54	15,09	5,73	5,84	1,96**	229,02
Hel	10,16	12,61	7,81	16,15	11,76	34,51	17,38	4,37	6,56	6,07	10,20	10,24	147,82
Karkonosze	7,81**	27,39	6,17	33,59	10,08	29,81	25,29	11,61	21,57	3,78**	5,78**	3,71**	186,59
Legnica	2,39	6,11	3,24	22,82	184,39	38,18	24,71	13,14	13,04	4,00	4,5	2,42	318,94
Lesko	8,03	9,89	31,33	56,37	21,17	49,97	58,96	14,43	16,26	14,65	24,83	6,26	312,15
Racibórz	3,81	15,58	9,55	25,68	13,19	68,21	22,28	16,61	29,63	5,82	4,65	5,11	220,12
Toruń	26,16	19,24	27,41	44,11	46,67	27,04	27,9	9,07	13,12	7,82	9,29	7,70	265,53
Ustroń	7,43	38,63	19,67	36,97	11,82	200,12	24,88	53,4	65,00	3,71	21,51	6,62	489,76
Wieluń	1,82**	10,45	11,35	28,08	19,68	22,37	14,54	23,35	10,54	4,24	7,38	4,83	158,63
Wolin	7,06	13,22	16,39	60,93	21,65	79,00	23,01	56,43	21,94	33,55	16,31	26,57	376,06
Jarczew	5,25	11,15	9,95	15,35	11,68	24,17	26,75	22,02	4,44	6,79	4,18	8,45	150,18
Łeba	15,62	15,78	7,67	15,09	6,81	22,15	15,37	8,12	7,27	4,63	14,01	4,27	136,79
Puszcza Borecka	2,97	7,59	6,98	15,50	16,59	17,42	14,30	1,71	0,75	6,56	4,98	2,79	98,14
Szymbark	7,01	4,89	13,67	28,98	12,85	39,10	35,82	15,90	18,64	8,96	3,83	10,53	200,18

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna

00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.10 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków magnezu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Mg ²⁺												
	mg/m ²												
Białystok	1,260	2,776	1,760	1,504	2,179	1,499	1,835	1,333	2,320	1,593	0,956	1,049	20,064
Borowiec	5,187	1,685	1,369	1,965	2,942	3,193	1,060	1,228	1,685	0,800	1,450	0,377	22,941
Florianka	3,732	2,844	1,733	1,226	2,136	3,029	3,011	3,051	0,926	0,654	0,885	0,745	23,972
Gołuchów	2,162	0,974	1,857	2,508	2,060	3,491	1,949	1,164	0,432**	2,079	0,683	0,582	19,941
Gorzów Wlkp.	6,955	1,977	1,063	2,100	1,154	2,177	4,442	3,005	3,400	1,579	1,054	1,180	30,086
Granica	2,575	2,391	1,730	4,122	1,451	2,570	2,030	1,140	1,231	1,076	0,856	0,941	22,113
Hel	7,405	6,305	2,204	2,708	2,426	5,177	5,372	1,404	2,280	3,106	6,120	5,376	49,883
Karkonosze	7,025	5,900	0,970	3,981	1,584	2,510	3,653	1,161	2,157**	0,906	2,196	2,894	34,937
Legnica	1,256	1,018	0,286	2,024	10,796	2,533	2,965	1,489	2,370	0,819	0,855	0,640	27,051
Lesko	1,285	1,916	3,282	4,715	2,412	4,228	6,043	2,062	1,951	3,929	4,631	1,070	37,524
Racibórz	0,925	1,948	1,373	1,768	1,633	4,942	2,903	2,022	0,926**	0,748	0,627	0,773	20,588
Toruń	6,059	3,847	2,300	4,972	5,142	2,262	2,639	1,277	1,458	1,054	1,818	1,010	33,838
Ustroń	2,538	7,234	2,205	5,854	1,478	18,835	3,561	6,282	6,842	0,371**	3,370	1,283	59,853
Wieluń	3,240	2,220	1,180	2,448	1,917	1,380	1,913	2,581	1,493	0,758	1,990	0,943	22,063
Wolin	6,098	5,751	5,379	11,622	5,068	13,035	3,028	20,288	5,778	12,163	6,886	14,007	109,103
Jarczew	2,625	2,129	1,049	1,702	1,487	2,762	3,037	4,489	0,757	2,036	0,732	1,333	24,138
Łeba	16,975	5,760	1,309	2,460	1,030	5,510	6,383	3,573	3,636	1,688	17,918	5,160	71,402
Puszcza Borecka	3,029	6,938	1,291	2,985	3,010	2,364	2,478	0,403	2,992	6,555	1,570	1,172	34,787
Szymbark	3,403	0,597	1,497	2,229	1,639	4,219	3,728	1,938	2,144	0,896	0,533	2,424	25,247

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.11 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków potasu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	K ⁺												
	mg/m ²												
Białystok	3,6	6,34	2,46	2,29	3,4	1,07**	3,34	2,15	1,76	4,63	1,91	1,5	34,45
Borówiec	2,71	3,89	4,67	4,45	9,54	5,67	2,12	4,09	6,13	2,5	3,25	1,22	50,24
Florianka	5,56	6,4	4,16	2,72	6,68	15,14	5,74	8,42	4,63	3,82	2,1	1,79	67,16
Gołuchów	5,24	1,46**	4,23	3,42	3,64	6,19	4,33	1,75**	6,05	12,29	1,75	2,02	52,37
Gorzów Wlkp.	3,86	3,3	2,31	7,11	3,12	2,29	18,59	13,77	5,73	3,67	2,04	2,51	68,3
Granica	6,91	2,93	1,75	3,22	3,19	1,51**	2,83	5,7	5,16	2,52	1,17**	1,18**	38,07
Hel	8,71	8,73	3,35	3,8	8,33	6,47	20,54	11,54	13,11	15,35	14,88	9,73	124,54
Karkonosze	9,37	6,32**	2,21	3,73	2,16**	3,66	8,43	2,49**	12,94**	2,27**	3,47**	5,94	62,99
Legnica	2,86	2,44	0,76	3,86	39,4	4,16	6,35	4,38	5,93	4,37	2,03	1,38	77,92
Lesko	5,62	3,71	3,73	7,05	9,38	4,81	22,11	5,16	5,96	35,3	9,21	4,7	116,74
Racibórz	2,45	2,44	3,78	3,37	4,4	25,75	20,93	2,17**	14,82	4,16	1,97	1,97	88,21
Toruń	5,51	6,18	2,52	57,74	11,87	3,12	6,79	2,02	10,21	2,04	4,04	3,85	115,89
Ustroń	4,95	10,69	3,58	16,43	4,73	35,32	14,16	16,75	30,79	3,71	6,45	1,66	149,22
Wieluń	2,55	3,92	1,59	3,12	5,18	1,43**	6,12	7,37	6,15	3,03	3,53	2,76	46,75
Wolin	3,53	4,63	5,06	8,7	5,9	11,06	9,69	11,41	3,4	7,69	4,83	7,59	83,49
Jarczew	8,25	3,55	7,8	5,86	3,54	5,76	9,4	19,48	2,09	10,56	3,34	2,6	82,23
Łeba	16,3	6,31	6,92	55,76	3,13	6,25	36,64	11,37	4,24	2,98	10,01	3,88	163,79
Puszcza Borecka	3,56	4,34	1,4	14,92	8,06	3,42	2,86	3,1	4,11	2,62	1,92	2,23	52,54
Szymbark	5,01	2,17	2,60	2,97	3,10	4,12	2,92	1,49	3,73	1,68	0,85	3,83	34,47

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.12 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków azotu całkowitego za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	N _{całk.}												
	mg/m ²												
Białystok	42,75	73,75	47,17	75,21	67,07	33,56	71,72	31,39	15,52	32,9	46,61	36,81	574,45
Borowiec	29,83	46,66	44,6	55,28	124,02	63,86	24,38*	37,20	57,46	27,75	38,00	12,04	561,07
Florianka	54,79	64,7	35,11	29,96	58,74	120,35	71,7	88,37	37,5	48,51	44,04	39,63	693,40
Gołuchów	63,54	34,09	67,45	75,62	73,33	88,39	76,17	44,23	27,65	41,27	19,78	16,80	628,30
Gorzów Wlkp.	30,43	56,02	30,72	61,05	46,80	59,59	112,60	58,22	42,78	36,38	34,00	31,12	599,71
Granica	98,60	67,83	58,04	48,94	47,79	117,43	132,63	144,78	58,36	41,22	71,97	50,18	937,76
Hel	28,07	84,39	43,25	54,63	52,92	74,06	79,00	67,70	23,37	18,56	29,75	22,02	577,71
Karkonosze	99,90	132,74	53,8	58,47	50,4	46,55	89,92	44,77	138,02	41,53	63,58	49,71	869,38
Legnica	13,20	41,92	4,91	10,65*	78,80	60,10	76,25	65,70	62,81	32,21	25,43	22,32	494,29
Lesko	86,72	74,16	88,03	125,74	56,55	53,82	210,78	55,67	69,92	64,6	61,94	49,59	997,52
Racibórz	24,21	52,6	82,98	82,1	119,95	73,08	130,28	64,98	351,88	45,15	65,87	44,15	1137,22
Toruń	28,92	85,19	65,84	42,51*	122,61	39,52	69,37	36,29	34,02	30,60	51,31	40,89	647,04
Ustroń	34,66	74,80	81,06	348,15	42,55	217,78	51,48	150,77	277,10	45,2	89,63	18,22	1431,40
Wieluń	28,03	75,10	33,37	37,44	56,46	31,42	57,38	104,47	75,51	33,94	46,22	29,21	608,53
Wolin	22,68	42,30	9,57*	55,81	62,98	86,9	93,25	81,79	23,18	48,93	38,66	38,30	604,33
Łeba	46,17	62,33	14,77	166,30	49,86	90,88	725,75	69,02	32,72	20,19	40,04	28,71	1346,75
Szymbark	145,15	61,90	82,68	79,50	42,09	71,00	105,26	62,62	60,58	44,80	31,10	53,91	840,59

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.13 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków fosforu całkowitego za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	P _{całk.}												
	mg/m ²												
Białystok	0,225**	0,397**	0,176**	0,164**	0,708	0,500	1,612	0,452	0,256	0,257**	0,12**	0,214	5,081
Borówiec	0,170**	0,907	0,660	0,131**	0,398**	0,258**	0,106**	0,186**	0,383**	0,125**	0,125**	0,051**	3,500
Florianka	0,794	0,356**	0,116**	0,114**	1,335	8,608	1,721	5,050	1,389	0,273**	0,233	0,149**	20,138
Gołuchów	0,328**	0,244**	0,588	0,190**	0,970	0,788	0,686	0,582	0,432**	8,127	0,490	0,336	13,761
Gorzów Wlkp.	0,676	0,725	0,254	17,765	0,156**	0,287**	3,616	3,443	0,191**	0,141**	0,17**	0,126**	27,550
Granica	0,314**	0,830	0,110**	0,161**	0,726	0,655	0,802	2,280	0,199**	0,115**	0,389	0,196**	6,777
Hel	1,113	1,746	0,725	1,663	0,123**	0,360**	0,948	5,366	0,171	0,607	2,125	0,256**	15,203
Karkonosze	0,781**	2,950	0,221**	0,311**	0,360**	0,262**	0,703**	0,415**	2,157**	0,378**	0,578**	0,371**	9,487
Legnica	0,477	0,204**	0,07	0,222	0,394**	2,419	0,777	0,438**	0,593**	1,128	0,113**	0,087**	6,922
Lesko	0,402**	0,309**	0,373**	0,271**	0,858	1,153	5,306	1,650	0,596	9,058	0,586	0,679	21,241
Racibórz	0,272	0,244**	2,129	0,463	0,314**	8,352	10,935	1,083	5,371	0,332	0,215	0,183	29,893
Toruń	0,734	1,031	0,158**	7,659	0,396**	0,26	0,377**	0,168**	0,243**	0,17**	0,202**	0,241**	11,639
Ustroń	0,310**	0,986	0,298**	0,514**	0,296**	4,709	0,858	1,885	1,711**	0,371**	0,359**	0,104**	12,401
Wieluń	0,874	0,327**	0,114**	0,12**	0,259**	0,238**	0,383**	0,615**	0,439**	0,152**	0,161**	0,115**	3,797
Wolin	1,008	0,661	0,077*	0,256**	0,246**	0,395**	0,606**	0,317**	0,155**	0,350**	0,302**	0,173**	4,546
Łeba	0,407	10,652	2,525	16,564	5,778	0,682	0,827	0,812	0,606	0,132	0,200	0,660	39,845
Szymbark	0,501	0,272	0,326	0,372	0,709	4,219	3,509	0,795	1,491	0,280	0,277	0,510	13,261

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.14 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków cynku za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Zn												
	mg/m ²												
Białystok	0,136	0,339	0,184	0,360	0,238	0,036**	0,328	0,165	0,386	0,435	0,418	0,316	3,34
Borówiec	0,331	0,368	0,174	0,110	0,390	0,339	0,053	0,153	0,280	0,106	0,219	0,061	2,58
Florianka	0,710	0,570	0,219	0,127	0,160	0,080**	0,323	0,307	0,253	0,512	0,289	0,231	3,78
Gołuchów	0,986	0,243	0,626	1,332	1,048	1,120	0,581	0,368	0,561	0,269	0,172	0,213	7,52
Gorzów Wlkp.	0,224	0,396	0,42	0,164	0,160	0,300	0,784	0,309	0,37	0,562	0,26	0,285	4,23
Granica	0,820	0,192	0,356	0,123	0,261	0,336	0,163	0,472	0,289	0,187	0,313	0,521	4,03
Hel	0,318	6,459	0,310	0,178	0,318	0,342	0,444	0,209	0,124	0,648	0,382	0,254	9,99
Karkonosze	3,870	4,941	0,290	0,339	1,210	0,766	0,853	0,912	1,436	0,493	1,876	0,876	17,86
Legnica	0,221	0,277	0,077	0,078	4,817	0,093	0,395	0,428	0,361	0,27	0,308	0,194	7,52
Lesko	2,321	0,425	0,498	0,569	0,354	0,545	1,310	1,547	1,100	1,265	1,391	0,979	12,30
Racibórz	0,188	0,115	0,126	0,115	0,313	0,070**	0,218	0,24	0,756	0,235	0,193	0,262	2,83
Toruń	1,344	0,751	0,195	0,465	0,472	0,149	0,326	0,252	0,280	0,230	0,452	0,459	5,37
Wieluń	0,163	0,445	0,148	0,091	0,273	0,154	0,656	1,008	0,553	0,362	0,664	0,543	5,06
Wolin	0,150	0,482	0,201	0,148	0,200	0,418	0,477	0,629	0,19	0,368	0,344	0,298	3,90
Łeba	0,402	0,514	0,122	0,254	0,159	0,230	0,331	0,209	0,132	0,069	0,284	0,114	2,8191
Szymbark	0,715	0,260	0,296	0,486	0,159	0,103	0,515	0,214	0,652	0,823	0,248	0,288	4,7588

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00

wartość minimalna

00,00

wartość maksymalna

Tabela 8.15 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków miedzi za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Cu												
	mg/m ²												
Białystok	0,029	0,042	0,009**	0,026	0,007**	0,009**	0,028	0,017	0,023	0,013**	0,021	0,031	0,25
Borowiec	0,028	0,064	0,031	0,034	0,054	0,048	0,021	0,041	0,077	0,019	0,039	0,014	0,47
Florianka	0,020**	0,064	0,022	0,014	0,011**	0,020**	0,018**	0,029	0,027	0,014**	0,015	0,029	0,28
Gołuchów	0,037	0,012**	0,049	0,010**	0,015**	0,014**	0,020	0,015**	0,022**	0,022	0,011	0,013	0,24
Gorzów Wlkp.	0,046	0,138	0,071	0,095	0,117	0,186	1,000	0,545	0,371	0,228	0,242	0,579	3,62
Granica	0,040	0,048	0,034	0,028	0,062	0,045	0,044	0,103	0,045	0,032	0,048	0,010**	0,54
Hel	0,065	0,491	0,044	0,038	0,031	0,059	0,120	0,060	0,026	0,051	0,039	0,013**	1,04
Karkonosze	0,685	0,325	0,077	0,062	0,042	0,051	0,134	0,067	0,259	0,048	0,086	0,051	1,88
Legnica	0,152	0,212	0,042	0,078	0,329	0,109	0,474	0,903	0,610	0,212	0,612	0,341	4,07
Lesko	0,048	0,074	0,049	0,069	0,076	0,054	0,167	0,147	0,157	0,284	0,264	0,279	1,67
Racibórz	0,015	0,04	0,029	0,011**	0,016**	0,017**	0,047	0,018**	0,046**	0,023	0,022	0,011	0,29
Toruń	0,152	0,072	0,032	0,099	0,071	0,043	0,093	0,053	0,066	0,044	0,076	0,072	0,87
Wieluń	0,068	0,07	0,033	0,068	0,091	0,084	0,262	0,358	0,146	0,085	0,193	0,174	1,63
Wolin	0,064	0,395	0,136	0,208	0,186	0,491	1,282	1,018	0,375	0,333	0,309	0,211	5,01
Łeba	0,091	0,053	0,013	0,078	0,022	0,114	0,122	0,026	0,011	0,01	0,032	0,033	0,6032
Szymbark	0,025	0,117	0,058	0,054	0,029	0,026	0,058	0,045	0,075	0,014	0,040	0,046	0,5862

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.16 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków ołowiu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Pb												
	mg/m ²												
Białystok	0,0045**	0,0079**	0,0035**	0,0033**	0,0028**	0,0036**	0,0056**	0,0022**	0,0016**	0,0051**	0,0024**	0,0021**	0,0446
Borówiec	0,0034**	0,0142	0,0062	0,0026**	0,008**	0,0106	0,0057	0,0037**	0,0077**	0,0025**	0,0025**	0,001**	0,0681
Florianka	0,0079**	0,0186	0,0023**	0,0023**	0,0045**	0,008**	0,0072**	0,0053**	0,0046**	0,0055**	0,0056	0,0136	0,0853
Gołuchów	0,0066**	0,0049**	0,0235	0,0038**	0,0061**	0,0056**	0,0036**	0,0058**	0,0086**	0,0032**	0,0018**	0,0028	0,0761
Gorzów Wlkp.	0,0048**	0,0208	0,015	0,0032**	0,0031**	0,0057**	0,0103**	0,0176	0,0038**	0,0058	0,0034**	0,0025**	0,0961
Granica	0,0063**	0,0049**	0,0022**	0,0032**	0,0018**	0,005**	0,0047**	0,0114**	0,004**	0,0023**	0,0039**	0,0039**	0,0536
Hel	0,0104	0,0243	0,0105	0,0048**	0,0025**	0,0072**	0,0158**	0,0081	0,0029**	0,0129	0,0106	0,0051**	0,115
Karkonosze	0,155	0,0548	0,0106	0,0062**	0,0072**	0,0052**	0,0141**	0,0083**	0,0431**	0,0076**	0,0116**	0,0074**	0,331
Legnica	0,0781	0,1433	0,0056	0,0051	0,0611	0,0038**	0,0321	0,0364	0,0408	0,0018**	0,0913	0,0516	0,5508
Lesko	0,008**	0,0062**	0,0075**	0,0054**	0,0027**	0,0096**	0,0147**	0,0103**	0,0054**	0,0067**	0,0028**	0,0026**	0,0819
Racibórz	0,0027**	0,0049**	0,002**	0,0042**	0,0063**	0,007**	0,0068**	0,0072**	0,0185**	0,0028**	0,0018**	0,0099	0,074
Toruń	0,0046**	0,0159	0,0032**	0,0107**	0,0079**	0,0026**	0,0075**	0,0192**	0,0049**	0,0034**	0,004**	0,0048**	0,0887
Wieluń	0,0091	0,0137	0,0023**	0,0024**	0,0052**	0,0048**	0,0077**	0,0435	0,0088**	0,003**	0,0032**	0,0085	0,1121
Wolin	0,005**	0,0175	0,0011**	0,0051**	0,0049**	0,0079**	0,0121**	0,0063**	0,0031**	0,007**	0,006**	0,0035**	0,0796
Łeba	0,0183	0,0071	0,0017	0,0052	0,0046	0,007	0,0202	0,0026	0,0041	0,0022	0,0186	0,0065	0,0981
Szymbark	0,01	0,017	0,0256	0,0074	0,0044	0,0103	0,0073	0,005	0,0093	0,0056	0,0292	0,0032	0,1343

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.17 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków kadmu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Cd												
	mg/m ²												
Białystok	0,00045**	0,00079**	0,00035**	0,00033**	0,00028**	0,00036**	0,0006**	0,00022**	0,00016**	0,00051**	0,001	0,00047	0,00548
Borowiec	0,00034**	0,0013	0,00089	0,00068	0,00191	0,00052**	0,0002**	0,00037**	0,00192	0,0009	0,0015	0,00038	0,01092
Florianka	0,00214	0,00562	0,00104	0,00023**	0,00045**	0,0008**	0,0017	0,00184	0,00046**	0,00125	0,00151	0,00998	0,02697
Gołuchów	0,00066**	0,00394	0,00188	0,00304	0,00061**	0,0027	0,0016	0,00058**	0,00086**	0,00032**	0,00091	0,00164	0,01869
Gorzów Wlkp.	0,00048**	0,00066**	0,00053	0,00081	0,00081	0,00057**	0,001**	0,01286	0,00099	0,00158	0,00095	0,0007	0,02197
Granica	0,00063**	0,00049**	0,00079	0,00032**	0,00076	0,00181	0,0012	0,00114**	0,00083	0,00101	0,00253	0,00129	0,01283
Hel	0,00532	0,00281	0,00081	0,00147	0,00083	0,00144	0,0016**	0,00078	0,00057	0,00132	0,00102	0,00051**	0,01846
Karkonosze	0,0064	0,00548	0,00097	0,00062**	0,0023	0,00141	0,0014**	0,00182	0,00431**	0,00272	0,00266	0,00319	0,03329
Legnica	0,00114	0,00265	0,00023	0,0008	0,00567	0,00117	0,0026	0,00237	0,00249	0,00093	0,00151	0,00081	0,02238
Lesko	0,00779	0,00383	0,0053	0,00179	0,00196	0,00231	0,0044	0,00309	0,00407	0,00186	0,00357	0,00321	0,0432
Racibórz	0,00101	0,00049**	0,00115	0,00042**	0,00151	0,0007	0,0007	0,00072	0,00741	0,0031	0,00277	0,00952	0,02948
Toruń	0,00252	0,00261	0,0012	0,00104	0,00142	0,00042	0,0011	0,00202	0,00073	0,00102	0,00125	0,00125	0,01661
Wieluń	0,00036**	0,00196	0,00054	0,0005	0,00238	0,00048**	0,0018	0,00799	0,00237	0,00145	0,00209	0,00244	0,0244
Wolin	0,0005**	0,00172	0,0003	0,00051**	0,00049**	0,00079**	0,0012**	0,00139	0,00071	0,00154	0,0006**	0,00086	0,01062
Łeba	0,00312	0,00765	0,00181	0,00049	0,00066	0,00045	0,0026	0,00032	0,00048	0,00063	0,0026	0,00039	0,0212
Szymbark	0,001	0,0013	0,0026	0,00171	0,00044	0,00103	0,0021	0,0005	0,01463	0,00202	0,00151	0,00204	0,03083

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00

wartość minimalna

00,00

wartość maksymalna

Tabela 8.18 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków arsenu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	As												
	mg/m ²												
Białystok	0,0045**	0,00793**	0,00352**	0,00327**	0,00283**	0,00357**	0,0056**	0,00215**	0,0016**	0,00514**	0,00803	0,00214**	0,05024
Borówiec	0,00339**	0,00648**	0,0085	0,01176	0,00795**	0,0104	0,005	0,00372**	0,00766**	0,0025**	0,0025**	0,00102**	0,07088
Florianka	0,00794**	0,00711**	0,00511	0,00227**	0,00445**	0,00797**	0,0072**	0,00526**	0,00463**	0,00545**	0,00501	0,00298**	0,06535
Gołuchów	0,00655**	0,00487**	0,00235**	0,0038**	0,00606**	0,00563**	0,0036**	0,00582**	0,00864**	0,00315	0,00424	0,00112**	0,05584
Gorzów Wlkp.	0,00483**	0,00659**	0,00231**	0,00323**	0,0126	0,00573**	0,0103**	0,01831	0,00382**	0,00282**	0,0034**	0,00251**	0,07648
Granica	0,00628**	0,00488**	0,01075	0,00322**	0,00177**	0,01043	0,0047**	0,0114**	0,00397**	0,00229**	0,00918	0,00392**	0,07281
Hel	0,00484**	0,0097**	0,00279**	0,00475**	0,00245**	0,00719**	0,0158**	0,00312**	0,00285**	0,00357**	0,00425**	0,00512**	0,06643
Karkonosze	0,01561**	0,02107**	0,00441**	0,00622**	0,0072**	0,00523**	0,0141**	0,00829**	0,04313**	0,01699	0,01156**	0,00742**	0,16118
Legnica	0,01584	0,0267	0,00334*	0,01658	0,03648	0,01092	0,1557	0,01796	0,01185**	0,00653	0,01728	0,00865	0,32787
Lesko	0,00803**	0,00618**	0,00746**	0,00542**	0,00268**	0,00961**	0,0147**	0,01031**	0,00542**	0,00666**	0,00943	0,00261**	0,08855
Racibórz	0,00272**	0,00487**	0,00199**	0,00421**	0,00628**	0,00696**	0,0068**	0,00722**	0,01852**	0,00277**	0,00179**	0,00496	0,06904
Toruń	0,00473	0,00955	0,00907	0,00878	0,0072**	0,00354	0,0077	0,00373	0,02479	0,00326**	0,0065	0,00568	0,09452
Wieluń	0,00364**	0,00653**	0,00227**	0,0024**	0,00518**	0,00476**	0,0077****	0,01229**	0,00878**	0,00303**	0,00921	0,00667	0,07241
Wolin	0,00504**	0,00661**	0,0011**	0,00512**	0,00492**	0,0079**	0,0121**	0,00634**	0,00309**	0,00699**	0,00604**	0,00345**	0,06871
Szymbark	0,01001	0,00543	0,00651	0,00743	0,00443	0,01029	0,0073	0,00497	0,00932	0,0056	0,00213	0,00319	0,07662

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.19 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków chromu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Cr												
	mg/m ²												
Białystok	0,0045**	0,00793**	0,00352**	0,00327**	0,00283**	0,00357**	0,0056**	0,00215**	0,0016**	0,00514**	0,00239**	0,00214**	0,0446
Borówiec	0,00339**	0,00648**	0,00161**	0,00262**	0,00795**	0,00515**	0,0021**	0,00372**	0,00766**	0,0025**	0,0025**	0,00541	0,05111
Florianka	0,00794**	0,00711**	0,00231**	0,00227**	0,00445**	0,00797**	0,0072**	0,00526**	0,00463**	0,00545**	0,00233**	0,00298**	0,05987
Gołuchów	0,00655**	0,00487**	0,00235**	0,0038**	0,00606**	0,00563**	0,0036**	0,00582**	0,00864	0,00315	0,00175	0,00112	0,05335
Gorzów Wlkp.	0,00483**	0,00659**	0,00231**	0,00323**	0,00312**	0,00573**	0,0103**	0,00313**	0,00382**	0,00282**	0,0034**	0,00251**	0,05182
Granica	0,00628**	0,00488**	0,00219**	0,00322**	0,00177**	0,00504**	0,0047**	0,0114**	0,00397**	0,00229**	0,1097	0,00392**	0,15938
Hel	0,00484**	0,0097**	0,00279**	0,00475**	0,00245**	0,00719**	0,0158**	0,00312**	0,00285**	0,00357**	0,00425**	0,00512**	0,06643
Karkonosze	0,01561**	0,02107**	0,00441**	0,00622**	0,0072**	0,00523**	0,0141**	0,00829**	0,04313**	0,00755**	0,01156**	0,00742**	0,15174
Legnica	0,00159**	0,00407**	0,00053	0,00117**	0,00788**	0,00378**	0,0071**	0,00876**	0,01185**	0,00182**	0,00225**	0,00173**	0,05249
Lesko	0,00803**	0,00618**	0,00746**	0,00542**	0,00268**	0,00961**	0,0147**	0,01031**	0,00542**	0,00666**	0,00279**	0,00261**	0,08191
Racibórz	0,00272**	0,00487**	0,00199**	0,00421**	0,00628**	0,00696**	0,0068**	0,00722**	0,01852**	0,00277**	0,00179**	0,00131**	0,06539
Toruń	0,00459**	0,00687**	0,00315**	0,00401**	0,02927**	0,0026**	0,0075**	0,00336**	0,00486**	0,0034**	0,00404**	0,00481**	0,0785
Wieluń	0,00364**	0,00653**	0,00227**	0,0024**	0,00518**	0,00476**	0,0077**	0,01229**	0,00878**	0,00303**	0,00321**	0,0023**	0,06204
Wolin	0,00504**	0,00661**	0,0011**	0,00512**	0,00492**	0,0079**	0,0121**	0,00634**	0,00309**	0,00699**	0,00604**	0,00345**	0,06871
Łeba	0,01093	0,02746	0,00651	0,00702	0,00397	0,00988	0,008	0,00361	0,00182	0,00089	0,002	0,00089	0,08302
Szymbark	0,01001	0,00543	0,00651	0,00743	0,00443	0,01029	0,0073	0,00497	0,00932	0,0056	0,00213	0,00319	0,07662

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.20 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków rtęci za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.
Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Hg												
	mg/m ²												
Białystok	0,00023**	0,0004**	0,00018**	0,00016**	0,00014**	0,00018**	0,0003**	0,00011**	0,00008**	0,00026**	0,00012**	0,00011**	0,00225
Borówiec	0,00017**	0,00032**	0,00019	0,00039	0,00095	0,00026**	0,0001**	0,00019**	0,00038**	0,00013**	0,00013**	0,00005**	0,00327
Florianka	0,0004**	0,00036**	0,00012**	0,00011**	0,00022**	0,0004**	0,0004**	0,00026**	0,00023**	0,00027**	0,00012**	0,00015**	0,00300
Granica	0,00031**	0,00024**	0,00011**	0,00016**	0,00009**	0,00025**	0,0002**	0,00057**	0,0002**	0,00011**	0,00019**	0,00666	0,00913
Hel	0,00024**	0,00049**	0,00014**	0,00024**	0,00032	0,00036**	0,0008**	0,00016**	0,00014**	0,00018**	0,00021**	0,00026**	0,00353
Karkonosze	0,00078**	0,00105**	0,00022**	0,00031**	0,00036**	0,00026**	0,0007**	0,00041**	0,00216**	0,00038**	0,00058**	0,00037**	0,00758
Legnica	0,00008**	0,0002**	0,00004	0,00006**	0,00118	0,00019**	0,0009	0,00044**	0,00059**	0,00009**	0,00011**	0,00009**	0,00399
Racibórz	0,00014**	0,00024**	0,0001**	0,00021**	0,00031**	0,00035**	0,0003**	0,00036**	0,00093**	0,00014**	0,00009**	0,00007**	0,00328
Toruń	0,00023**	0,00034**	0,00016**	0,0002**	0,00079	0,00013**	0,0004**	0,00017**	0,00024**	0,00017**	0,0002**	0,00024**	0,00325
Wieluń	0,00018**	0,00033**	0,00011**	0,00024	0,00052	0,00048	0,0008	0,00123	0,00088	0,00015**	0,00016**	0,00012**	0,00517
Wolin	0,00025**	0,00033**	0,00006**	0,00072	0,00079	0,00111	0,0021	0,00032**	0,00015**	0,00035**	0,0003**	0,00017**	0,00661
Szymbark	0,0005**	0,00027**	0,00033**	0,00037**	0,00022**	0,00051**	0,0004**	0,00025**	0,00047**	0,00028**	0,00011**	0,00016**	0,00384

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.21 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków niklu za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych.
Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Ni												
	mg/m ²												
Borówiec	0,00339**	0,00648**	0,00813	0,00969	0,06678	0,01432	0,00212**	0,00372**	0,01624	0,00883	0,00898	0,0033	0,15198
Gorzów Wlkp.	0,01521	0,00659**	0,01622	0,01663	0,00312**	0,01518	0,04855	0,02003	0,01444	0,01421	0,01023	0,00911	0,18954

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	Ni												
	mg/m ²												
Hel	0,01195	0,02425	0,03373	0,0229	0,0232	0,01445	0,04756	0,00643	0,0049	0,01135	0,00825	0,00568	0,21465
Karkonosze	0,0448	0,02107**	0,01094	0,00622**	0,0072**	0,01046	0,04566	0,00829**	0,04313**	0,00755**	0,02312	0,01551	0,24395
Legnica	0,01684	0,03028	0,00276	0,00824	0,10362	0,00877	0,02026	0,00876**	0,01185**	0,01037	0,02891	0,02088	0,27155
Toruń	0,00459**	0,02095	0,00315**	0,01821	0,00791**	0,00624	0,01712	0,00716	0,01045	0,01839	0,01467	0,0126	0,14143
Wieluń	0,00364**	0,00653**	0,00227**	0,0024**	0,00518**	0,00476**	0,00765**	0,01229**	0,00878**	0,00303**	0,00321**	0,0023**	0,06204
Wolin	0,00504**	0,0152	0,01312	0,01551	0,00492**	0,0267	0,02858	0,04641	0,00309**	0,02824	0,02126	0,02877	0,23685
Łeba	0,04251	0,05547	0,01315	0,02545	0,01323	0,02658	0,06111	0,01973	0,01933	0,00629	0,01682	0,01017	0,30983
Szymbark	0,02843	0,00543**	0,00651**	0,03351	0,00443**	0,01029**	0,00731**	0,00497**	0,00932**	0,0056**	0,00739	0,00829	0,13148

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.22 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(a)antracenu (BaA) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	BaA												
	ng/m ²												
Granica	-	-	136,0	24,8	45,1	59,5	2,4**	20,5	17,9	5,5	311,6	31,8	655,1*
Karkonosze	807	796,4	153	36,1	46,1	20,9	7,0**	4,1**	189,8	31,7	511	9,6	2612,7

* suma obliczona z 10 miesięcy

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.23 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(a)pirenu (BaP) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	BaP												
	ng/m ²												
Granica	-	-	104,0	192,6	37,0	49,4	42,0	60,4	29,8	36,9	364,1	321,8	1238,0*
Karkonosze	833,6	562,6	175,1	620,8	51,8	17,8	28,1	13,3	284,7	169,9	564,1	78,7	3400,5

* suma obliczona z 10 miesięcy

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.24 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(b)fluorantenu (BbF) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	BbF												
	ng/m ²												
Granica	-	-	152,6	192,6	77,0	138,6	90,6	104,9	44,9	49,2	385,5	390,0	1625,9*
Karkonosze	1556,3	1304,2	288,4	620,8	87,1	30,3	52,0	19,9	491,7	287,7	809,2	130,6	5678,2

* suma obliczona z 10 miesięcy

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.25 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(j)fluorantenu (BjF) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	BiF												
	ng/m ²												
Granica	-	-	107,5	192,6	60,0	139,6	69,4	5,7	41,7	38,2	366,0	364,2	1384,9*
Karkonosze	1660,9	1477,0	378,4	620,8	81,4	32,9	67,4	4,1	349,4	321,6	665,9	126,1	5785,9

* suma obliczona z 10 miesięcy

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.26 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków benzo(k)fluorantenu (BkF) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	BkF												
	ng/m ²												
Granica	-	-	68,8	80,5	32,9	52,9	34,5	45,6	20,2	21,1	192,6	186,2	735,3*
Karkonosze	665,0	547,8	123,5	186,6	36,0	12,0	19,7	10,8	220,0	125,3	358,4	59,4	2364,5

* suma obliczona z 10 miesięcy

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.27 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków dibenzo(a,h)antracenu (DBaH) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	DBahA												
	ng/m ²												
Granica	-	-	104,2	117,9	34,7	36,8	48,6	5,7**	35,7	42,1	386,3	320,7	1132,7*

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	DBahA												
	ng/m ²												
Karkonosze	1128,6	887,0	235,9	311,0	46,8	15,7	61,8	4,1**	491,7	294,5	722,5	97,9	4297,5

* suma obliczona z 10 miesięcy

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

Tabela 8.28 Zestawienie miesięcznych i rocznych ładunków indeno(1,2,3-cd)pirenu (IP) za 2024 r. na stacjach monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacje pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ roczna
	IP												
	ng/m ²												
Granica	-	-	105,8	115,6	23,5	83,2	52,9	77,5	35,3	40,1	378,9	299,1	1211,9*
Karkonosze	1173,9	1026,1	265,5	342,1	32,4	16,2	39,3	14,1	565	292,9	788,4	87,6	4643,5

* suma obliczona z 10 miesięcy

00,00 wartość minimalna 00,00 wartość maksymalna

8.3 Wyniki pomiarów pH w 2024 roku

W roku 2024 zmierzono wartości pH w 228 średniomiesięcznych próbkach opadów atmosferycznych, pobranych na 19 stacjach monitoringowych. Wartości pH mieściły się w zakresie od 4,22 (w grudniu w Szymbarku) do 6,88 (w październiku w Gorzowie Wlkp.) (Załącznik nr 1, Tabela 71). Wartości pH średnio wynosiły 5,45 (średnia ważona – waga - wysokość opadu).

Opierając się na kryteriach stosowanych przez europejską klasyfikację wód opadowych i przyjmując skalę z podziałem na sześć klas wartości pH w Tabeli 8.32 zamieszczono procentowe i ilościowe zestawienie uzyskanych pomiarów w poszczególnych klasach wartości pH.

W pomiarach odczynu próbek miesięcznych opadów na stacjach monitoringowych w 2024 r. stwierdzono:

- klasę I – odczyn podwyższony: 6 próbek (2,6%),
- klasę II – odczyn lekko podwyższony: 51 próbek (22,3%),
- klasę III – odczyn normalny: 144 próbek (62,9%),
- klasę IV – odczyn lekko obniżony: 22 próbek (9,6%),
- klasę V – odczyn znacznie obniżony: 6 próbek (2,6%),
- klasę VI – odczyn silnie obniżony: brak próbek (0%).

Najwięcej z badanych prób opadów (62,9%) wykazywało odczyn normalny o pH 5,1 – 6,1. Natomiast najmniej, tj. 2,6% badanych prób wykazywało odczyn podwyższony (pH > 6,5) i znacznie obniżony (pH 4,1 – 4,6). W 2024 roku wśród badanych prób nie stwierdzono wystąpienia opadów o silnie obniżonym (pH < 4,6) - Tabela 8.29.

Tabela 8.29 Procentowe (%) i ilościowe (ilość próbek) zestawienie o wartości pH w poszczególnych klasach. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

klasa	zakres pH	odczyn	procent przypadków	liczba przypadków
I	pH > 6,5	podwyższony	2,6%	6
II	6,1 ≤ pH ≤ 6,5	lekko podwyższone	22,3%	51
III	5,1 ≤ pH < 6,1	normalny	62,9%	144
IV	4,6 ≤ pH < 5,1	lekko obniżony	9,6%	22
V	4,1 ≤ pH < 4,6	znacznie obniżony	2,6%	6
VI	pH < 4,1	silnie obniżony	0,0%	0

W Białymstoku opady o $\text{pH} > 6,5$ (podwyższonym odczynie) występowały w 17% próbek, natomiast w Gorzowie Wlkp., Toruniu, Jarczewie i Puszczy Boreckiej opady o $\text{pH} > 6,5$ występowały tylko w 8% próbek.

Na pozostałych czternastu stacjach monitoringowych, we wszystkich zebranych próbkach średniomiesięcznych, nie stwierdzono wyników pomiarów o $\text{pH} > 6,5$ zgodnie z Tabelą 8.30.

Odczyn lekko podwyższony o $\text{pH} 6,1 - 6,5$ najczęściej charakteryzował opady we Floriancie (50%), nieznacznie mniej (42%) występowało w opadach w Granicy i Ustroniu, następnie w Borówcu, Lesku i w Raciborzu (33%). W Gołuchowie odczyn lekko podwyższony wystąpił w 25% badanych prób, tak samo, jak w Białymstoku i w Wolinie. Mniejsza ilość spośród badanych prób opadów wykazywała odczyn lekko podwyższony na stacjach na Helu, w Karkonoszach, Legnicy, Toruniu, Wieluniu i w Jarczewie (po 17%) oraz najmniejsza ilość w Gorzowie Wlkp. i w Puszczy Boreckiej - po 8% prób. Na stacjach w Łebie i Szymbarku nie wystąpiły opady o lekko podwyższonym odczynie.

Największą ilość prób o odczynie normalnym ($\text{pH} 5,1 - 6,1$) stwierdzono na stacji w Łebie – 92%, następnie w Gorzowie Wlkp. i Puszczy Boreckiej po 84% oraz w Gołuchowie, na Helu, w Karkonoszach, Legnicy i w Toruniu – 75%. Nieznacznie mniej, tj. 67% opadów wykazało odczyn normalny na stacji w Borówcu, Raciborzu, Wolinie i Jarczewie. W 58% przypadków opad o odczynie normalnym wykazywały próby na stacjach w Białymstoku oraz Granicy i w Wieluniu, natomiast 50% w Ustroniu. Najmniejsza ilość opadów o pH w przedziale $5,1 - 6,1$ wystąpiła na stacjach w Lesku, Floriancie i w Szymbarku (odpowiednio 42%, 25% i 17%).

Najwięcej prób o odczynie lekko obniżonym ($\text{pH} 4,6 - 5,1$) wystąpiło w Szymbarku i w Wieluniu (33% prób), a w drugiej kolejności we Floriancie i w Lesku (po 25% prób). Na Helu, w Karkonoszach, Legnicy, Ustroniu, Wolinie, Jarczewie i w Łebie opad o odczynie lekko obniżonym charakteryzował 8% badanych prób, natomiast na pozostałych ośmiu stacjach nie wykazano opadu o odczynie w zakresie $4,6 - 5,1$.

Odczyn znacznie obniżony o $\text{pH} 4,1 - 4,6$ wystąpił tylko na jednej z porównywanych stacji, tj. w Szymbarku i wystąpił on w 50% spośród badanych prób.

Tabela 8.30 Procentowe (%) zestawienie uzyskanych na stacjach monitoringowych wyników miesięcznych pomiarów odczynu w poszczególnych klasach wartości pH.
Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Klasa	I	II	III	IV	V	VI
Nazwa stacji	pH > 6,5	6,1≤pH ≤6,5	5,1≤pH <6,1	4,6≤pH <5,1	4,1≤pH <4,6	pH < 4,1
Białystok	17%	25%	58%	0%	0%	0%
Borowiec	0%	33%	67%	0%	0%	0%
Florianka	0%	50%	25%	25%	0%	0%
Gołuchów	0%	25%	75%	0%	0%	0%
Gorzów Wlkp.	8%	8%	84%	0%	0%	0%
Granica	0%	42%	58%	0%	0%	0%
Hel	0%	17%	75%	8%	0%	0%
Karkonosze	0%	17%	75%	8%	0%	0%
Legnica	0%	17%	75%	8%	0%	0%
Lesko	0%	33%	42%	25%	0%	0%
Racibórz	0%	33%	67%	0%	0%	0%
Toruń	8%	17%	75%	0%	0%	0%
Ustroń	0%	42%	50%	8%	0%	0%
Wieluń	0%	17%	58%	33%	0%	0%
Wolin	0%	25%	67%	8%	0%	0%
Jarczew	8%	17%	67%	8%	0%	0%
Łeba	0%	0%	92%	8%	0%	0%
Puszcza Borecka	8%	8%	84%	0%	0%	0%
Szymbark	0%	0%	17%	33%	50%	0%

Wartości pH w próbkach średniomiesięcznych informują tylko o równowadze kwasowo-zasadowej i stężeniu jonów wodorowych, jakie wystąpiło w danym miesiącu średnio ze wszystkich opadów i nie charakteryzują występującego w tym okresie zróżnicowania. Zjawisko tzw. kwaśnych deszczy, agresywnie oddziałujących na środowisko, lepiej charakteryzuje analiza pojedynczych opadów lub uśrednionej próbki z doby opadowej.

8.4 Rozkład przestrzenny stężeń i depozycji badanych substancji w 2024 roku

Interpolację wyników pomiarów stężeń oraz ładunków depozycji poszczególnych składników (z wyjątkiem Ni, WWA, HCB, α, β, γ – HCH), wartości pH, a także wysokości opadów na obszar Polski wykonano zgodnie z dokumentem „Wytoczne do wykonywania oceny depozycji atmosferycznej, w tym propozycja właściwej techniki modelowania depozycji, wraz z przeszkoleniem pracowników GIOŚ” [GIOŚ].

Do wykonania map wykorzystano wszystkie posiadane dane, również wyniki stężeń stanowiących połowę wartości granicy oznaczalności. Odrzucenie wyników

poniżej granicy oznaczalności, spowodowałoby, że niemożliwe byłoby wykonanie map w przypadku wielu wskaźników.

Mapy interpolacji stężeń składników oraz wartości pH wykonano w oparciu o dane pomiarowe pochodzące z 19 stacji monitoringowych przy wykorzystaniu metody krigingu zwykłego. Do interpolacji wartości ładunków depozycji oraz wartości wysokości opadów atmosferycznych użyto metody cokrigingu, w której jako zbiór pomocniczy wykorzystano dane o wysokości opadów pochodzące ze stacji synoptycznych, klimatologicznych oraz posterunków opadowych należących do sieci pomiarowej IMGW-PIB, których łączna liczba wynosiła 610.

Dla map rozkładów przestrzennych wartości stężeń oraz ładunków depozycji poszczególnych składników obliczono zakresy przedziałów skali w oparciu o podział kwantylowy. Granice poszczególnych przedziałów określono w oparciu o dane wartości średniomiesięcznych oraz średniorocznych z wielolecia 2014 -2024. Podejście to zakłada zastosowanie węższych przedziałów dla wartości pojawiających się częściej, natomiast szerszych dla wartości, których częstość pojawiania się jest mniejsza. Pozwala to na większe zróżnicowanie wartości prezentowanych na mapach oraz ich niezmiennosć i możliwość wykorzystania w kolejnych opracowaniach umożliwiającą porównanie wyników pomiarów w poszczególnych miesiącach i latach.

Wynikowe mapy przygotowano w układach współrzędnych płaskich prostokątnych 1992 oraz WGS 84, z zastosowaniem siatki o rozmiarze 10 x 10 km.

W celu optymalizacji procesu pod kątem dokładności i precyzji modelu powstałego w jego wyniku, dostosowywano odpowiednie parametry w zależności od charakterystyk wartości wyników pomiarów poszczególnych składników. Obliczenia wykonywano z wykorzystaniem funkcji sferycznej, a także transformacji logarytmicznej danych wejściowych lub automatycznej optymalizacji modelu w przypadkach, w których poprawiały one jakość predykcji.

Przed wykonaniem obliczeń dane poddano wstępnej weryfikacji, służącej jako wstęp do oceny i pomoc przy wyborze odpowiednich parametrów predykcji. Na potrzeby wykonywania interpolacji nie usuwano ze zbioru danych wartości odstających ze względu na niewielką ilość danych pomiarowych.

Następnie wykonano testową interpolację odpowiednio dobranych próbek danych pozwalających na określenie postępowania w przypadku danych o różnych charakterystykach rozkładu. Oceny jej wyników dokonywano pod kątem wizualnym, przy wykorzystaniu własnego doświadczenia i wiedzy o charakterystyce mierzonych zjawisk oraz prowadzonych pomiarów, a także przy użyciu parametrów statystycznych otrzymywanych w wyniku przeprowadzenia procedury walidacji krzyżowej po wykonanej interpolacji. Połączenie tych metod pozwoliło na określenie optymalnego sposobu wykonania końcowych obliczeń.

Kolejnym krokiem było wykonanie interpolacji wszystkich wyników pomiarów, w wyniku czego utworzono mapy rozkładu wartości stężeń oraz wielkości ładunków depozycji substancji, a także wartości pH i wysokości opadów.

Z powodu zbyt małej zmienności danych dla pomiarów stężeń rtęci, dla danych średniomiesięcznych ze stycznia, lutego, października oraz listopada 2024 r., niemożliwe

było wykonanie map interpolacji metodą krigingu, w związku z tym do tego celu wykorzystano metodę IDW z parametrem potęgi równym 2 oraz zmiennym promieniem przeszukiwania.

Mapy rozkładu przestrzennego stężeń oraz ładunków depozycji badanych składników oraz pH i wysokości opadów znajdują się w Załączniku nr 2, Rysunki 61 – 119. W Załączniku nr 1 w Tabelach 72 – 87 zestawiono średnie stężenia i ładunki depozycji badanych składników oraz pH i wysokości opadów w danym miesiącu oraz roku 2024 na obszar Polski i poszczególnych województw uzyskane z wyników interpolacji.

8.4.1 Miesięczne i roczne wielkości depozycji na powierzchnię kraju

Miesięczne wielkości depozycji badanych substancji, wprowadzonych z opadem atmosferycznym mokrym w 2024 roku na obszar kraju, według modelu rozkładu przestrzennego zaprezentowano w Tabeli 8.31.

Tabela 8.31 Zakresy miesięcznych depozycji substancji wprowadzonych z opadem atmosferycznym w 2024 roku na powierzchnię kraju uzyskanych z wyników interpolacji.
Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

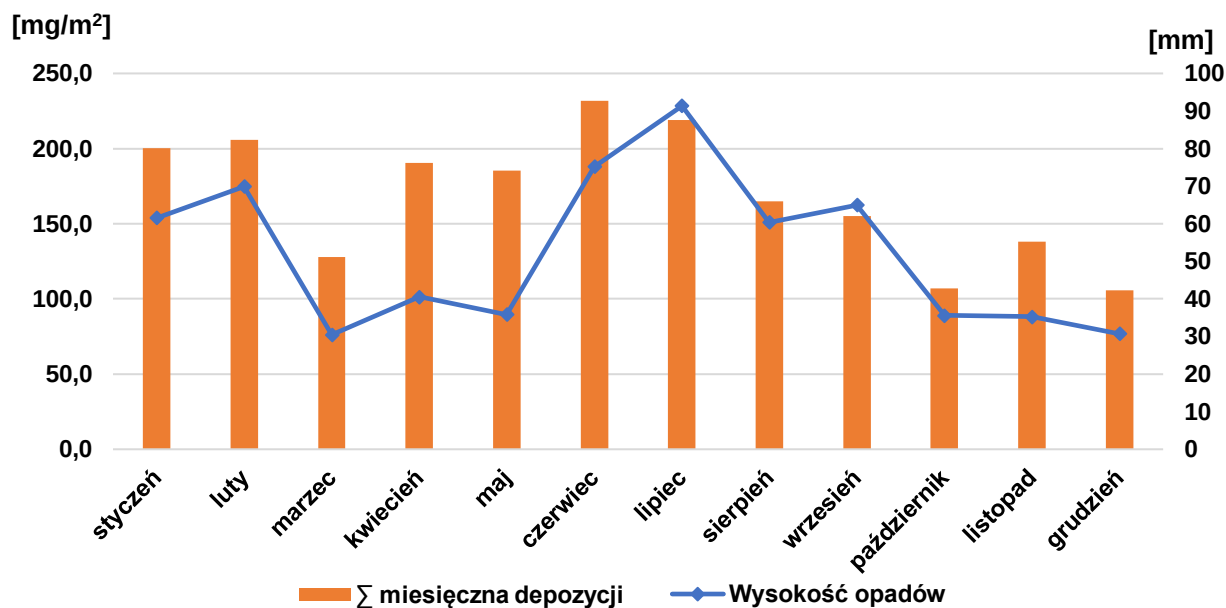
Substancja	Zakres [mg/m ²]
Aniony:	
Cl ⁻	12,345 – 59,477**
SO ₄ ²⁻	25,946 – 76,734**
N_NO ₃ ⁻	10,162 – 22,984
Kationy:	
N_NH ₄ ⁺	12,716 – 36,531
Na ⁺	4,883 – 30,934**
K ⁺	3,037 – 11,667**
Ca ²⁺	5,797 – 38,068**
Mg ²⁺	1,573 – 5,972**
Metale ciężkie:	
Zn	0,2647 – 1,0034**
Cu	0,0378 – 0,1993**
Pb	0,00456 – 0,0211**
Cd	0,00095 – 0,00251**
As	0,00356 – 0,00932**
Cr	0,00305 – 0,01158**
Hg	0,00013 – 0,00044**
Związki biogenne:	
N _{cał.}	31,342 – 93,268
P _{cał.}	0,241 – 2,423**
Jony wodorowe	0,00019 – 0,00171

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

Wielkości sumy miesięcznej depozycji badanych substancji, wniesionych z opadem atmosferycznym mokrym w 2024 roku, kształtowały się w granicach od 105,831 mg/m² do 231,754 mg/m² (Rysunek 8.8).

Według modelu rozkładu przestrzennego w 2024 roku, średnie dla Polski obciążenie substancjami, wynosiło 169,268 mg/m², natomiast średnia wysokość opadu – 52,7 mm.

Największa depozycja wystąpiła w czerwcu, który był jednocześnie drugim miesiącem co do wysokości opadów w 2024 roku.



Rysunek 8.8 Całkowita depozycja w poszczególnych miesiącach na powierzchnię kraju oraz sumy opadów w 2024 roku, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Tak jak w przypadku analizy danych pomiarowych stężeń i depozycji, w opisie przyjęto zasadę nie opisywania depozycji wskaźników, których ponad 25% wyników stężeń było poniżej granicy oznaczalności. W związku z tym nie opisywano: fosforu całkowitego, ołowiu, arsenu, chromu, rtęci i kadmu.

Maksimum miesięcznego ładunku w styczniu, wystąpiło dla trzech badanych substancji, a mianowicie dla jonów chlorkowych, sodu oraz wolnych jonów wodorowych. Jednocześnie opad w tym miesiącu był większy o 23,8% niż średni miesięczny opad w latach 2014-2023.

W lutym zaobserwowano maksymalne depozycje dla cynku. W porównaniu do średniego miesięcznego opadu w ostatnim dziesięcioleciu, średni miesięczny opad w lutym 2024 roku był wyższy o 40,6%.

Natomiast w marcu stwierdzono minimum miesięcznego ładunku dla jonów chlorkowych, magnezu, cynku i miedzi; miesiąc ten charakteryzował się najniższym opadem (o 38,7% niższym od średniej z dziesięciolecia).

W kwietniu wystąpiły maksymalne ładunki potasu, przy czym wysokość średniego miesięcznego opadu zmniejszyła się o 18,4% w porównaniu do średniego miesięcznego opadu w ostatnim dziesięcioleciu.

W maju wystąpiły minimalne depozycje sodu oraz wolnych jonów wodorowych.

W czerwcu, który był wilgotnym miesiącem i charakteryzował się opadem wyższym od wartości średniej miesięcznej z poprzedzającego dziesięciolecia o 51,2%, wystąpiły maksymalne ładunki siarczanów oraz wapnia.

W lipcu, który charakteryzował się opadem wyższym od wartości średniej miesięcznej z okresu 2014 - 2023 o 83,6% i był najbardziej wilgotnym miesiącem w roku, wystąpiły maksymalne ładunki azotu całkowitego, azotanowego i amonowego oraz miedzi.

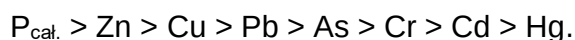
Pomimo tego, że sierpień charakteryzował się o 21,4% wyższym opadem niż średnia z dziesięciolecia, a wrzesień o 30,7% wyższym, w miesiącach tych nie wystąpiły wartości minimalne, ani maksymalne badanych związków.

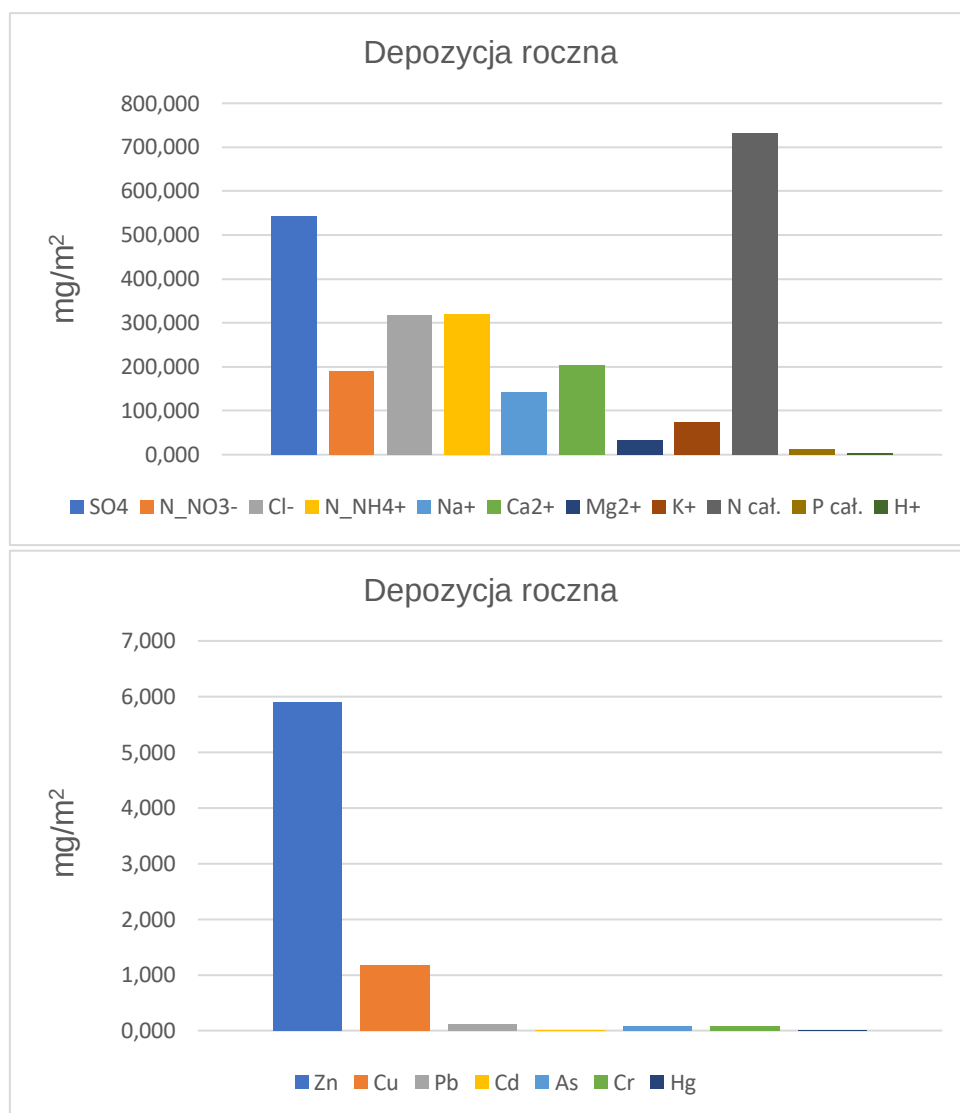
W październiku, który charakteryzował się opadem niższym od wartości przeciętnej miesięcznej z wielolecia (2014 - 2023) o 28,4%, wystąpiły, podobnie jak w poprzednim roku, maksymalne ładunki magnezu. Zaobserwowano również najniższe wartości depozycji siarczanów i azotu azotanowego.

W listopadzie, w którym opad był o 29,2% niższy niż średnia z lat 2014 - 2023, wystąpiły maksymalne ładunki chromu.

Najmniejsze ładunki badanych substancji zostały wprowadzone przez opady w grudniu 2024 roku, który charakteryzował się drugą najniższą miesięczną wysokością opadów – średnio 30,7 mm, z niedoborem 38,2% w stosunku do wartości średniej miesięcznej z dziesięciolecia 2014 – 2023. Minimum miesięcznego ładunku stwierdzono dla czterech badanych substancji, w tym: azotu całkowitego i amonowego, wapnia, potasu.

Na Rysunku 8.9 przedstawiono depozycję roczną badanych substancji, wniesionych z opadem atmosferycznym w 2024 roku na powierzchnię kraju, uzyskaną w wyniku interpolacji. W Rysunku 8.9 uwzględniono również wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Wielkości depozycji uzyskane z wyników interpolacji maleją zgodnie z szeregiem:





Rysunek 8.9 Depozycja roczna badanych substancji, wniesionych z opadem atmosferycznym mokrym w 2024 roku na powierzchnię kraju uzyskana z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

8.4.2 Roczne wielkości depozycji na powierzchnię województw

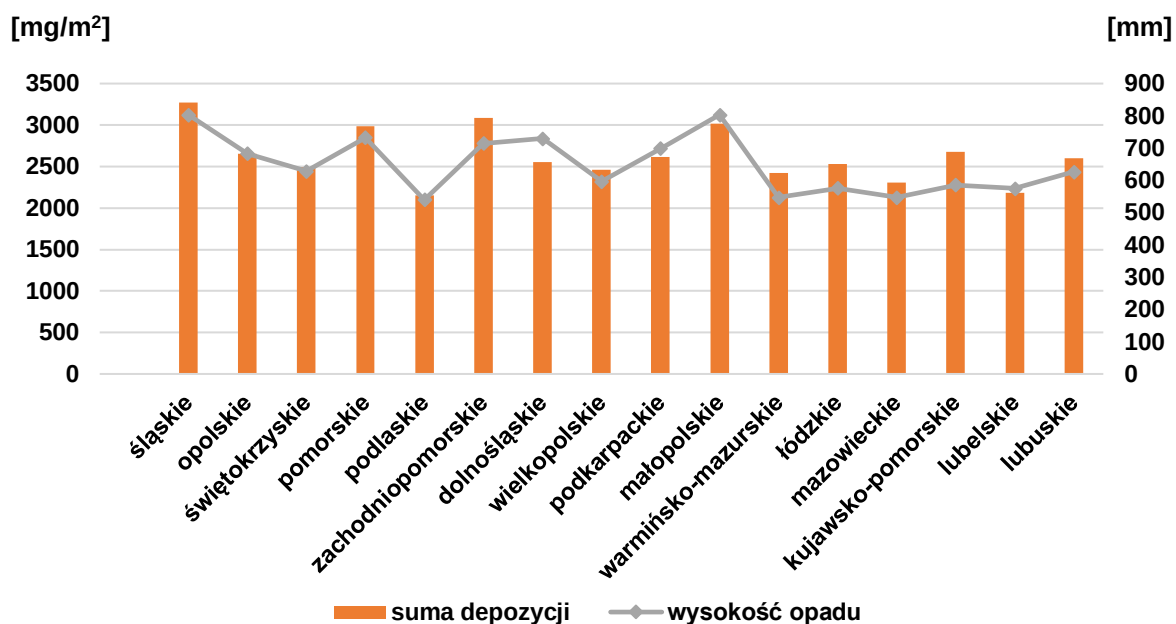
Wielkości rocznych ładunków jednostkowych badanych substancji, wprowadzonych z opadem atmosferycznym w 2024 roku na obszary poszczególnych województw, według modelu rozkładu przestrzennego zaprezentowano w Tabeli 8.32.

Tabela 8.32 Zakresy rocznych depozycji wprowadzonych z opadem atmosferycznym w 2024 roku na powierzchnię poszczególnych województw uzyskanych z wyników interpolacji. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Substancja	Zakres [mg/m ²]
Aniony:	
Cl ⁻	202,113 – 562,419**
SO ₄ ²⁻	400,037 – 937,873**
N_NO ₃ ⁻	179,932 – 197,949
Kationy:	
N_NH ₄ ⁺	280,702 – 395,273
Na ⁺	69,444 – 358,112**
K ⁺	50,185 – 122,118**
Ca ²⁺	176,137 – 235,9**
Mg ²⁺	25,647 – 51,897**
Metale ciężkie:	
Zn	5,3415– 6,6325**
Cu	0,4097 – 3,1165**
Pb	0,0732 – 0,2011**
Cd	0,0111 – 0,0313**
As	0,0674 – 0,1185**
Cr	0,0730 – 0,0795**
Hg	0,0037 – 0,0047**
Związki biogenne:	
N _{cał.}	619,751 – 935,273
P _{cał.}	12,205 – 15,510**
Jon wodorowy	2,389 – 3,949

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

Wielkości rocznej całkowitej depozycji, wniesionej z opadami na powierzchnię poszczególnych województw w 2024 roku, kształtowały się w granicach od 2152,62 mg/m² w województwie podlaskim do 3273,43 mg/m² w województwie śląskim (Rysunek 8.10).



Rysunek 8.10 Depozycja roczna w na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Najbardziej obciążone substancjami, wprowadzonymi z opadem atmosferycznym, było w 2024 roku województwo śląskie, przy czym dwa województwa (kolejno: śląskie i zachodniopomorskie) miały wyższe obciążenie substancjami niż średnio dla Polski – 169,27 mg/m².

W województwie śląskim najwyższe średnie obciążenia stwierdzono w przypadku trzech badanych substancji, tj. siarczanów, azotu całkowitego i amonowego.

W województwie pomorskim stwierdzono najwyższe średnie obciążenia dla trzech z badanych substancji: jonów chlorkowych, sodu i potasu.

Najwyższe obciążenia poszczególnymi substancjami wystąpiły również w województwach: zachodniopomorskim – magnezem; dolnośląskim – azotem azotanowym; podkarpackim – wolnymi jonami wodorowymi; małopolskim – wapniem, lubuskim – miedzią.

Najmniej obciążone substancjami wprowadzonymi z opadem atmosferycznym, było w 2024 roku województwo podlaskie, przy czym czternaście województw (kolejno podlaskie, lubelskie, mazowieckie, warmińsko – mazurskie, wielkopolskie, świętokrzyskie, łódzkie, dolnośląskie, lubuskie, podkarpackie, opolskie, kujawsko – pomorskie, pomorskie oraz małopolskie) miało niższe obciążenie substancjami niż średnie dla Polski.

W województwie podlaskim stwierdzono najniższe średnie obciążenia dla trzech badanych substancji, w tym: siarczanów, potasu i miedzi.

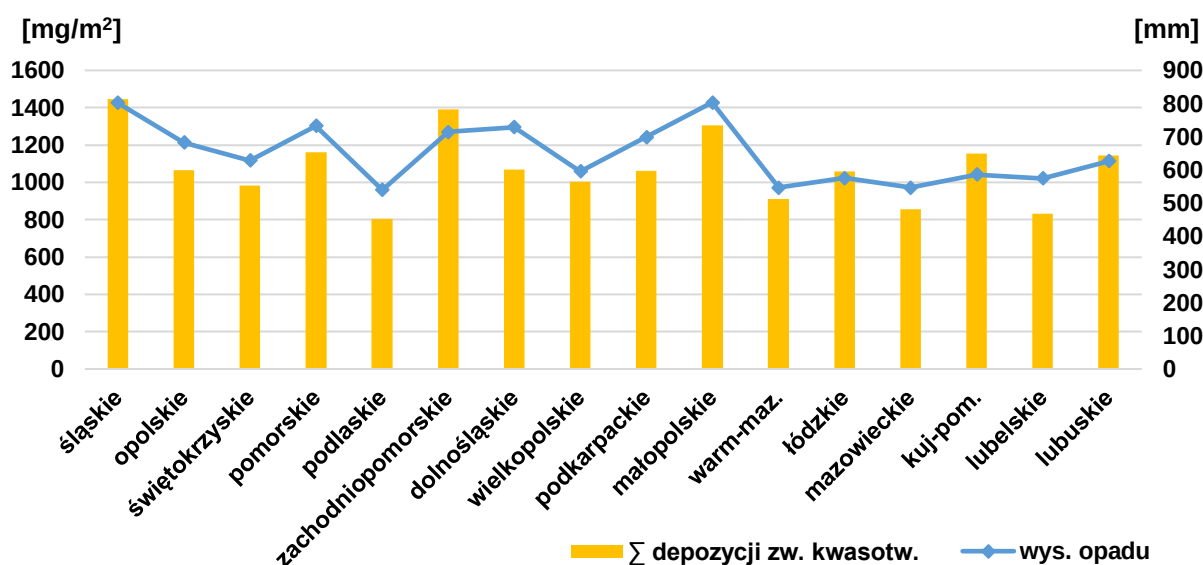
W województwie lubuskim stwierdzono najniższe średnie obciążenia dwiema badanymi substancjami: jonami chlorkowymi i magnezem.

W województwie warmińsko-mazurskim stwierdzono najniższe średnie obciążenia dwiema badanymi substancjami: azotem azotanowym i wapniem.

W województwie świętokrzyskim stwierdzono najniższe średnie obciążenia sodem, w pomorskim – azotem amonowym i wolnymi jonami wodorowymi, w lubuskim – azotem całkowitym.

Obciążenie obszaru Polski związkami kwasotwórczymi (SO_4 , Cl , N-NO_3), wniesionymi do podłoża z opadami atmosferycznymi, było bardzo zróżnicowane przestrzennie i zależne głównie od udziału siarczanów, które występowały w większych ilościach niż pozostałe substancje kwasotwórcze.

Największym ładunkiem związków kwasotwórczych w 2024 roku obciążone były województwa: śląskie – $1446,42 \text{ mg/m}^2$, w drugiej kolejności zachodniopomorskie – $1390,96 \text{ mg/m}^2$, następnie małopolskie – $1304,64 \text{ mg/m}^2$, pomorskie – $1162,74 \text{ mg/m}^2$, kujawsko-pomorskie – $1154,51 \text{ mg/m}^2$, lubuskie – $1144,43 \text{ mg/m}^2$. Mniejszym ładunkiem były obciążone kolejno województwa: dolnośląskie – $1069,8 \text{ mg/m}^2$, opolskie – $1066,91 \text{ mg/m}^2$, podkarpackie – $1062,64 \text{ mg/m}^2$, łódzkie – $1058,61 \text{ mg/m}^2$. Znacznie mniejszym ładunkiem charakteryzowało się województwo wielkopolskie – $1003,98 \text{ mg/m}^2$. Natomiast najmniej obciążone były województwa: świętokrzyskie – $983,18 \text{ mg/m}^2$, warmińsko - mazurskie – $910,90 \text{ mg/m}^2$, mazowieckie – $854,4 \text{ mg/m}^2$, lubelskie – $830,87 \text{ mg/m}^2$ oraz podlaskie – $806,15 \text{ mg/m}^2$.



Rysunek 8.11 Depozycja roczna związków kwasotwórczych w opadach na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024 roku, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

W rozkładzie przestrzennym siarczanów, największe wielkości średniego rocznego ładunku jednostkowego, skoncentrowały się na południu kraju w województwach: śląskim – maksimum $937,87 \text{ mg/m}^2$ i małopolskim – $827,70 \text{ mg/m}^2$. Znaczne wielkości średniego rocznego ładunku jednostkowego siarczanów odnotowano

w województwach: zachodniopomorskim – 652,15 mg/m², podkarpackim – 637,18 mg/m², kujawsko-pomorskim – 610,67 mg/m², łódzkim – 606,89 mg/m². Natomiast mniejsze wielkości ładunku wystąpiły w województwach: opolskim – 589,84 mg/m², lubuskim – 565,00 mg/m², świętokrzyskim – 560,64 mg/m² i dolnośląskim – 555,48 mg/m². Najmniejsze wielkości ładunku wystąpiły w województwach: wielkopolskim – 483,64 mg/m², lubelskim – 446,36 mg/m², mazowieckim – 420,92 mg/m², pomorskim – 411,13 mg/m², warmińsko-mazurskim – 406,41 mg/m² oraz podlaskim – 400,04 mg/m².

Maksymalne wielkości średnich rocznych ładunków jednostkowych chlorków w 2024 roku odnotowano na północy kraju: w województwie pomorskim – 562,42 mg/m² oraz nieco niższe w województwie zachodniopomorskim – 543,51 mg/m². Znacząco niższe poziomy ładunków chlorków wystąpiły w województwach: lubuskim – 382,17 mg/m², kujawsko – pomorskim – 353,25 mg/m², wielkopolskim – 324,61 mg/m², warmińsko - mazurskim – 324,57 mg/m², dolnośląskim – 316,3 mg/m² oraz śląskim – 313,48 mg/m². Najniższe ładunki chlorków wystąpiły w województwie małopolskim – 289,49 mg/m², opolskim – 281,282 mg/m², łódzkim – 259,23 mg/m², mazowieckim – 248,97 mg/m², podkarpackim – 237,651, mg/m² świętokrzyskim – 235,985 mg/m², podlaskim – 224,472 mg/m² oraz w lubelskim – 202,113 mg/m².

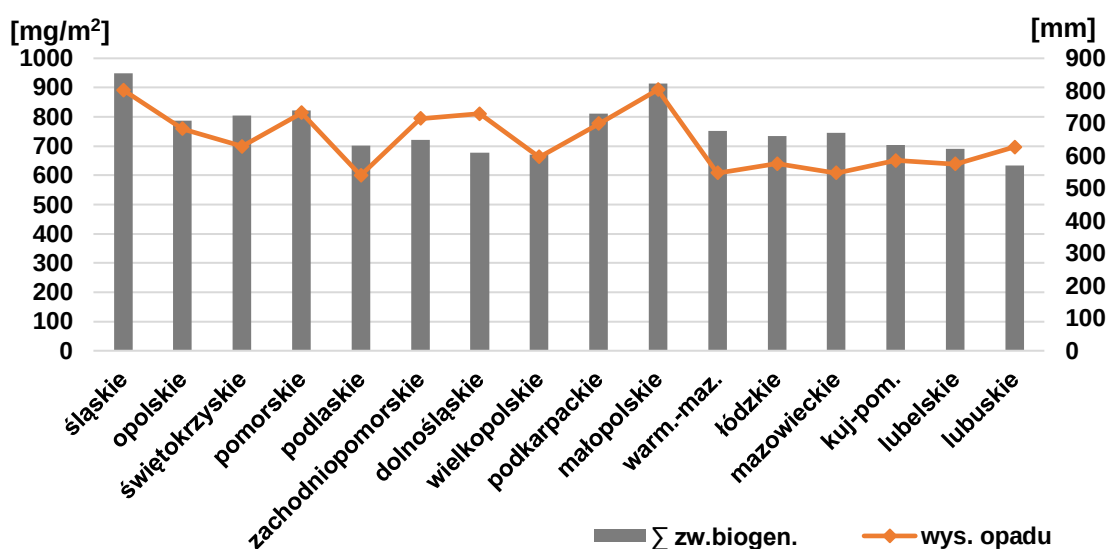
Średnie ładunki jednostkowe azotu azotanowego w roku 2024 na obszarze Polski były mało zróżnicowane. Największe obciążenie, 197,95 mg/m² wystąpiło w województwie dolnośląskim, a w drugiej kolejności w województwie lubuskim – 197,23 mg/m² i w województwach: opolskim – 195,79 mg/m², wielkopolskim – 195,74 mg/m², zachodniopomorskim – 195,31 mg/m², śląskim – 195,07 mg/m², łódzkim – 192,49 mg/m², pomorskim – 189,18 mg/m², podkarpackim – 187,81 mg/m², małopolskim – 187,46 mg/m², świętokrzyskim – 186,55 mg/m², kujawsko – pomorskim – 190,59 mg/m². Nieco niższe obciążenia stwierdzono w województwach: pomorskim – 189,18 mg/m², podkarpackim – 187,81 mg/m², małopolskim – 187,46 mg/m², świętokrzyskim – 186,55 mg/m², mazowieckim – 184,51 mg/m², lubelskim – 182,40 mg/m² oraz podlaskim – 181,64 mg/m². Najniższe obciążenia azotem azotanowym wystąpiły w województwie warmińsko – mazurskim – 179,93 mg/m².

Największe ładunki azotu amonowego wystąpiły w województwach położonych głównie na południu kraju, w następującej kolejności: w województwie śląskim – maksimum ładunku 395,27 mg/m², opolskim – 382,71 mg/m² i małopolskim – 357,71 mg/m², a następnie w dolnośląskim – 352,08 mg/m², nieco mniejsze ładunki wystąpiły w województwach: łódzkim – 344,35 mg/m², świętokrzyskim – 324,71 mg/m² i podkarpackim – 319,40 mg/m², wielkopolskim – 318,40 mg/m², lubuskim – 316,08 mg/m², kujawsko – pomorskim – 315,83 mg/m², mazowieckim – 315,37 mg/m² oraz warmińsko– mazurskim – 306,72 mg/m². Najniższe ładunki azotu amonowego, opady wniosły w województwie lubelskim – 299,61 mg/m², podlaskim – 297,30 mg/m², zachodniopomorskim – 294,82 mg/m² oraz pomorskim, gdzie stwierdzono minimalną wartość ładunku – 280,70 mg/m².

Obciążenie obszaru Polski związkami biogennymi (N_{cat.}+P_{cat.}), wniesionymi do podłoża z opadami atmosferycznymi, było bardzo zróżnicowane przestrzennie i zależne głównie od udziału azotu całkowitego, który występował w ilościach znacząco

większych niż fosfor całkowity. Wyniki depozycji fosforu całkowitego były uzyskane z uwzględnieniem stężeń poniżej granicy oznaczalności.

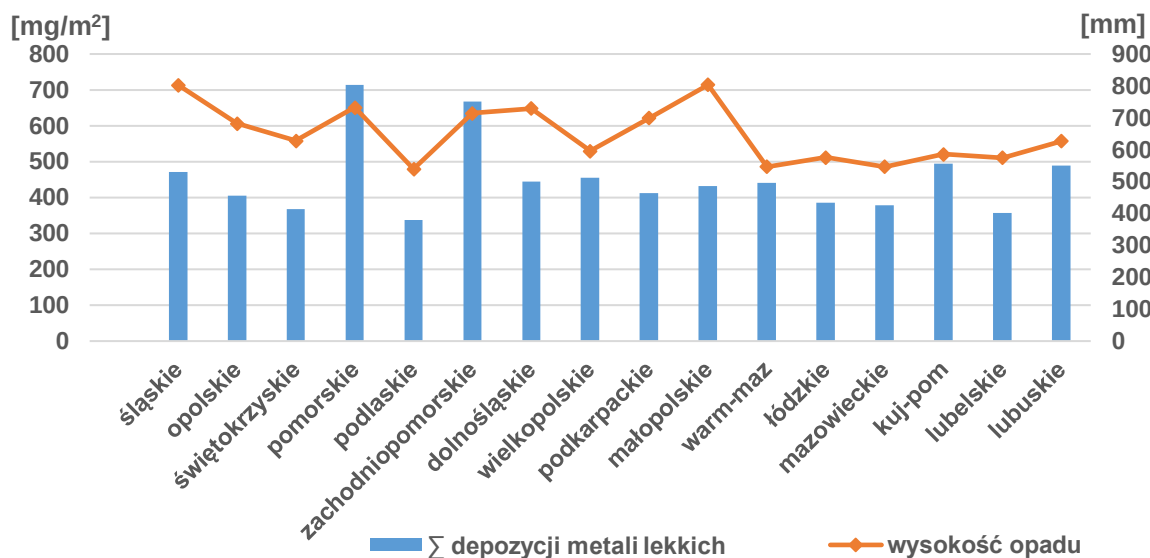
Największym ładunkiem związków biogenych (Rysunek 8.12) w 2024 roku obciążone były województwa: śląskie – 949,73 mg/m², a w drugiej kolejności małopolskie – 912,76 mg/m², następnie pomorskie – 822,08 mg/m² i podkarpackie – 811,62 mg/m² oraz świętokrzyskie – 803,57 mg/m². Nieco niższe ładunki odnotowano w województwach: opolskim – 787,04 mg/m², warmińsko – mazurskim – 751,72 mg/m², mazowieckim – 745,28 mg/m², łódzkim – 734,35 mg/m², zachodnio – pomorskim – 721,44 mg/m², kujawsko – pomorskim – 704,49 mg/m² oraz podlaskim – 701,92 mg/m². Najniższe obciążenie występowało w województwach: lubelskim – 689,41 mg/m², dolnośląskim – 677,69 mg/m², wielkopolskim – 670,65 mg/m² i lubuskim, gdzie stwierdzono ładunek minimalny – 634,38 mg/m².



Rysunek 8.12 Depozycja roczna związków biogenych w opadach na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024 roku, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności w przypadku fosforu całkowitego. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Rozkład przestrzenny azotu całkowitego w 2024 roku wykazał największą wielkość średniego ładunku jednostkowego w województwie śląskim – 935,99 mg/m², w drugiej kolejności w województwie małopolskim – 898,94 mg/m², a następnie pomorskim – 806,57 mg/m². Nieco niższe ładunki stwierdzono kolejno w województwach: podkarpackim – 797,10 mg/m², świętokrzyskim – 790,37 mg/m², opolskim – 773,13 mg/m², warmińsko – mazurskim – 738,35 mg/m², mazowieckim – 732,55 mg/m², łódzkim – 720,86 mg/m² i zachodniopomorskim – 706,52 mg/m². Mniejsze wielkości ładunku azotu całkowitego stwierdzono w województwach: kujawsko – pomorskim – 690,35 mg/m², podlaskim – 689,71 mg/m², lubelskim – 676,54 mg/m². Najmniejsze ładunki stwierdzono natomiast w województwach: dolnośląskim – 664,11 mg/m², wielkopolskim – 656,83 mg/m², przy czym zdecydowanie najmniejsze obciążenie wystąpiło na terenie województwa lubuskiego – 619,75 mg/m².

Obciążenie metalami lekkimi (metalami alkalicznymi: Na i K, metalami ziem alkalicznych: Ca, Mg) obszaru Polski, wniesionymi do podłoża z opadami atmosferycznymi, było bardzo zróżnicowane przestrzennie i zależne głównie od udziału wapnia, a w drugiej kolejności sodu, tj. metali, które występowały w znacznie większych ilościach niż potas i magnez (Rysunek 8.13).



Rysunek 8.13 Depozycja roczna metali lekkich na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024 roku uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Największym ładunkiem metali lekkich w 2024 roku obciążone było województwo pomorskie – 714,57 mg/m², a w drugiej kolejności zachodniopomorskie – 666,63 mg/m². Zdecydowanie mniejsza depozycja metali lekkich wystąpiła w województwie kujawsko - pomorskim – 494,27 mg/m², lubuskim – 489,18 mg/m², śląskim – 470,49 mg/m², wielkopolskim – 455,93 mg/m², dolnośląskim – 444,69 mg/m², warmińsko – mazurskim – 440,68 mg/m², małopolskim – 432,83 mg/m², podkarpackim – 412,95 mg/m² oraz opolskim – 404,71 mg/m². Najniższą depozycją charakteryzowały się województwa: łódzkie – 385,93 mg/m², mazowieckie – 378,00 mg/m², świętokrzyskie – 367,72 mg/m², lubelskie – 356,36 mg/m² oraz podlaskie, gdzie wartość obciążenia mokrą depozycją wynosiła 337,33 mg/m².

Największe wartości średniego rocznego ładunku jednostkowego sodu w 2024 roku stwierdzono, tak jak w poprzednim roku, na obszarze północnej Polski, w województwach: pomorskim – 358,11 mg/m² i zachodniopomorskim – 315,24 mg/m². Znacznie mniejsze obciążenie sodem występowało w województwach: lubuskim – 171,96 mg/m², kujawsko - pomorskim – 168,08 mg/m², warmińsko – mazurskim – 157,73 mg/m² oraz wielkopolskim – 141,08 mg/m², a nieco mniejsze kolejno w województwach: śląskim – 119,08 mg/m², dolnośląskim – 117,79 mg/m² i mazowieckim – 100,95 mg/m². Niższe ładunki występowały kolejno w województwach: małopolskim – 95,049 mg/m², łódzkim – 94,12 mg/m², podkarpackim – 85,05 mg/m² i podlaskim – 82,29 mg/m². Najniższe ładunki stwierdzono w województwach: opolskim

– 80,41 mg/m² i w województwie lubelskim, gdzie podobnie jak w poprzednim roku, ładunek był najniższy w skali kraju – 76,37 mg/m².

Najbardziej obciążone ładunkiem jednostkowym potasu było województwo pomorskie – z maksimum 122,118 mg/m², a dalej kujawsko - pomorskie – 96,387 mg/m², zachodniopomorskie – 91,046 mg/m² i śląskie – 86,425 mg/m². Mniejszym ładunkiem potasu były obciążone kolejno województwa: opolskie – 77,78 mg/m², podkarpackie – 76,932 mg/m², wielkopolskie – 75,728 mg/m² oraz warmińsko – mazurskie – 73,837 mg/m² i małopolskie – 73,303 mg/m². Niższe ładunki potasu, występowały w województwach: dolnośląskim – 71,368 mg/m² i lubuskim – 71,358 mg/m², następnie lubelskim – 66,166 mg/m², łódzkim – 62,71 mg/m², świętokrzyskim – 60,784 mg/m² oraz mazowieckim – 59,913 mg/m². Najmniejsze obciążenie, odnotowano w województwie podlaskim – 50,185 mg/m².

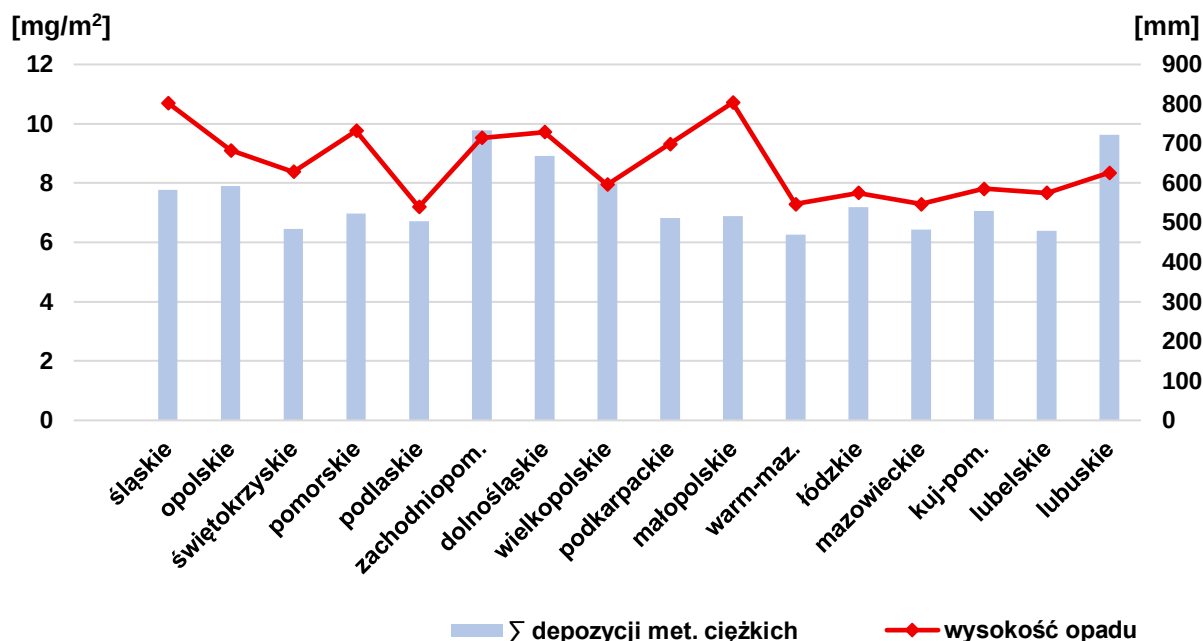
Średni roczny ładunek jednostkowy wapnia najwyższe wartości osiągnął w województwach Polski południowej z maksimum w małopolskim – 235,90 mg/m² i tak, jak w poprzednim roku, w województwie śląskim – 235,75 mg/m², w następnej kolejności w województwie dolnośląskim – 224,58 mg/m², podkarpackim – 223,01 mg/m², opolskim – 218,53 mg/m² i świętokrzyskim – 211,71 mg/m². Nieznacznie niższe wartości ładunków wystąpiły w województwach: zachodniopomorskim – 208,45 mg/m², lubuskim – 207,15 mg/m², wielkopolskim – 206,03 mg/m² oraz łódzkim – 202,00 mg/m². Poniżej 200 mg/m² osiągnęły ładunki w województwach: kujawsko – pomorskim – 194,87 mg/m², mazowieckim – 190,28 mg/m², lubelskim – 188,18 mg/m² i pomorskim – 187,91 mg/m². Najniższe średnie roczne ładunki jednostkowe wapnia odnotowano w województwach: podlaskim – 178,57 mg/m² i warmińsko - mazurskim z minimum – 176,14 mg/m².

Największym ładunkiem magnezu zostały obciążone województwa: zachodniopomorskie z maksimum – 51,90 mg/m², a następnie pomorskie – 46,43 mg/m² oraz lubuskie – 38,71 mg/m². Nieznacznie niższe obciążenie magnezem charakteryzowało województwa: kujawsko-pomorskie – 34,94 mg/m², wielkopolskie – 33,10 mg/m², warmińsko – mazurskie – 32,97 mg/m² oraz dolnośląskie – 30,96 mg/m². Niższe ładunki magnezu wprowadzone zostały kolejno z opadem atmosferycznym na obszary województw: śląskiego – 29,23 mg/m², małopolskiego – 28,58 mg/m², opolskiego – 27,99 mg/m² i podkarpackiego – 27,96 mg/m², łódzkiego – 27,10 mg/m² oraz mazowieckiego – 26,87 mg/m² i podlaskiego – 26,29 mg/m². Najmniejszymi ładunkami magnezu zostały obciążone województwa: świętokrzyskie – 25,78 mg/m² i lubelskie – 25,65 mg/m².

Obciążenie obszaru Polski metalami ciężkimi (As, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Hg), wniesionymi do podłoża w opadach atmosferycznych, było bardzo zróżnicowane przestrzennie w zależności od rodzaju metalu (Rysunek 8.14). Wyniki depozycji metali ciężkich były uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności.

Największym ładunkiem metali ciężkich w 2024 roku obciążone było województwo zachodniopomorskie z maksimum 9,784 mg/m², a w następnej kolejności województwa: lubuskie – 9,627 mg/m² i dolnośląskie – 8,909 mg/m². Mniejszym ładunkiem metali ciężkich, obciążone były kolejno województwa: wielkopolskie – 7,993 mg/m², opolskie –

7,898 mg/m², śląskie – 7,769 mg/m², łódzkie – 7,181 mg/m² i kujawsko - pomorskie – 7,061 mg/m².



Rysunek 8.14. Depozycja roczna metali ciężkich na powierzchnię poszczególnych województw oraz roczne sumy opadów w 2024 roku, uzyskane z wyników interpolacji. Wyniki depozycji uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Mniej obciążone były województwa: pomorskie – 6,975 mg/m², małopolskie – 6,886 mg/m², podkarpackie – 6,816 mg/m², podlaskie – 6,722 mg/m² oraz świętokrzyskie – 6,445 mg/m² i mazowieckie – 6,434 mg/m². Najmniej obciążone były województwa: lubelskie – 6,396 mg/m² i warmińsko - mazurskie z minimum – 6,268 mg/m².

Największy średni ładunek jednostkowy cynku stwierdzono, podobnie jak w poprzednim roku, na południu kraju w województwie śląskim z maksimum – 6,6325 mg/m², a w drugiej kolejności w województwie zachodniopomorskim – 6,3321 mg/m². Znacznym ładunkiem obciążone były kolejno województwa: opolskie – 6,2699 mg/m², dolnośląskie – 6,193 mg/m², lubuskie – 6,1125 mg/m², podlaskie – 6,0765 mg/m² łódzkie – 6,0599 mg/m² i wielkopolskie – 6,0324 mg/m². Nieznacznie mniejsze ładunki stwierdzono w województwach: małopolskim – 5,9573 mg/m², kujawsko -pomorskim – 5,792 mg/m², podkarpackim – 5,7372 mg/m², lubelskim – 5,6878 mg/m², świętokrzyskim – 5,6588 mg/m² i mazowieckim – 5,6546 mg/m². Najmniejszy średni ładunek jednostkowy cynku, stwierdzono dla województw: pomorskiego – 5,5408 mg/m² i warmińsko - mazurskiego z minimum – 5,3415 mg/m².

Najbardziej obciążone miedzią było województwo lubuskie – 3,1165 mg/m², a w drugiej kolejności, województwo zachodniopomorskie – 3,0805 mg/m². Znacznie mniejszym ładunkiem, obciążone były kolejno województwa: dolnośląskie – 2,2978 mg/m², wielkopolskie – 1,6055 mg/m², opolskie – 1,2603 mg/m² i pomorskie – 1,1093 mg/m². Najmniejsza depozycja tego metalu miała miejsce w województwach:

kujawsko - pomorskim – 0,9513 mg/m², łódzkim – 0,8126 mg/m², podkarpackim – 0,8097 mg/m², śląskim – 0,7877 mg/m², warmińsko – mazurskim – 0,673 mg/m², małopolskim – 0,6224 mg/m², mazowieckim – 0,5289 mg/m², świętokrzyskim – 0,5184 mg/m² oraz lubelskim – 0,4651 mg/m², natomiast minimalna wielkość ładunku miedzi została wprowadzona z opadem mokrym na wschodnie obszary Polski, podobnie jak w 2023 roku, w województwie podlaskim – 0,4097 mg/m².

Największe w 2024 roku średnie roczne wielkości ładunku jednostkowego jonu wodorowego H⁺ na obszarze Polski wystąpiły w województwach: podkarpackim, z maksimum obciążenia – 3,949 mg/m², a następnie w lubelskim – 3,887 mg/m² i kolejno w śląskim – 3,749 mg/m², małopolskim – 3,73 mg/m², świętokrzyskim – 3,380 mg/m², łódzkim – 3,355 mg/m², mazowieckim – 3,348 mg/m², opolskim – 3,319 mg/m² oraz podlaskim – 3,204 mg/m². Wyraźnie niższe średnie roczne ładunki wystąpiły w województwach: zachodniopomorskim – 2,886 mg/m², dolnośląskim – 2,868 mg/m², wielkopolskim – 2,865 mg/m² oraz kujawsko – pomorskim – 2,825 mg/m². Najniższe średnie wielkość ładunku jonu wodorowego odnotowano w województwach: lubuskim – 2,794 mg/m², warmińsko – mazurskim – 2,506 mg/m² oraz pomorskim, z minimum wynoszącym 2,389 mg/m².

Reasumując, na powierzchnię szesnastu województw, spośród badanych substancji, wprowadzono najmniejsze wartości średnich rocznych ładunków jednostkowych trzech substancji w województwie podlaskim, to jest: siarczanów, potasu, miedzi. W województwie lubelskim, stwierdzono najniższe średnie obciążenia dwóch z badanych substancji, w tym: jonów chlorkowych, magnezu. W województwie warmińsko - mazurskim, stwierdzono najniższe średnie obciążenia trzech z badanych substancji, w tym: azotu azotanowego, wapnia oraz cynku. Najniższe średnie obciążenia poszczególnymi substancjami stwierdzono również w województwach: świętokrzyskim – sodu, pomorskim – azotu amonowego oraz wolnych jonów wodorowych, a w lubuskim – azotu całkowitego.

Największe wartości średnich rocznych ładunków jednostkowych dla trzech substancji stwierdzono w województwie śląskim, tj. dla siarczanów, azotu całkowitego i amonowego. W województwie pomorskim były najwyższe obciążenia w przypadku również trzech badanych substancji, w tym: jonów chlorkowych, sodu oraz potasu. Stwierdzono ponadto najwyższe obciążenia w województwie zachodniopomorskim dla magnezu, w województwie dolnośląskim – azotu azotanowego, w podkarpackim – jonów wodorowych, w małopolskim – wapnia, a w lubuskim – miedzi.

9 Ocena depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych do podłoża w 2024 roku na tle poprzednich dziesięciu lat pomiarów chemizmu opadów (2014-2023).

Obciążenie powierzchniowe obszaru Polski badanymi substancjami wniesionymi wraz z opadami atmosferycznymi w 2024 roku (średnia roczna wysokość opadów 688,1 mm), według modelu rozkładu przestrzennego, wynosiło 19505,9 mg/m².

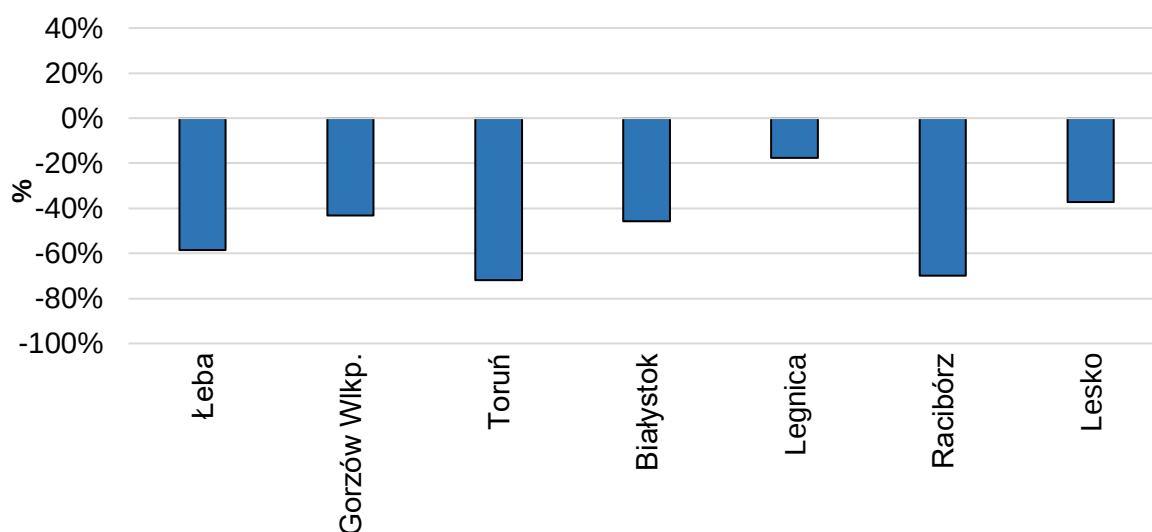
W 2024 roku obciążenie powierzchniowe Polski było najniższym obciążeniem w porównywanym okresie dziesięcioletnim. Było niższe o 22,1% od obciążenia występującego w 2023 r. wynoszącego 25053,3 mg/m² przy średniej rocznej wysokości opadów niższej o 2,9% (o 19,3 mm).

Biorąc pod uwagę siedem stacji badawczych, na których wykonywano badania chemizmu opadów atmosferycznych w latach 2014-2023 oraz w 2024 roku, można stwierdzić, że na każdej ze stacji wystąpił spadek depozycji rocznej w 2024 roku w stosunku do średniej depozycji rocznej z dziesięciu lat badań (Tabela 9.1, Rysunek 9.1; Załącznik nr 1, Tabele 89 – 107; Załącznik nr 2, Rysunki 26 – 60).

Tabela 9.1 Wielkość depozycji rocznej w 2024 roku w stosunku do średniej depozycji rocznej z dziesięciu lat badań (2014-2023). Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

stacja monitoringowa	jednostka	depozycja średnia 2014-2023	depozycja w 2024 roku	spadek lub wzrost depozycji [%]
Łeba	mg/m ²	3160,85	1312,63	-58
Gorzów Wlkp.	mg/m ²	3193,84	1812,05**	-43
Toruń	mg/m ²	4052,96	1133,44**	-72
Białystok	mg/m ²	2924,40	1589,32**	-46
Legnica	mg/m ²	2314,88	1907,24**	-18
Racibórz	mg/m ²	3479,49	1043,47**	-70
Lesko	mg/m ²	4325,90	2714,29**	-37

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności



Rysunek 9.1 Procentowe różnice depozycji w 2024 roku w stosunku do średniej z lat 2014-2023 na siedmiu porównywanych stacjach pomiarowych. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Największy spadek depozycji całkowitej w 2024 roku w stosunku do depozycji w dziesięcioleciu 2014-2023 stwierdzono na stacji w Toruniu i wynosił on 72%. Najmniejszy spadek depozycji wykazano na stacji w Legnicy - 18% (Tabela 9.1, Rysunek 9.1). Spadki depozycji poszczególnych badanych wskaźników były bardzo zróżnicowane w zależności od stacji i wskaźnika. Różnice procentowe w wielkościach depozycji dla każdej z siedmiu stacji i każdego wskaźnika oraz sum związków kwasotwórczych, biogennych, metali alkalicznych, metali ciężkich przedstawiają Tabele 9.2 - 9.8.

Tabela 9.2 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Białymstoku, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [$\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{rok}$], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	Średnia wartość depozycji z wielolecia 2014-2023	Depozycja w 2024 roku	różnica % Δ depozycji w 2024 do śr. dep. z lat 2014-2023
JEDNOSTKA	mg/m^2		%
Cl^-	306,4	210,7	-31
SO_4^{2-}	896,1	461,7	-48
N_NO_3	214,2	129,3	-40
Zw. kwasotwórcze	1416,6	801,7	-43
N_NH_4^+	370,7	266,6	-28

WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	Średnia wartość depozycji z wielolecia 2014-2023	Depozycja w 2024 roku	różnica % Δ depozycji w 2024 do śr. dep. z lat 2014-2023
JEDNOSTKA	mg/m ²		%
Na ⁺	148,7	66,4**	-55
K ⁺	99,4	34,5**	-65
Ca ²⁺	481,8	212,7	-56
Mg ²⁺	75,5	20,1	-73
Metale alkaliczne	805,3	333,6**	-59
Zn	49,81	3,34**	-93
Cu	2,56	0,25**	-90
Pb	0,29	0,04**	-86
Cd	0,060	0,01**	-83
Ni	0,31	-	-
Cr	0,18	0,04**	-78
Metale ciężkie	53,21	3,69**	-93
N cał.	836,5	574,5	-31
P cał.	26,19	5,08**	-81
Zw. biogenne	862,72	579,6**	-33
Jon wodorowy	0,75	0,80	7
wielkości opadów, [mm]	644,9	446,00	-31

- brak analizy danego parametru na wskazanej stacji monitoringowej

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

Tabela 9.3 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Gorzowie Wlkp., w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m²*rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	Średnia wartość depozycji z wielolecia 2014-2023	Depozycja w 2024 roku	różnica % Δ depozycji w 2024r. do śr. dep. z lat 2014-2023
JEDNOSTKA	mg/m ²		%
Cl ⁻	596,6	278,7	-53
SO ₄ ²⁻	812,8	475,4	-42
N_NO ₃	200,6	180,2	-10
Zw. kwasotwórcze	1610,0	934,3	-42
N_NH ₄ ⁺	339,4	273,5	-19
Na ⁺	248,1	171,8	-31
K ⁺	147,6	68,3	-54
Ca ²⁺	313,5	152,3	-51
Mg ²⁺	44,2	30,1	-32
Metale alkaliczne	753,4	422,5	-44
Zn	11,30	4,23	-63
Cu	8,0	3,62	-55
Pb	0,48	0,10**	-79
Cd	0,04	0,02**	-50
Ni	0,50	0,19**	-62
Cr	0,05	0,05**	0
Metale ciężkie	20,36	8,21**	-60
N cał.	981,9	599,6	-39
P cał.	26,83	27,58**	3
Zw. biogenne	1008,8	627,2**	-38
Jon wodorowy	1,92	1,45	-24
wielkości opadów, [mm]	558,9	518,20	-7

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

Tabela 9.4 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Legnicy, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m²*rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ.
Opracowanie: IMGW-PIB

WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	Średnia wartość depozycji z wielolecia 2014-2023	Depozycja w 2024 roku	różnica % Δ depozycji w 2024r. do śr. dep. z lat 2014-2023
JEDNOSTKA	mg/m ²		%
Cl ⁻	335,5	354,3	6
SO ₄ ²⁻	814,3	494,8	-39
N_NO ₃	214,2	156,0	-27
Zw. kwasotwórcze	1363,9	1005,1	-26
N_NH ₄ ⁺	335,2	233,3	-30
Na ⁺	179,9	120,4	-33
K ⁺	116,5	77,9	-33
Ca ²⁺	253,8	318,9	26
Mg ²⁺	42,7	27,1	-37
Metale alkaliczne	593,0	544,3	-8
Zn	13,29	7,52	-43
Cu	4,89	4,07	-17
Pb	1,60	0,55**	-66
Cd	0,05	0,02	-58
Ni	0,33	0,27**	-17
Cr	0,08	0,05**	-36
Metale ciężkie	20,25	12,49**	-38
N cał.	737,6	494,1	-33
P cał.	20,19	7,44**	-63
Zw. biogenne	757,81	501,5**	-34
Jon wodorowy	2,91	2,44	-16
wielkości opadów, [mm]	533,9	525,00	-2

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

Tabela 9.5 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Lesku, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m²*rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMS - GIOŚ.
Opracowanie: IMGW-PIB

WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	Średnia wartość depozycji z wielolecia 2014-2023	Depozycja w 2024 roku	różnica % Δ depozycji w 2024r. do śr. dep. z lat 2014-2023
JEDNOSTKA	mg/m ²		%
Cl ⁻	688,0	301,2**	-56
SO ₄ ²⁻	1324,7	798,7	-40
N_NO ₃	266,4	209,1	-21
Zw. kwasotwórcze	2279,0	1309,0**	-43
N_NH ₄ ⁺	398,9	340,1	-15
Na ⁺	319,0	115,1**	-64
K ⁺	197,1	116,7	-41
Ca ²⁺	534,8	312,2	-42
Mg ²⁺	121,4	37,5	-69
Metale alkaliczne	1172,3	581,5**	-50
Zn	45,93	12,30	-73
Cu	5,73	1,67	-71
Pb	0,95	0,08**	-92
Cd	0,28	0,04	-86
Ni	0,43	-	-
Cr	0,08	0,08**	0
Metale ciężkie	53,41	14,18	-73
N cał.	1042,5	997,4	-4
P cał.	44,22	21,24**	-52
Zw. biogenne	1086,73	1018,6**	-6
Jon wodorowy	4,48	3,59	-20
wielkości opadów, [mm]	803,2	819,10	2

- brak analizy danego parametru na wskazanej stacji monitoringowej

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

Tabela 9.6 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Łebie, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m²*rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ.
Opracowanie: IMGW-PIB

WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	Średnia wartość depozycji z wielolecia 2014-2023	Depozycja w 2024 roku	różnica % Δ depozycji w 2024r. do śr. dep. z lat 2014-2023
JEDNOSTKA	mg/m ²		%
Cl ⁻	1038,8	974,9	-6
SO ₄ ²⁻	541,2	180,7	-67
N_NO ₃	209,0	202,1	-3
Zw. kwasotwórcze	1789,0	1357,7	-24
N_NH ₄ ⁺	227,9	204,5	-10
Na ⁺	573,2	530,1	-8
K ⁺	137,2	163,8	19
Ca ²⁺	172,4	136,8	-21
Mg ²⁺	78,8	71,4	-9
Metale alkaliczne	961,7	902,1	-6
Zn	6,38	2,82	-56
Cu	2,03	0,60	-70
Pb	0,18	0,10	-44
Cd	0,03	0,02	-33
Ni	0,28	0,31	11
Cr	0,04	0,08	100
Metale ciężkie	9,0	3,93	-56%
N cał.	584,9	1346,7	130%
P cał.	23,45	39,85	70
Zw. biogenne	608,35	1386,6	128
Jon wodorowy	1,8	3,05	67
wielkości opadów, [mm]	595,3	664,90	12

Tabela 9.7 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Raciborzu, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m²*rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ.
Opracowanie: IMGW-PIB

WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	Średnia wartość depozycji z wielolecia 2014-2023	Depozycja w 2024 roku	różnica % Δ depozycji w 2024r. do śr. dep. z lat 2014-2023
JEDNOSTKA	mg/m ²		%
Cl ⁻	413,6	232,9	-44
SO ₄ ²⁻	1171,6	750,8	-36
N_NO ₃	233,2	198,6	-15
Zw. kwasotwórcze	1818,3	1182,3	-35
N_NH ₄ ⁺	458,3	454,6	-1
Na ⁺	175,3	58,0**	-67
K ⁺	122,3	88,2	-28
Ca ²⁺	622,6	220,1	-65
Mg ²⁺	82,5	20,6**	-75
Metale alkaliczne	1002,6	386,9**	-61
Zn	9,22	2,83**	-69
Cu	1,99	0,29**	-85
Pb	0,70	0,07**	-90
Cd	0,07	0,03**	-57
Ni	0,25	-	-
Cr	0,12	0,07**	-42
Metale ciężkie	12,4	3,29	-73
N cał.	854,4	1137,3	33
P cał.	24,32	29,89**	23
Zw. biogenne	878,74	1167,2**	33
Jon wodorowy	0,60	0,74	23
wielkości opadów, [mm]	552,2	653,90	18

- brak analizy danego parametru na wskazanej stacji monitoringowej

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

Tabela 9.8 Depozycja poszczególnych substancji wprowadzana z opadem atmosferycznym mokrym na tereny stacji monitoringowej w Toruniu, w dziesięcioleciu 2014-2023 i w 2024 roku [mg/m²*rok], roczne sumy opadów [mm] oraz procent wzrostu lub spadku depozycji w odniesieniu do dziesięciolecia. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ.
Opracowanie: IMGW-PIB

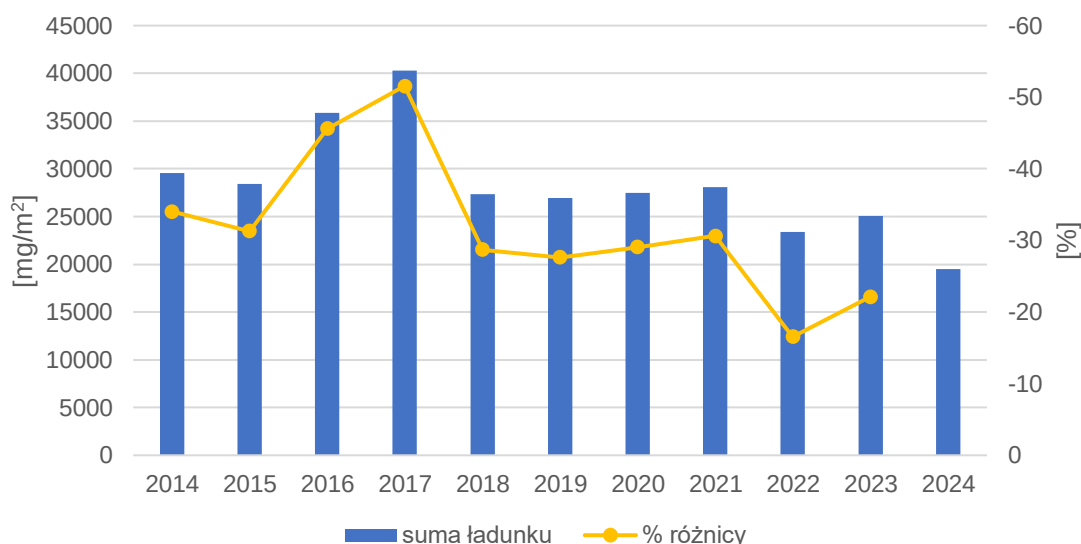
WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	Średnia wartość depozycji z wielolecia 2014-2023	Depozycja w 2024 roku	różnica % Δ depozycji w 2024r. do śr. dep. z lat 2014-2023
JEDNOSTKA	mg/m ²		%
Cl ⁻	508,6	226,4	-55
SO ₄ ²⁻	1147,0	703,3	-39
N_NO ₃	226,2	196,1	-13
Zw. kwasotwórcze	1881,7	1125,8	-40
N_NH ₄ ⁺	347,8	388,9	12
Na ⁺	345,8	126,5	-63
K ⁺	149,7	115,9	-23
Ca ²⁺	940,2	265,5	-72
Mg ²⁺	122,7	33,8	-72
Metale alkaliczne	1558,4	541,8	-65
Zn	20,46	5,37	-74
Cu	3,55	0,87	-75
Pb	0,21	0,09**	-57
Cd	0,03	0,02	-33
Ni	0,35	0,14**	-60
Cr	0,04	0,08**	100
Metale ciężkie	24,6	6,57**	-73
N cał.	790,2	647,0	-18
P cał.	24,11	11,89**	-51
Zw. biogenne	814,31	658,9**	-19
Jon wodorowy	0,11	1,45	1218
wielkości opadów, [mm]	553,8	571,40	3

** wynik obliczony z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności

Największa procentowa różnica w badanym okresie występuje w porównaniu do obciążenia w 2017 roku (Rysunek 9.2). W roku 2017 obciążenie wyniosło 40276,5 mg/m² (było o 51,6% wyższe niż w 2024 roku) przy wyższej średniej rocznej wysokości opadów o 9,4% (o 71,8 mm).

Najmniejsza procentowa różnica w badanym okresie występuje w porównaniu do obciążenia w 2022 roku. W roku 2022 obciążenie wyniosło 23371,7 mg/m² (było o 16,5% wyższe niż w 2024 roku), przy niższej średniej rocznej wysokości opadów o 22,5% (o 126,3 mm).

W porównaniu do omawianego dziesięciolecia 2014 - 2023 obciążenie w 2024 r. było mniejsze o 33,3% od wartości średniej z wielolecia 2014 - 2023, wynoszącej 29242,81 mg/m², przy niższej średniej rocznej wysokości opadów w latach 2014 - 2023 o 14,7% (o 88,1 mm).



Rysunek 9.2 Zestawienie rocznych ładunków z porównywanego dziesięciolecia z procentem różnicy. Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Jony chlorkowe

Roczna depozycja chloru w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje istotną statystycznie tendencję spadkową, z wyłączeniem Legnicy, w której w porównaniu do średniorocznej depozycji z lat 2014 – 2023 wzrosła o 17,2%.

Na pozostałych porównywanych stacjach depozycja jonów chlorkowych w porównywanym okresie jest niższa, największy spadek osiągnięto na stacjach w Lesku (-56,2%), Toruniu (-55,4%) i Gorzowie Wlkp. (-53,3%), następnie w Raciborzu (-43,7%), Białymstoku (-31,3%) i Łebie (-6,2) (Rysunek 9.3). W Lesku w 2024 roku wystąpiły stężenia chlorków poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku zakres miesięcznej depozycji chloru wynosił od 3,33 mg/m² w sierpniu 2015 roku do 93,10 mg/m² w grudniu 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 90).

W Gorzowie Wlkp. najniższa wartość miesięcznej depozycji wyniosła 1,00 mg/m² w marcu 2022 roku, natomiast najwyższa 323,00 mg/m² w czerwcu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 90).

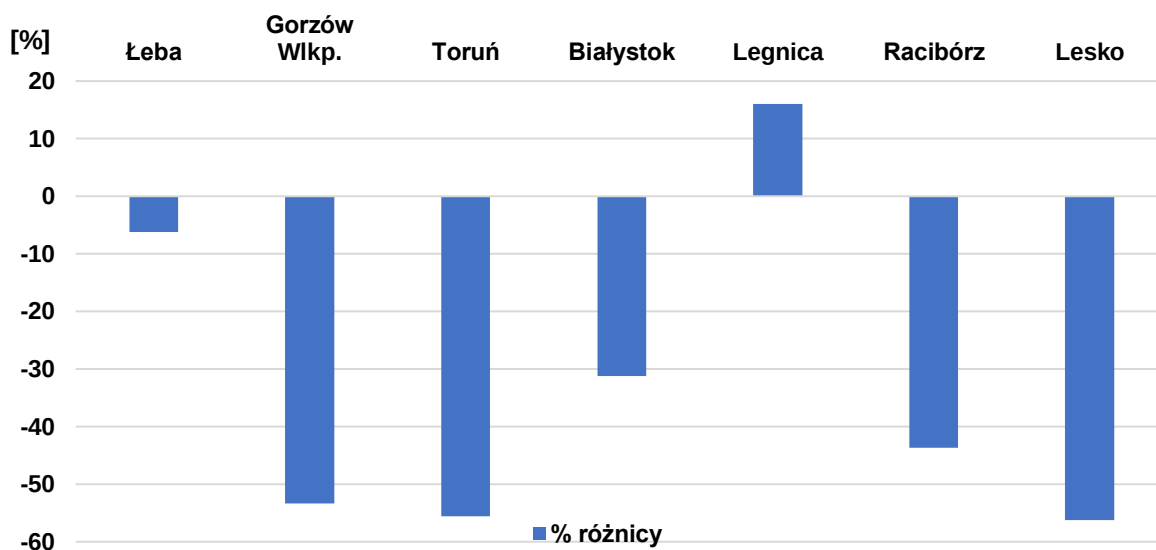
W Legnicy w lutym 2014 roku odnotowano najniższą depozycję chloru wynoszącą 1,78 mg/m² – natomiast najwyższa 234,59 mg/m² wystąpiła w czerwcu 2024 roku (Załącznik nr 1, Tabela 90).

W Lesku depozycja chloru mieściła się w zakresie 1,00 – 336,73 mg/m². Najniższą wartość odnotowano w październiku 2021 roku, a najwyższą w styczniu 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 90).

W Łebie najniższa wartość depozycji chloru wystąpiła we wrześniu 2023 roku i wynosiła 7,00 mg/m², natomiast najwyższa 334,33 mg/m² w listopadzie 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 90).

W Raciborzu najniższa wartość miesięcznej depozycji chloru wyniosła 6,00 mg/m² i miała miejsce w październiku 2021 roku. Najwyższa wartość – 215,00 mg/m² odnotowana została w sierpniu 2021 roku (Załącznik nr 1, Tabela 90).

W Toruniu najniższą wartość 1,00 mg/m² odnotowano w kwietniu 2019 roku, natomiast najwyższą 140,15 mg/m² w grudniu 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 90).



Rysunek 9.3 Procentowa różnica pomiędzy depozycją jonów chlorkowych w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Siarczany

Roczna depozycja siarczanów w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje istotną statystycznie tendencję spadkową. Na porównywanych stacjach najwyższe spadki, w porównaniu do średniej z lat 2014 – 2023 osiągnęły stacje w Łebie (-66,6%), Białymstoku (-48,5%), Gorzowie Wlkp. (-41,6%), Lesku (-39,7%), następnie w Toruniu i Legnicy (odpowiednio -38,7% i -37,6%) i Raciborzu (-35,9%) (Rysunek 9.4).

W Białymstoku zakres miesięcznej depozycji siarczanów wynosił 6,00 – 244,9 mg/m². Najniższa wystąpiła w marcu 2022 roku, natomiast najwyższa w maju 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 89).

Na stacji w Gorzowie Wlkp. najniższy poziom depozycji siarczanów wyniósł 2,00 mg/m² w marcu 2022 roku. Najwyższy – 509,00 mg/m² miał miejsce w czerwcu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 89).

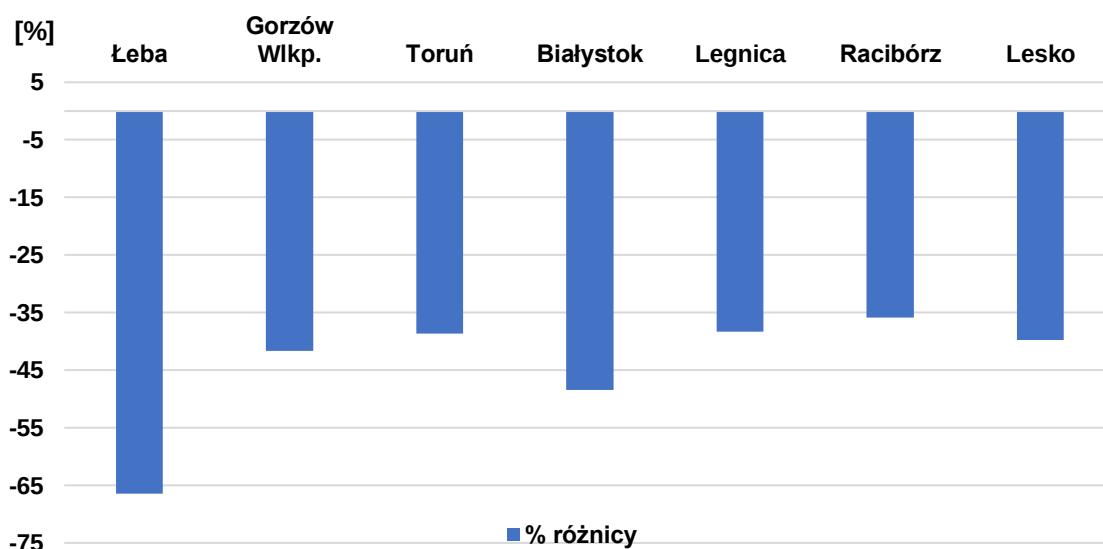
W Legnicy minimalna wartość miesięcznej depozycji siarczanów wyniosła 3,483 mg/m² w lutym 2014 roku, maksymalna natomiast wystąpiła w sierpniu 2022 roku i osiągnęła wartość 192,00 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 89).

W Lesku w październiku 2021 r. odnotowano wartość 1,00 mg/m² i była ona najniższa w porównywanym dziesięcioleciu. Najwyższa w porównywanym okresie była wartość – 464,00 mg/m², która wystąpiła w maju 2020 roku (Załącznik nr 1, Tabela 89).

Na stacji w Łebie poziom miesięcznych depozycji siarczanów wyniósł 4,00 mg/m² – 144,946 mg/m². Najniższy charakterystyczny był dla marca 2022 roku, najwyższy dla listopada 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 89).

W Raciborzu najniższa wartość depozycji wystąpiła w styczniu 2022 roku i osiągnęła 16,00 mg/m², natomiast najwyższa 359,00 mg/m² – we wrześniu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 89).

Toruń zanotował najniższą wartość na poziomie 0,00 mg/m² w marcu 2022 roku (miesiąc bez opadów). Najwyższą 302,575 mg/m² w październiku 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 89).



Rysunek 9.4 Procentowa różnica pomiędzy depozycją siarczanów w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Azot azotanowy

W porównaniu z latami 2014-2023 depozycja azotu azotanowego wykazuje istotną statystycznie tendencję spadkową. W stosunku do średniej depozycji

w w/w latach największy spadek odnotowano na stacji w Białymstoku (-39,7%), następnie w Legnicy (-26%), Lesku (-21,5%), Raciborzu (-14,8%) i Toruniu (-13,3%). Najniższe spadki wystąpiły na stacjach w Gorzowie Wlkp. i Łebie – odpowiednio (- 10,3%) i (-3,3%) (Rysunek 9.5).

W Białymstoku wartości zdeponowanego azotu azotanowego w badanym okresie mieściły się w zakresie 1,00 -74,00 mg/m², z czego najniższa wartość wystąpiła w kwietniu 2019 roku i marcu 2022 roku, a najwyższa osiągnięta została w lipcu 2019 roku (Załącznik nr 1, Tabela 91).

W Gorzowie Wlkp. najniższa wartość 0,00 mg/m² wystąpiła w marcu 2022 roku (miesiąc bez opadów), natomiast najwyższa 40,00 mg/m² w czerwcu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 91).

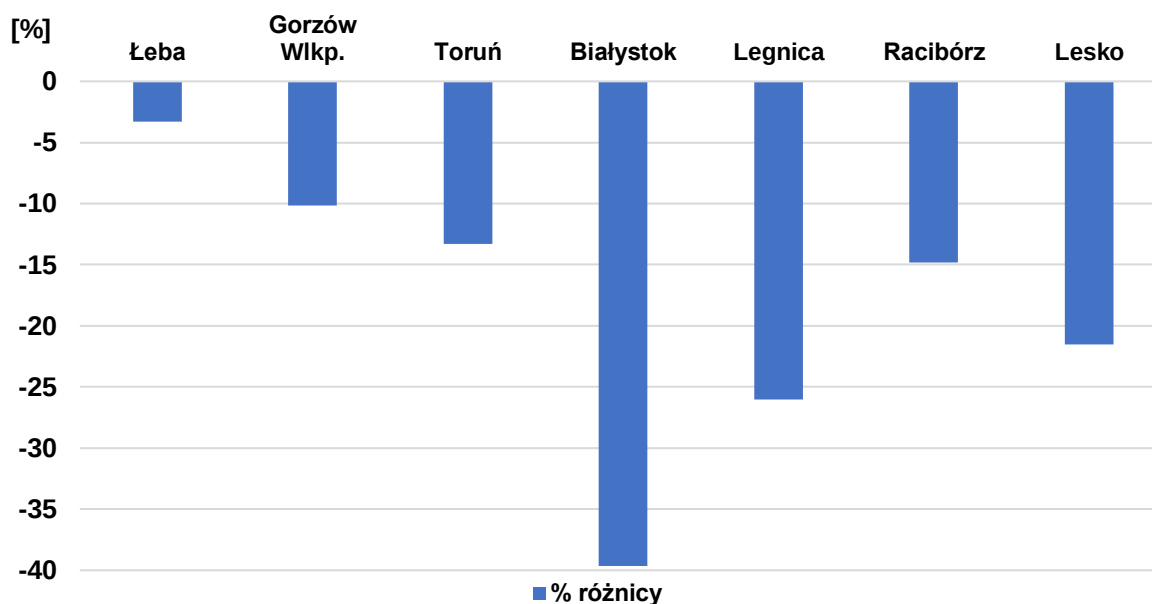
Na stacji w Legnicy najniższa depozycja azotu azotanowego wyniosła 0,94 mg/m² w marcu 2014 roku - najwyższa w maju 2014 roku i wynosiła 45,14 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 91).

W Lesku najniższy poziom depozycji osiągnięty został w październiku 2021 roku i wynosił 0,2 mg/m², a najwyższy 68,35 mg/m² w styczniu 2015 r. (Załącznik nr 1, Tabela 91).

Na stacji w Łebie zakres osiągniętej depozycji azotu azotanowego wahał się w granicach od 2,00 mg/m² w marcu 2022 do 42,55 mg/m² w lipcu 2024 roku (Załącznik nr 1, Tabela 91).

W Raciborzu najniższe wartości depozycji odnotowano w styczniu 2022 roku i marcu 2023 r. i wynosiły one 4,00 mg/m². Najwyższe 53,00 mg/m² w sierpniu 2022 roku (Załącznik nr 1, Tabela 91).

Toruń najniższą wartość 0,00 mg/m² osiągnął w kwietniu 2019 roku, najwyższa natomiast odnotowana została w lipcu 2016 roku – 66,50 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 91).



Rysunek 9.5 Procentowa różnica pomiędzy depozycją azotu azotanowego w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Sód

Roczna depozycja sodu w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje istotną statystycznie tendencję spadkową. Na porównywanych stacjach najwyższe spadki, w porównaniu do średniej z lat 2014 – 2023, osiągnęły stacje: maksymalną wartość w Raciborzu (-66,9%), Lesku (-63,9%), Toruniu (-63,4%), Białymstoku (-55,3%), następnie Gorzowie Wlkp. (- 30,8%), Legnicy (-15,4%) i Łebie (-7,5%) (Rysunek 9.6). W Raciborzu, Lesku i Białymstoku w 2024 roku wystąpiły stężenia sodu poniżej granicy oznaczalności.

Na stacji w Białymstoku najniższa wartość depozycji sodu wynosiła 0,73 mg/m² i osiągnięta została w sierpniu 2015 roku. Najwyższa natomiast wartość 55,86 mg/m² wystąpiła w grudniu 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 95).

W Gorzowie Wlkp. przedział depozycji sodu w porównywanym okresie wyniósł 0,00 – 106,00 mg/m². Dolna granica wystąpiła w czerwcu i wrześniu 2020 roku, natomiast górna w czerwcu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 95).

W Legnicy najniższa wartość 1,22 mg/m² wystąpiła w lutym 2014 roku, najwyższa natomiast 59,89 mg/m² w maju 2024 (Załącznik nr 1, Tabela 95).

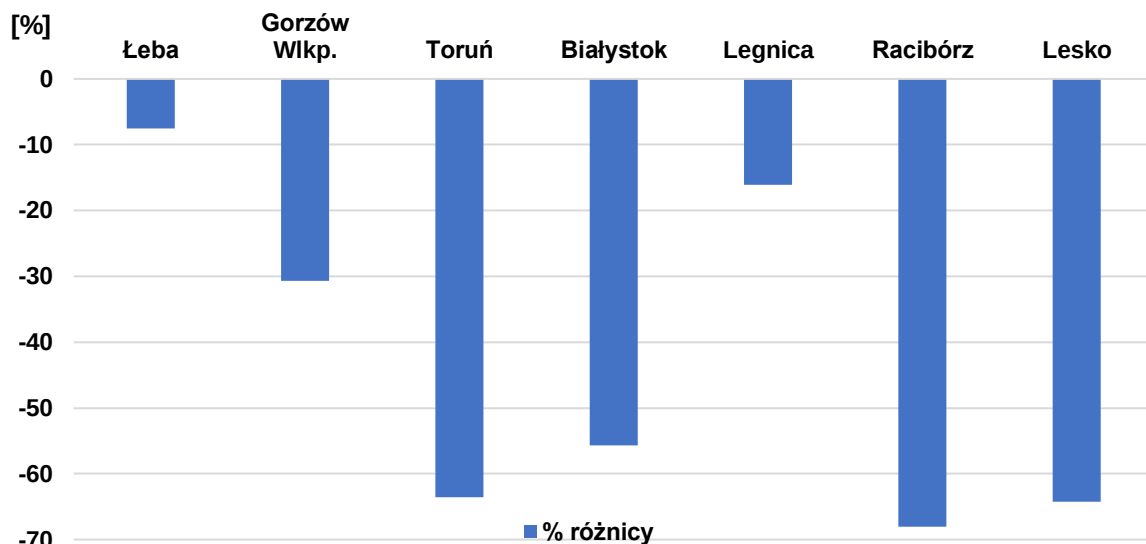
W Lesku najniższy poziom depozycji sodu wystąpił w październiku 2021 roku i wyniósł 0,00 mg/m². Najwyższy – 188,37 mg/m² w styczniu 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 95).

Na stacji w Łebie najniższy poziom depozycji 4,00 mg/m² miał miejsce w maju 2023 roku, a najwyższy – 178,80 mg/m² w listopadzie 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 95).

W Raciborzu wysokość depozycji mieściła się w zakresie 0,00 – 300,00 mg/m². Najniższa wartość wystąpiła w listopadzie 2018 roku, w kwietniu, czerwcu, lipcu

i października 2019 roku, maju 2020 roku oraz listopadzie 2021 roku. Najwyższa wartość odnotowana została w sierpniu 2021 roku (Załącznik nr 1, Tabela 95).

W Toruniu najniższa wartość depozycji 0,00 kg/ha wystąpiła w kwietniu 2020 r. i marcu 2022 roku (miesiące bez opadów). Najwyższa 93,44 mg/m² w kwietniu 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 95).



Rysunek 9.6 Procentowa różnica pomiędzy depozycją sodu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Potas

Roczna depozycja potasu w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem ma istotną statystycznie tendencję spadkową, z wyłączeniem Łeby, w której w porównaniu do średniorocznej depozycji z lat 2014 – 2023 wzrosła o 19,3%. Na pozostałych porównywanych stacjach depozycja potasu spadła, największy spadek osiągnięto na stacjach w Białymstoku (-65,3%), Gorzowie Wlkp. (-53,7%) i Lesku (-40,8%), następnie w Raciborzu (-27,9%), Toruniu (- 22,6%) i Legnicy (-12,2%) (Rysunek 9.7). W Białymstoku w 2024 roku wystąpiły stężenia potasu poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku miesięczna depozycja potasu mieściła się w granicy od 0,572 mg/m² w sierpniu 2015 roku do 32,078 mg/m² w kwietniu 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 96).

W Gorzowie Wlkp. najniższy poziom miesięcznej depozycji potasu miał miejsce w marcu 2022 roku i wyniósł 0,00 mg/m², a najwyższy w lutym 2017 roku – 143,00 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 96).

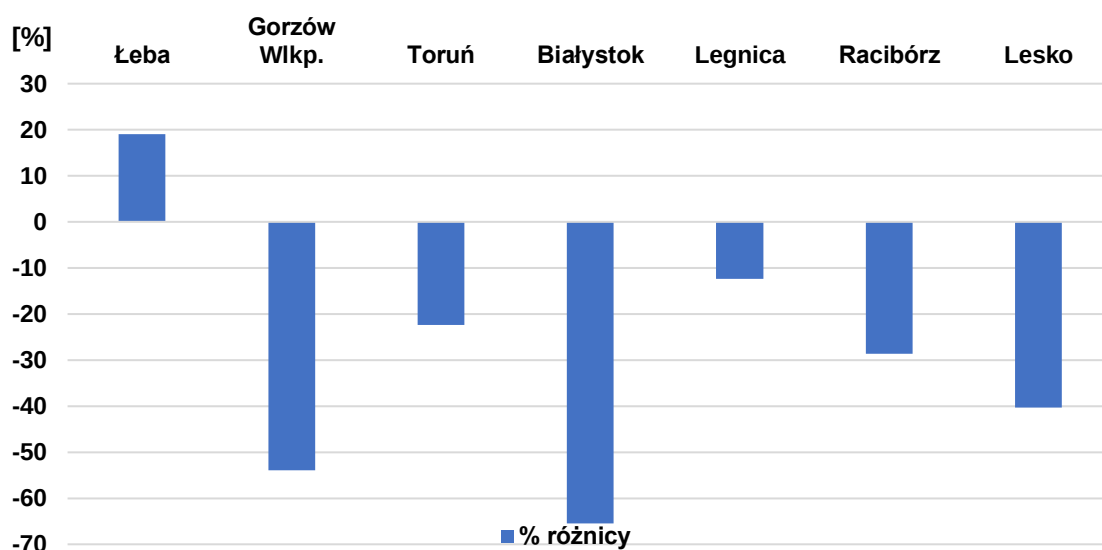
W Legnicy najniższa wartość depozycji wynosiła 0,234 mg/m² w lutym 2014 roku. Natomiast najwyższa 39,4 mg/m² w maju 2024 roku (Załącznik nr 1, Tabela 96).

Na stacji w Lesku zakres miesięcznej depozycji potasu wynosił 0,00 – 75,015 mg/m². Najniższa wartość wystąpiła w październiku 2021 roku, natomiast najwyższa w styczniu 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 96).

W analizowanym dziesięcioleciu na stacji w Łebie w lutym 2015 roku odnotowano najniższą wartość miesięcznej depozycji potasu i wynosiła ona 0,976 mg/m². Najwyższa wartość osiągnęła poziom 66,00 mg/m² i miała miejsce w lipcu 2022 roku (Załącznik nr 1, Tabela 96).

W Raciborzu najniższy poziom depozycji miesięcznej wyniósł 0,00 mg/m² i wystąpił w listopadzie 2019 roku, we wrześniu i październiku 2020 roku oraz wrześniu i grudniu 2021 roku. Najwyższą wartość 70,272 mg/m² osiągnęła w listopadzie 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 96).

W Toruniu zakres miesięcznej depozycji potasu wynosił 0,00 – 66,495 mg/m². Najniższa wartość wystąpiła w kwietniu 2019 roku, kwietniu 2020 roku i marcu 2022 roku, natomiast najwyższa w lipcu 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 96).



Rysunek 9.7 Procentowa różnica pomiędzy depozycją potasu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Wapń

W porównaniu z latami 2014-2023 depozycja wapnia wykazuje istotną statystycznie tendencję spadkową, z wyjątkiem Legnicy, w której w 2024 roku odnotowano wzrost depozycji wapnia o 52,1%. W stosunku do średniej depozycji rocznej w porównywanych latach największy spadek odnotowany został na stacji w Toruniu (-71,8%), następnie w Raciborzu (-64,6%), Białymstoku (-55,9%), Gorzowie Wlkp. (-51,4%), Lesku (-41,6%) i Łebie (-20,6%) (Rysunek 9.8).

Na stacji w Białymstoku najniższa miesięczna depozycja odnotowana została w grudniu 2024 roku i wynosiła 4,49 mg/m², najwyższa wartość miała miejsce w sierpniu 2021 roku i wynosiła 140,00 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 97).

W Gorzowie Wlkp. najniższa depozycja miesięczna wystąpiła w marcu 2022 roku z wartością 1,00 mg/m², najwyższa 178,80 mg/m² w listopadzie 2016 r. (Załącznik nr 1, Tabela 97).

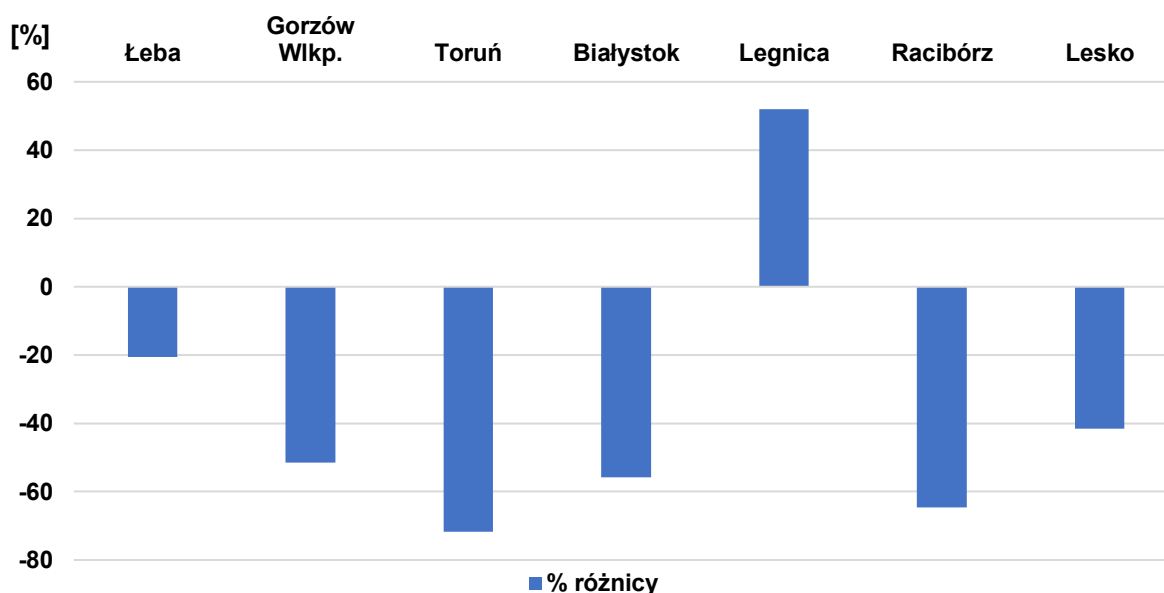
W Legnicy w lutym 2014 roku odnotowano 0,657 mg/m² wapnia i była to najniższa wartość w porównywanym przedziale czasowym, natomiast najwyższa depozycja miała miejsce w maju 2024 roku i osiągnęła wartość 184,39 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 97).

Najniższa wartość depozycji w Lesku odnotowana w październiku 2021 roku wynosiła 1,00 mg/m², natomiast najwyższa wystąpiła w tym samym roku w styczniu i wynosiła 205,00 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 97).

W Łebie najniższa wartość depozycji wapnia wystąpiła w marcu 2022 roku i wynosiła 1,00 mg/m². Najwyższa depozycja 39,00 mg/m² wystąpiła w listopadzie 2023 roku (Załącznik nr 1, Tabela 97).

Depozycja wapnia w Raciborzu mieściła się w granicach 3,00 – 177,00 mg/m², przy czym najniższa wystąpiła w styczniu 2022 roku, a najwyższa we wrześniu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 97).

W Toruniu w kwietniu 2019 roku wysokość depozycji wyniosła 1,00 mg/m² i była to najniższa wartość w porównywanym okresie najwyższa wartość – 247,00 mg/m² wystąpiła w lipcu 2021 roku (Załącznik nr 1, Tabela 97).



Rysunek 9.8 Procentowa różnica pomiędzy depozycją wapnia w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Magnez

Roczna depozycja magnezu w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje istotną statystycznie tendencję spadkową. Na porównywanych stacjach najwyższe spadki, w porównaniu do wartości średniej z lat 2014 – 2023, osiągnęły stacje: w Raciborzu (-75,0%), Białymstoku (-73,4%), Toruniu (-72,4%), w Lesku (-69,1%), Gorzowie Wlkp. (- 32,0%), Legnicy (-21,7%) i Łebie (-9,4%) (Rysunek 9.9). W Raciborzu w 2024 roku wystąpiły stężenia magnezu poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku najniższy poziom miesięcznej depozycji wynosił 0,00 mg/m² i wystąpił w marcu 2022 roku (brak opadów). Najwyższy poziom o wartości 30,24 mg/m² miał miejsce we wrześniu 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 98).

Na stacji w Gorzowie Wlkp. miesięczna depozycja magnezu mieściła się w granicy 0,00 mg/m² - 35,76 mg/m². Najniższa w marcu 2022 r. i wrześniu 2023 r., natomiast najwyższa w listopadzie 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 98).

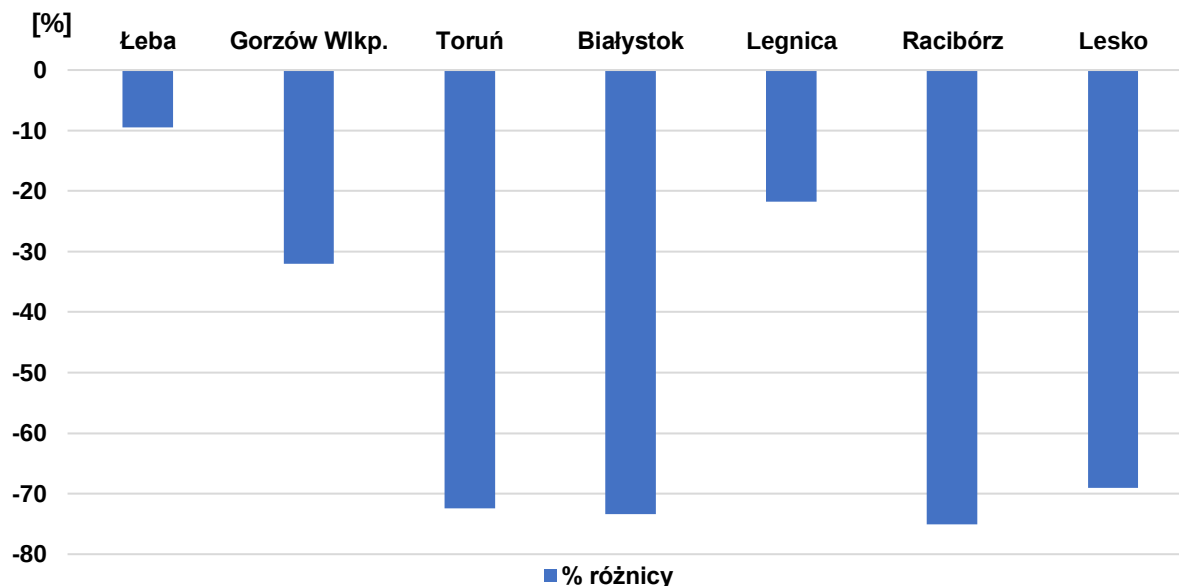
Na stacji w Legnicy najniższa wartość 0,00 mg/m² odnotowana została w grudniu 2020 roku, a najwyższa 22,99 mg/m² w sierpniu 2014 roku (Załącznik nr 1, Tabela 98).

W Lesku najniższy poziom miesięcznej depozycji osiągnięty został w październiku 2021 roku i wyniósł 0,00 mg/m². Najwyższy poziom o wartości 48,00 mg/m² wystąpił w styczniu tego samego roku (Załącznik nr 1, Tabela 98).

W Łebie zakres depozycji magnezu wynosił 0,48 – 25,00 mg/m², z czego najniższy odnotowano w lutym 2014 roku, a najwyższy w maju 2019 roku (Załącznik nr 1, Tabela 98).

W Raciborzu najniższą depozycję osiągnięto w październiku 2021 roku i lutym 2022 roku, i wynosiła ona 0,00 mg/m². Najwyższa 29,00 mg/m² wystąpiła we wrześniu 2018 roku (Załącznik nr 1, Tabela 98).

W Toruniu, w kwietniu 2019 roku i 2020 roku depozycja osiągnęła najniższą wartość 0,00 mg/m², natomiast najwyższą 62,00 mg/m² w styczniu 2021 roku (Załącznik nr 1, Tabela 98).



Rysunek 9.9 Procentowa różnica pomiędzy depozycją magnezu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Cynk

Roczna depozycja cynku w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje istotną statystycznie tendencję spadkową. Na porównywanych stacjach monitoringowych największe spadki, w porównaniu do średniej z lat 2014 – 2023 osiągnęły stacje:

w Białymstoku (-93,3%), Toruniu i Lesku (odpowiednio -73,7% i 73,2%), w Raciborzu (-69,3%), Gorzowie Wlkp. (-62,5%), Łebie (-55,8%) i Legnicy (46,0%) (Rysunek 7.10). W Białymstoku i Raciborzu w 2024 roku wystąpiły stężenia cynku poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku poziom miesięcznej depozycji cynku mieścił się w granicy $0,00 - 19,6 \text{ mg/m}^2$. Najniższy osiągnięty w grudniu 2021 roku, najwyższy w lipcu tego samego roku (Załącznik nr 1, Tabela 99).

Dla stacji w Gorzowie Wlkp. najniższy poziom depozycji cynku $0,00 \text{ mg/m}^2$ wystąpił w marcu i maju 2014 r., wrześniu 2015 r., lutym i czerwcu 2016 r., czerwcu, październiku i listopadzie 2017 r., lipcu 2019 r., lipcu, wrześniu i październiku 2020 r. oraz grudniu 2021 roku. Najwyższy $7,9 \text{ mg/m}^2$ odnotowany został w maju 2017 roku ((Załącznik nr 1, Tabela 99).

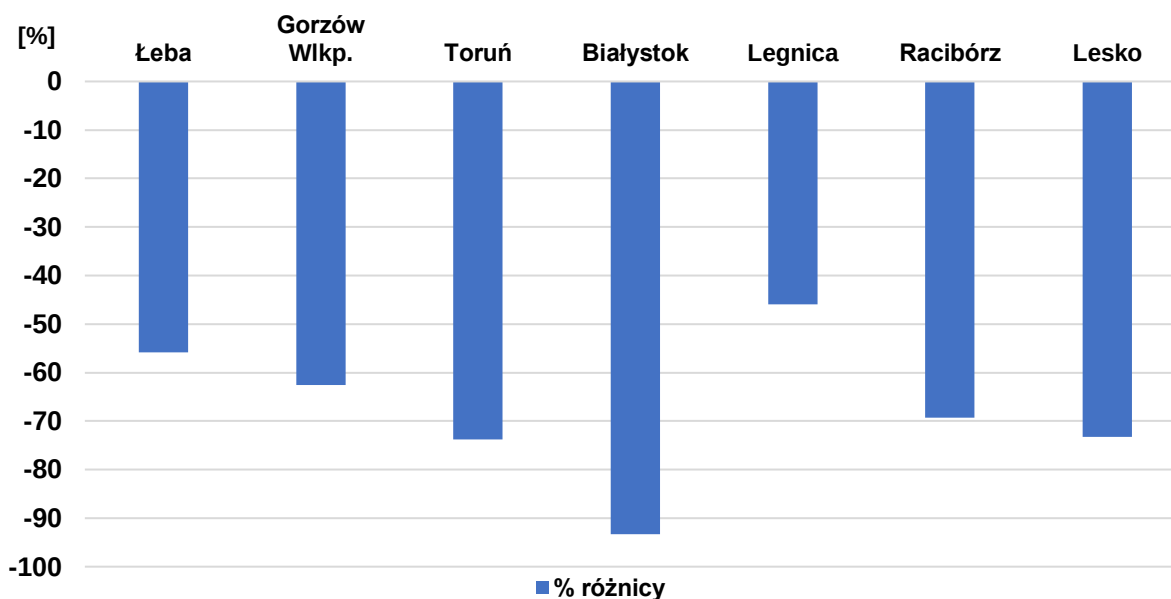
W Legnicy najniższa depozycja miesięczna cynku wyniosła $0,0504 \text{ mg/m}^2$, miała miejsce w lutym 2014 roku. Najwyższa $6,327 \text{ mg/m}^2$ wystąpiła w czerwcu 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 99).

W Lesku zakres depozycji wynosił $0,000 - 19,298 \text{ mg/m}^2$. Dolna granicy odnotowana została w październiku 2021 r., natomiast górna w grudniu 2022 roku. (Załącznik nr 1, Tabela 99).

Na stacji w Łebie najniższy poziom depozycji miesięcznej cynku stwierdzono w marcu 2022 roku i wynosiła ona $0,02 \text{ mg/m}^2$. Natomiast najwyższy poziom, który wyniósł $5,47 \text{ mg/m}^2$ uzyskano w grudniu 2023 roku (Załącznik nr 1, Tabela 99).

W Raciborzu nie stwierdzono depozycji cynku ($0,00 \text{ mg/m}^2$) w czerwcu 2015 roku, lipcu 2018 roku, październiku 2020 roku oraz lipcu 2021. Najwyższy ładunek zanotowano w maju 2014 roku i wyniósł on $3,976 \text{ mg/m}^2$ (Załącznik nr 1, Tabela 99).

Na stacji w Toruniu nie stwierdzono depozycji cynku ($0,00 \text{ mg/m}^2$) w kwietniu 2019 roku. Najwyższą depozycję uzyskano w grudniu 2016 roku - $4,126 \text{ mg/m}^2$ (Załącznik nr 1, Tabela 99).



Rysunek 9.10 Procentowa różnica pomiędzy depozycją cynku w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Miedź

Roczna depozycja miedzi w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje istotny statystycznie charakter spadkowy. Najwyższe zaobserwowane spadki odnoszą się do stacji w Białymstoku (-90,1%), Raciborzu (-85,2%), Toruniu (-75,4%), nieco mniejsze, ale również z tendencją spadkową były depozycje na stacjach w Lesku (-70,9%), Łebie (-70,3%), Gorzowie Wlkp. (-54,7%) i Legnicy (-21,5%) (Rysunek 9.11). W Białymstoku i Raciborzu w 2024 roku wystąpiły stężenia miedzi poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku miesięczna depozycja miedzi w porównywanym dziesięcioleciu znajdowała się w granicach $0,00 \text{ mg/m}^2$ – $1,480 \text{ mg/m}^2$. Najniższa wartość wystąpiła w grudniu 2021 roku, a najwyższa w październiku 2017 r. (Załącznik nr 1, Tabela 100).

W Gorzowie Wlkp. najniższy zakres depozycji miedzi wynosił $0,01 \text{ mg/m}^2$ w marcu 2022 roku, a najwyższy $4,42 \text{ mg/m}^2$ w czerwcu 2019 roku (Załącznik nr 1, Tabela 100).

W Legnicy najniższa wartość miesięcznej depozycji wystąpiła w czerwcu 2021 r. i wynosiła $0,04 \text{ mg/m}^2$, natomiast najwyższa $1,221 \text{ mg/m}^2$ w lutym 2016 r. (Załącznik nr 1, Tabela 100).

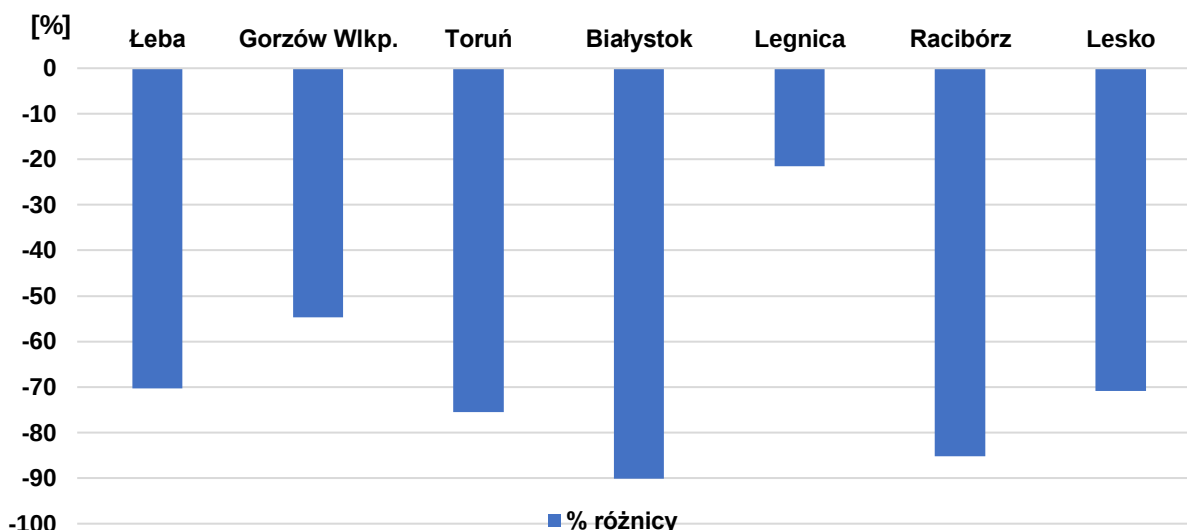
Na stacji w Lesku najniższe wartości zaobserwowano w październiku 2021 roku $0,00 \text{ mg/m}^2$, najwyższą $3,63 \text{ mg/m}^2$ w grudniu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 100).

W Łebie najniższa wartość depozycji wynosiła $0,00 \text{ mg/m}^2$ i miała miejsce w marcu 2022 r., najwyższa wystąpiła w grudniu 2018 roku – $0,7 \text{ mg/m}^2$ (Załącznik nr 1, Tabela 100).

W Raciborzu miesięczna depozycja miedzi mieściła się w zakresie $0,00$ – $1,069 \text{ mg/m}^2$. Najniższe wartości wystąpiły w październiku 2014 r., we wrześniu

2016 r., czerwcu 2018 r., czerwcu i lipcu 2019 r. oraz lipcu i sierpniu 2021 roku. Najwyższą wartość odnotowano w maju 2014 roku (Załącznik nr 1, Tabela 100).

W marcu 2022 roku w Toruniu była najniższa wartość depozycji miedzi i wynosiła 0,00 mg/m², natomiast najwyższa 0,93 mg/m² była w maju 2021 r (Załącznik nr 1, Tabela 100).



Rysunek 9.11 Procentowa różnica pomiędzy depozycją miedzi w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Ołów

Roczna depozycja ołowiu w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem ma istotną statystycznie tendencję spadkową. Na porównywanych stacjach najwyższe spadki, w porównaniu do średniej z lat 2014 – 2023 osiągnęły stacje w Lesku (-91,4%), Raciborzu (-89,4%), Białymstoku (-84,3%), Gorzowie Wlkp. (-79,5%), następnie Legnicy (- 69%), Toruniu (-58,1%) i Łebie (-43,5%) (Rysunek 9.12). Na wszystkich stacjach w 2024 roku wystąpiły stężenia ołowiu poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku najniższe wartości miesięcznej depozycji ołowiu wynoszą 0,00 mg/m² i wystąpiły w listopadzie 2018 r., lutym i kwietniu 2019 r., marcu – maju, sierpniu i wrześniu 2022 r. oraz kwietniu i listopadzie 2023 roku. Najwyższa wartość depozycji była w lipcu 2021 roku i osiągnęła 0,31 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 101).

Dla Gorzowa Wlkp. minimalna wartość depozycji miesięcznej ołowiu również była na poziomie 0,00 mg/m² i miała miejsce w marcu i listopadzie 2015 r., marcu, lipcu i wrześniu 2016 r., marcu 2017 r., wrześniu 2018 r., listopadzie 2020 r., październiku 2021 r. oraz marcu 2022 roku. Najwyższa wartość wyniosła 0,41 mg/m² w maju 2020 roku (Załącznik nr 1, Tabela 101).

Legnica odnotowała najniższy poziom depozycji ołowiu w lutym 2018 r. i czerwcu 2019 roku i wynosił on 0,00 mg/m². Najwyższy o wartości 0,699 µg/m² wystąpił w styczniu 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 101).

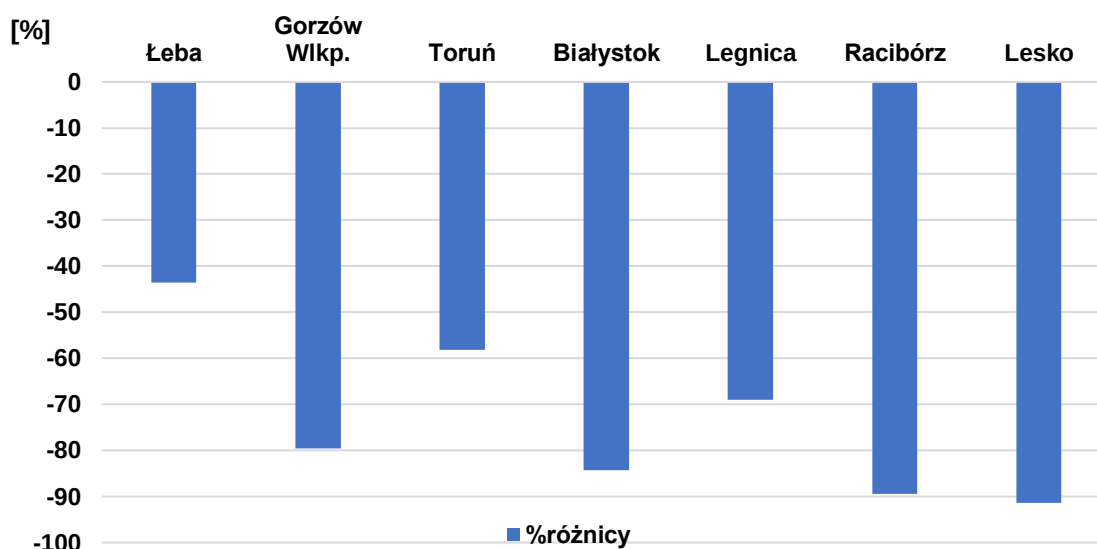
W Lesku również najniższa miesięczna depozycja ołowiu wyniosła 0,00 mg/m² i miała miejsce w październiku 2021 r., lipcu i sierpniu 2022 r. oraz marcu, kwietniu

i listopadzie 2023 roku. Najwyższa osiągnęła poziom $0,717 \text{ mg/m}^2$ w styczniu 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 101).

W Łebie minimalna wartość miesięcznej depozycji ołowiu wyniosła $0,00 \text{ mg/m}^2$, miała miejsce w marcu 2015 roku, czerwcu 2018 r., kwietniu 2020 r. oraz marcu 2021 i 2022 roku, natomiast maksymalna $0,06 \text{ mg/m}^2$ w grudniu 2018 r. i październiku 2020 roku (Załącznik nr 1, Tabela 101).

Na stacji w Raciborzu dolna granica o wartości $0,00 \text{ mg/m}^2$ miała miejsce w lipcu 2016 r., maju 2019 r., kwietniu 2021 r., wrześniu i październiku 2022 r. oraz kwietniu i listopadzie 2023 roku. Najwyższa wystąpiła w czerwcu 2014 roku i osiągnęła wartość $0,526 \text{ mg/m}^2$ (Załącznik nr 1, Tabela 101).

Również w Toruniu najniższa wartość miesięcznej depozycji ołowiu wyniosła $0,00 \text{ mg/m}^2$ – odnotowana w czerwcu 2014 r., sierpniu 2016 r., kwietniu, wrześniu i październiku 2017 r., lutym i listopadzie 2018 r., kwietniu 2019 r., kwietniu, wrześniu i listopadzie 2020 r. wrześniu 2021 r., marcu 2022 r. oraz maju 2023 roku. Najwyższa $0,124 \text{ mg/m}^2$ zmierzona w październiku 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 101).



Rysunek 9.12 Procentowa różnica pomiędzy depozycją ołowiu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Kadm

Roczna depozycja kadmu w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje tendencję spadkową, przy czym jest to tendencja nieistotna statystycznie. Najwyższy procentowy spadek zanotowany został w Białymstoku (-90,3%), Lesku (-84,6%). Mniejsze spadki depozycji wystąpiły w Legnicy (-60%), Raciborzu (-59,5%) oraz Gorzowie Wlkp. (-48,8%), Toruniu (-42,2%) i Łebie (-19,6%) (Rysunek 9.13). W Białymstoku, Gorzowie Wlkp. i Raciborzu w 2024 roku wystąpiły stężenia kadmu poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku najniższa depozycja miesięczna kadmu wystąpiła w kwietniu i czerwcu 2017 r., kwietniu 2018 r., kwietniu i listopadzie 2019 r., kwietniu i wrześniu 2020 r., marcu i sierpniu 2022 r. oraz w maju, lipcu – wrześniu 2023 roku i miała wartość

0,00 mg/m²; najwyższa wartość depozycji osiągnęła 0,121 mg/m² we wrześniu 2018 roku (Załącznik nr 1, Tabela 102).

W Gorzowie Wlkp. depozycja kadmu w badanym okresie mieściła się w zakresie 0,00 – 0,087 mg/m². Przy czym wartości „0” odnotowano w marcu 2014 r.; marcu, maju i grudniu 2015 r.; kwietniu, lipcu i sierpniu 2016 r.; marcu, kwietniu, czerwcu, sierpniu i październiku 2017 r., sierpniu – listopadzie 2018 r., kwietniu 2019 r., kwietniu, wrześniu i listopadzie 2020 r., wrześniu i październiku 2021 roku, marcu, maju i październiku 2022 r. oraz lutym i wrześniu 2023 roku. Najwyższa wartość – 0,087 mg/m² została osiągnięta we wrześniu 2019 roku (Załącznik nr 1, Tabela 102).

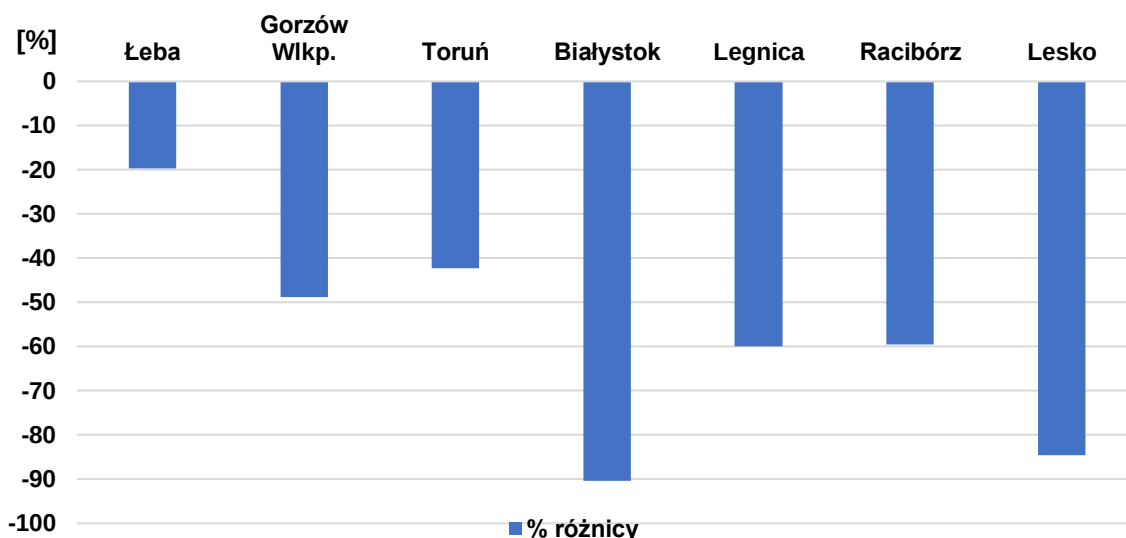
W Legnicy najniższa depozycja wystąpiła w czerwcu 2019 r., kwietniu 2020 r., czerwcu 2021 r. oraz marcu 2022 roku i wyniosła 0,00 mg/m², a najwyższa odnotowana została w lipcu 2014 roku – 0,0165 µg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 102).

W Lesku zakres odnotowanych depozycji kadmu wynosił od 0,000 mg/m² w październiku 2021 r. oraz w maju 2023 roku do 0,097 mg/m² w czerwcu 2017 r. (Załącznik nr 1, Tabela 102).

W Łebie najniższa wartość depozycji 0,000 mg/m² wystąpiła w listopadzie 2018 r., marcu 2019 r., kwietniu – czerwcu 2020 r. oraz marcu 2022 roku, a najwyższa w styczniu 2018 – 0,02 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 102).

W Raciborzu depozycja kadmu mieściła się w zakresie 0,0000 – 0,068 mg/m². Przy czym wartości „0” odnotowano w listopadzie 2014 r.; styczniu 2017 r.; kwietniu i sierpniu 2018 r.; sierpniu, wrześniu, listopadzie i grudniu 2019 r.; wrześniu i grudniu 2020 r., czerwcu, lipcu, wrześniu i październiku 2021 r. oraz we wrześniu i październiku 2022 roku. Najwyższa wartość – 0,068 mg/m² została osiągnięta w lutym 2021 roku (Załącznik nr 1, Tabela 102).

W Toruniu depozycja kadmu mieściła się w zakresie 0,000 – 0,03 mg/m². Przy czym wartości „0” odnotowano w marcu, kwietniu, maju, lipcu, sierpniu i grudniu 2014 r.; styczniu, marcu, kwietniu, czerwcu, lipcu, wrześniu i listopadzie 2015 r.; kwietniu, lipcu, sierpniu i październiku 2016 r.; lutym, marcu, kwietniu, sierpniu i październiku 2017 r., listopadzie 2018 r., kwietniu, czerwcu i sierpniu 2019 r., kwietniu, wrześniu i listopadzie 2020 r., maju 2022 r. oraz maju i wrześniu 2023 roku. Najwyższa wartość 0,03 mg/m² została osiągnięta w styczniu 2021 roku (Załącznik nr 1, Tabela 102).



Rysunek 9.13 Procentowa różnica pomiędzy depozycją kadmu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Nikiel

Roczna depozycja niklu w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazują nieistotną statystycznie tendencję głównie spadkową. Wśród porównywanych stacji, stacja w Łebie wykazuje tendencję wzrostową (9,1%). Pozostałe stacje wykazują tendencję spadkową. Najwyższe spadki rocznej depozycji niklu, w porównaniu do średniej z lat 2014 – 2023, osiągnęły stacje: w Gorzowie Wlkp. (-62,1%), w Toruniu (-59,3%) i Legnicy (-5,9%) (Rysunek 9.14). W wszystkich trzech stacjach w 2024 roku wystąpiły stężenia niklu poniżej granicy oznaczalności.

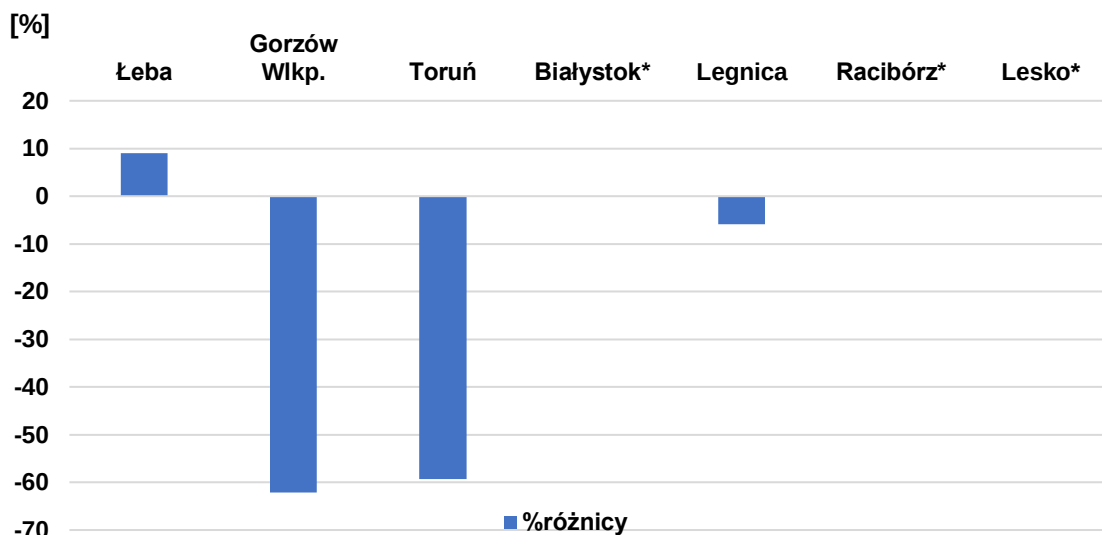
Na stacjach w Białymstoku, Raciborzu oraz Lesku pomiary niklu nie były wykonywane w 2024 roku, stacje te zostały na oznaczone na Rysunku 9.14 „*“.

W Gorzowie Wlkp. najniższy poziom wyniósł 0,00 mg/m² w styczniu, czerwcu i lipcu 2015 r., czerwcu i sierpniu 2016 r., maju i listopadzie 2017 r., kwietniu, czerwcu i lipcu 2018 r., grudniu 2020 r., styczniu, maju i wrześniu 2021 r. oraz marcu 2022 roku. Najwyższy poziom 1,07 mg/m² w sierpniu 2021 roku (Załącznik nr 1, Tabela 103).

W Legnicy najniższy poziom 0,00 mg/m² wystąpił w lutym, kwietniu - czerwcu i październiku 2016 r., we wrześniu 2017 r., lutym i listopadzie 2018 r., kwietniu i czerwcu 2019 r. oraz lutym 2021 roku. Najwyższy poziom wyniósł 0,18 mg/m² w sierpniu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 103).

Na stacji w Łebie najniższa wartość również osiągnęła 0,00 mg/m² w listopadzie 2015 r. oraz styczniu i kwietniu 2021 roku. Najwyższa 0,123 mg/m² we wrześniu 2015 roku (Załącznik nr 1, Tabela 103).

Na stacji w Toruniu najniższy poziom depozycji niklu również wynosił 0,00 mg/m² w listopadzie 2016 r., maju 2017 r., lutym 2018 r., marcu, kwietniu 2019 r., kwietniu, lipcu i listopadzie 2020 r. oraz marcu 2022 roku. Najwyższa wartość 0,15 mg/m² odnotowana została w lipcu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 103).



Rysunek 9.14 Procentowa różnica pomiędzy depozycją niklu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

* Na stacjach w Białymstoku, Raciborzu i Lesku nie były prowadzone badania niklu w 2024 roku

Chrom

Roczna depozycja chromu w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem ma tendencję głównie spadkową, na stacjach w Białymstoku (-73,6%), Raciborzu (-46,6%), Legnicy (-25,2%) i Gorzowie Wlkp. (- 0,1%) oraz tendencję wzrostową na stacjach w Toruniu (104,7%), Łebie (100,6%) i Lesku (3,5%) (Rysunek 9.15). Zaobserwowane tendencje niewykazującą istotności statystycznej. W wszystkich stacjach w 2024 roku wystąpiły stężenia chromu poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku najniższa miesięczna depozycja chromu wystąpiła w czerwcu – sierpniu, październiku i listopadzie 2017 r., kwietniu i październiku 2018 r., styczniu 2019 r., lipcu i listopadzie 2020 r., marcu i maju 2022 roku i miała wartość 0,00 mg/m². Natomiast najwyższa wyniosła 0,172 mg/m² w maju 2019 roku (Załącznik nr 1, Tabela 104).

Na stacji w Gorzowie Wlkp. również najniższa wartość depozycji miała wartość 0,00 mg/m² odnotowana została w lutym - kwietniu i listopadzie 2014 r., styczniu - kwietniu oraz lipcu – listopadzie 2015 r., maju i listopadzie 2016 r., styczniu, marcu - maju, sierpniu, listopadzie i grudniu 2017 r., czerwcu, lipcu, wrześniu - listopadzie 2018 r., lutym, marcu, październiku - grudniu 2019 r., lutym, czerwcu i wrześniu 2020 r., sierpniu, październiku i grudniu 2021 r., marcu 2022 r. oraz maju 2023 roku. Najwyższa wartość depozycji chromu wystąpiła w lutym i lipcu 2017 roku osiągając 0,03 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 104).

W Legnicy wartość depozycji mieściła się w zakresie 0,00 mg/m² – 0,11 mg/m². Najniższe wartości odnotowane zostały w marcu i grudniu 2015 r., czerwcu, lipcu, wrześniu - listopadzie 2016 r., styczniu – maju, wrześniu – grudniu 2017 r., lutym,

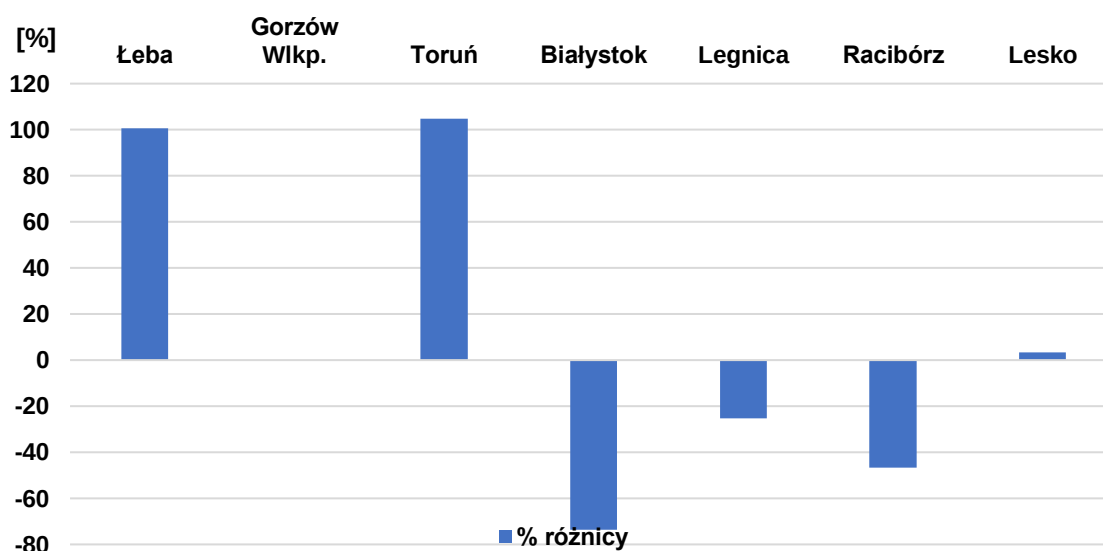
czerwcu i listopadzie 2018 r., grudniu 2019 r., styczniu, czerwcu i grudniu 2020 roku. Najwyższa wartość wystąpiła w październiku 2020 roku (Załącznik nr 1, Tabela 104).

W Lesku wartość depozycji mieściła się w zakresie $0,00 \text{ mg/m}^2$ – $0,043 \text{ mg/m}^2$. Najniższe miały miejsce w styczniu, marcu, kwietniu, czerwcu - sierpniu oraz grudniu 2014 r., czerwcu - wrześniu i listopadzie 2015 r., styczniu, marcu, sierpniu – październiku i grudniu 2017 r., maju i lipcu 2018 r., styczniu i kwietniu 2019 r., październiku 2021 r., oraz maju – sierpniu 2022 roku. Najwyższy poziom depozycji chromu wystąpił w październiku 2022 roku (Załącznik nr 1, Tabela 104).

Na stacji w Łebie najniższa wartość depozycji mieściła się w zakresie $0,00 \text{ mg/m}^2$ wystąpiła w lipcu – październiku 2014 r. oraz wrześniu i listopadzie 2015 r., styczniu – maju, sierpniu – październiku 2017 r. oraz marcu 2022 roku. Najwyższa wartość depozycji wyniosła $0,0318 \text{ mg/m}^2$ i miała miejsce w grudniu 2014 roku (Załącznik nr 1, Tabela 104).

W Raciborzu wartości najniższe $0,00 \text{ mg/m}^2$ odnotowano w lutym, marcu i wrześniu 2014 r., styczniu, lipcu, sierpniu i listopadzie 2015 r., kwietniu, lipcu i październiku 2016 r., styczniu, lutym, kwietniu, czerwcu, lipcu, wrześniu i listopadzie 2017 r., lipcu 2019 r., listopadzie 2020 r., marcu, maju, sierpniu – grudniu 2021 r. oraz marcu - maju i sierpniu 2022 roku. Najwyższa wartość depozycji miała miejsce we wrześniu 2020 roku osiągając wartość $0,129 \text{ mg/m}^2$ (Załącznik nr 1, Tabela 104).

W Toruniu wartość depozycji mieściła się w zakresie $0,00 \text{ mg/m}^2$ – $0,044 \text{ mg/m}^2$. Najniższe wartości wystąpiły w styczniu, marcu – czerwcu oraz sierpniu – grudniu 2014 r., lutym – maju, lipcu, wrześniu - grudniu 2015 r., kwietniu – grudniu 2016 r., styczniu – marcu, maju – wrześniu, listopadzie i grudniu 2017 r., lutym i marcu 2018 r., kwietniu 2019 r., kwietniu - czerwcu 2020 r. oraz marcu 2022 roku. Najwyższa wartość wystąpiła w lipcu 2021 roku (Załącznik nr 1, Tabela 104).



Rysunek 9.15 Procentowa różnica pomiędzy depozycją chromu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Azot całkowity

Roczna depozycja azotu całkowitego w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje nieistotną statystycznie tendencję głównie spadkową. Wśród porównywanych stacji dwie wykazują tendencję wzrostową, z czego najwyższy wzrost zanotowano na stacji w Łebie (+130,3%) w porównaniu do średniej depozycji z lat 2014-2023, drugi wzrost wykazuje stacja w Raciborzu (+33,1%). Najwyższe spadki rocznej depozycji azotu całkowitego, w porównaniu do średniej z lat 2014 – 2023 osiągnęły stacje w Gorzowie Wlkp. (-38,9%), Białymstoku i Legnicy (odpowiednio 31,3% i 29,4%), Toruniu (-18,1%) i najniższy spadek w Lesku -4,3% (Rysunek 9.16).

Najniższy poziom depozycji miesięcznej azotu ogólnego w Białymstoku wystąpił w marcu 2022 roku i wyniósł 2,00 mg/m². Najwyższa depozycja miała miejsce w lipcu 2019 roku i była na poziomie 197,00 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 93).

W Gorzowie Wlkp. najniższa depozycja również wyniosła 2,00 mg/m² i wystąpiła w marcu 2022 r. Najwyższa natomiast o wartości 310,00 mg/m² odnotowana została w czerwcu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 93).

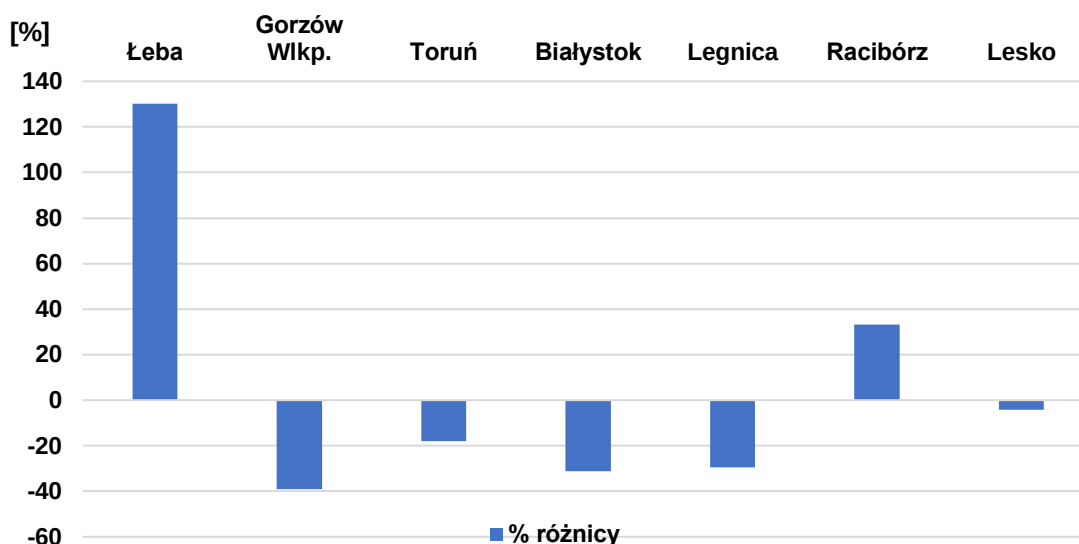
W Legnicy najniższy poziom depozycji azotu ogólnego wynosił 2,23 mg/m² w lutym 2014 roku. Najwyższy 148,00 mg/m² w kwietniu 2017 r (Załącznik nr 1, Tabela 93).

W Lesku zakres depozycji mieścił się w granicy 1,00 – 392,00 mg/m²; najniższa wystąpiła w październiku 2021 r., a najwyższa w czerwcu 2020 roku (Załącznik nr 1, Tabela 93).

Na stacji w Łebie najniższa depozycja odnotowana została w marcu 2022 roku i wynosiła 2,00 mg/m². Najwyższa 725,7 mg/m² w lipcu 2024 roku (Załącznik nr 1, Tabela 93).

W Raciborzu najniższa wartość depozycji azotu ogólnego wynosiła 13,00 mg/m² w grudniu 2017 roku i styczniu 2022 roku. Najwyższa osiągnięta została we wrześniu 2024 roku – 351,90 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 93).

W Toruniu wysokość depozycji wynosiła od 1,00 mg/m² w kwietniu 2019 r. i 2022 r. do 247,85 mg/m² w lipcu 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 93).



Rysunek 9.16 Procentowa różnica pomiędzy depozycją magnezu w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Fosfor całkowity

Roczna depozycja fosforu całkowitego wykazuje nieistotną statystycznie tendencję głównie spadkową. Na stacjach w Białymstoku (-80,6%), Legnicy (-62,8%), Lesku (-52%) i Toruniu (-51,7%). Na pozostałych stacjach w porównaniu do średniej z lat 2014 – 2023 charakteryzuje się również nieistotną statystycznie tendencją wzrostową: najwyższa w Łebie (69,9%), następnie w Raciborzu (22,9%) i w Gorzowie Wlkp. (2,7%) (Rysunek 9.17). W wszystkich stacjach w 2024 roku wystąpiły stężenia fosforu całkowitego poniżej granicy oznaczalności.

W Białymstoku najniższa miesięczna depozycja fosforu całkowitego wynosi 0,087 mg/m² i wystąpiła w styczniu 2014 roku. Najwyższą odnotowano we wrześniu 2017 roku i wynosiła 13,30 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 94).

W Gorzowie Wlkp. najniższa miesięczna depozycja miała miejsce w styczniu, marcu i październiku 2022 r. oraz wrześniu 2023 roku i osiągnęła wartość 0,1 mg/m². Najwyższa była w czerwcu 2022 roku i miała wartość 19,1 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 94).

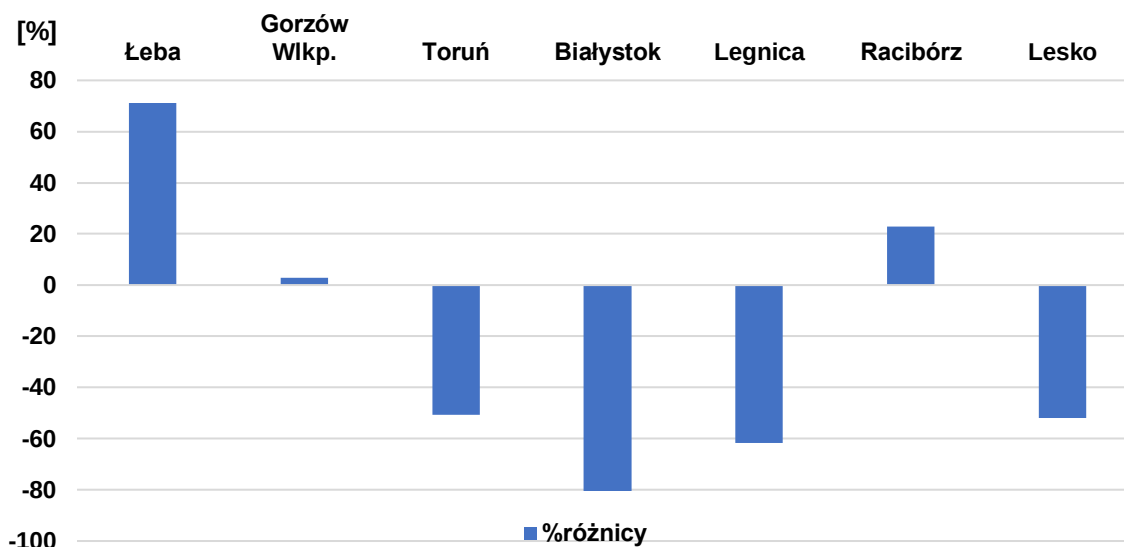
Na stacji w Legnicy najniższa wartość depozycji wyniosła 0,00 mg/m². Wartość ta wystąpiła w październiku 2016 r., lutym 2018 r. oraz styczniu 2020 r. Najwyższą wartość zmierzono we wrześniu 2019 roku i osiągnęła 8,5 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 94).

W Lesku zakres miesięcznej depozycji fosforu całkowitego mieścił się w granicy 0,00 – 23,8 mg/m². Najniższa wartość wystąpiła w październiku 2021 roku, natomiast najwyższa w lipcu 2018 roku (Załącznik nr 1, Tabela 94).

W Łebie najniższa wartość depozycji wystąpiła w listopadzie 2016 roku i wynosiła 0,064 mg/m². Najwyższą miała miejsce w lipcu 2020 roku i osiągnęła wartość 27,2 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 94).

W Raciborzu minimalna wartość zmierzonej depozycji wynosiła 0,00 mg/m² w styczniu i grudniu 2018 r. oraz styczniu 2020 roku. Maksymalna osiągnięta została we wrześniu 2014 roku – 21,02 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 94).

W Toruniu miesięczna depozycja fosforu całkowitego mieściła się w granicach 0,00 – 24,00 mg/m². Najniższa odnotowana została w kwietniu 2019 i 2020 roku oraz marcu 2022 roku, natomiast najwyższa w sierpniu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 94).



Rysunek 9.17 Procentowa różnica pomiędzy depozycją fosforu całkowitego w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Jony wodorowe

Roczna depozycja jonów wodorowych w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem ma tendencję głównie wzrostową na stacjach w Toruniu (1219,3%), Łebie (66,4%), Raciborzu (24,6%) i Białymstoku (6,9%) oraz spadkową na stacjach w Legnicy (-26,3%), Gorzowie Wlkp. (-24,5%) i Lesku (-19,9%) (Rysunek 9.18). Zaobserwowane tendencje niewykazują istotności statystycznej.

Na stacji w Białymstoku najniższa wartość depozycji jonów wodorowych miała miejsce w marcu 2022 roku i wyniosła 0,00 mg/m². Najwyższa wartość wystąpiła w lutym 2016 roku osiągając wartość 0,659 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 105).

W Gorzowie Wlkp. zakres depozycji jonów wodorowych wynosił od 0,0006 mg/m² we wrześniu 2016 roku do 1,257 mg/m² w październiku 2020 roku (Załącznik nr 1, Tabela 105).

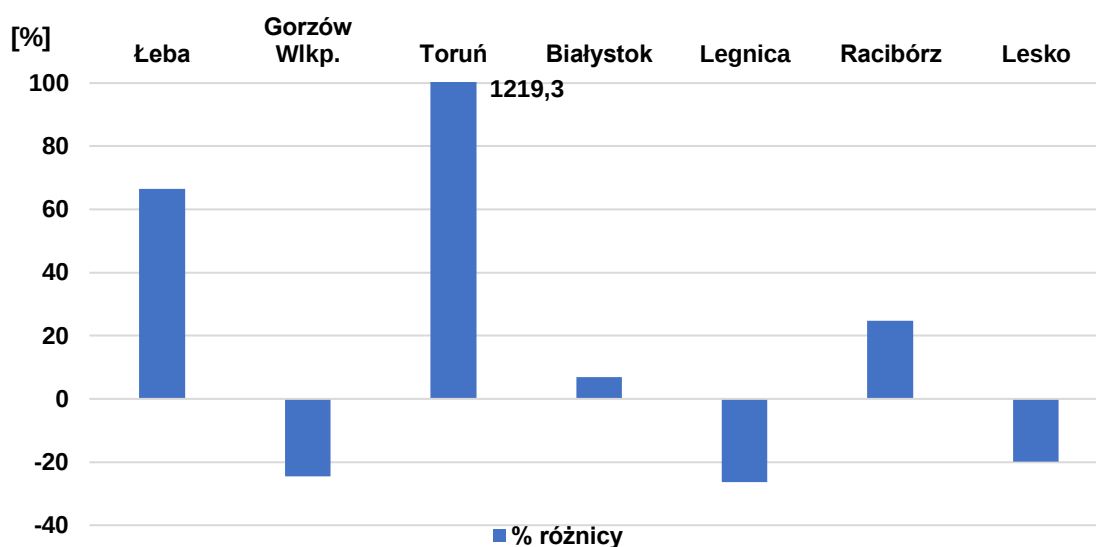
W Legnicy najniższa wartość miesięcznej depozycji wystąpiła w lutym 2018 r. i wynosiła 0,000 mg/m², natomiast najwyższa 1,429 mg/m² we wrześniu 2014 roku (Załącznik nr 1, Tabela 105).

Na stacji w Lesku najniższe wartości zaobserwowano w październiku 2021 roku – 0,001 mg/m², najwyższą 13,591 mg/m² w kwietniu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 105).

W Łebie najniższa wartość depozycji wynosiła 0,00 mg/m² i miała miejsce w marcu 2022 r., najwyższa wystąpiła w październiku 2014 roku – 0,765 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 105).

W Raciborzu miesięczna depozycja jonów H⁺ mieściła się w zakresie 0,00 – 1,357 mg/m². Najniższe wartości wystąpiły w kwietniu 2018 r., kwietniu 2020 roku. Najwyższą wartość odnotowano we wrześniu 2014 roku (Załącznik nr 1, Tabela 105).

W Toruniu najniższa wartość depozycji jonów wodorowych wynosiła 0,00 mg/m² i wystąpiła w lutym 2018 r., kwietniu 2019 r., kwietniu i listopadzie 2020 r. oraz marcu 2022 roku. Natomiast najwyższy miesięczny ładunek jonów wodorowych wyniósł 0,444 mg/m² w lutym 2024 roku (Załącznik nr 1, Tabela 105).



Rysunek 9.18 Procentowa różnica pomiędzy depozycją jonów wodorowych w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMS - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Azot amonowy

Roczna depozycja azotu amonowego w porównaniu z ostatnim dziesięcioleciem wykazuje nieistotną statystycznie tendencję głównie spadkową. Wśród porównywanych stacji, jedynie stacja w Toruniu wykazuje tendencję wzrostową (11,6%). Najwyższe spadki rocznej depozycji azotu amonowego, w porównaniu do średniej z lat 2014 – 2023 osiągnęły stacje w Legnicy (-31,3%), Białymstoku (-28,1%), Gorzowie Wlkp. (-19,4%), Lesku (-14,7%), Łebie (-10,2%) i Raciborzu (-0,8%) (Rysunek 9.19).

W Białymstoku najniższa wartość depozycji miesięcznej wyniosła 1,00 mg/m² i wystąpiła w kwietniu 2019 r. oraz marcu 2022 roku. Najwyższy poziom odnotowano w lipcu 2016 roku i wyniósł 125,02 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 92).

Na stacji w Gorzowie Wlkp. najniższa depozycja wyniosła 1,00 mg/m² w marcu 2022 roku, najwyższa 99,00 mg/m² w czerwcu 2017 roku (Załącznik nr 1, Tabela 92).

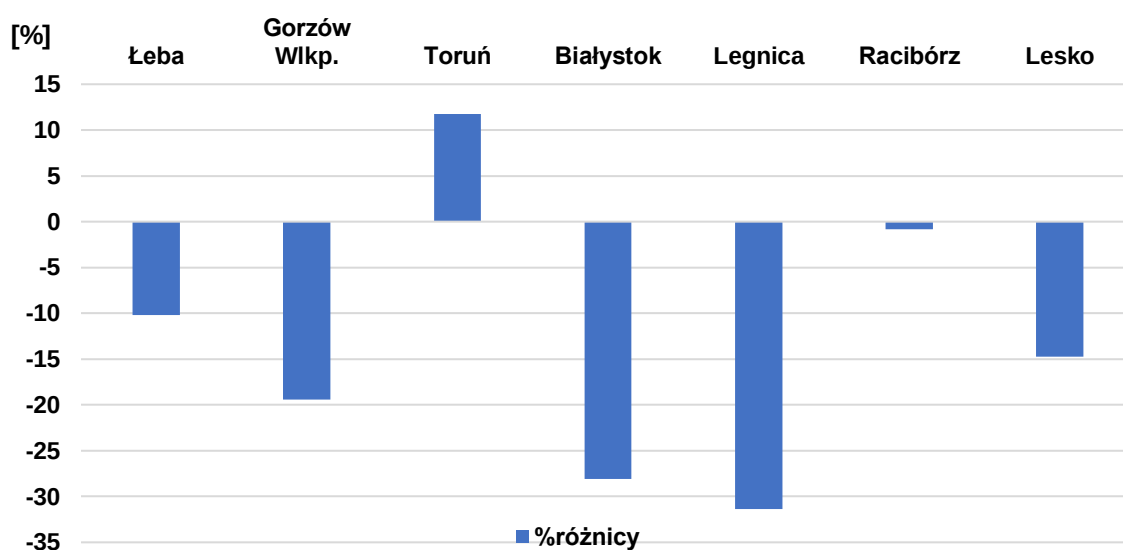
W Legnicy w lutym 2018 roku wystąpił najniższy poziom miesięcznej depozycji azotu amonowego – 1,00 mg/m², natomiast w kwietniu 2017 roku najwyższy – 77,00 mg/m² (Załącznik nr 1, Tabela 92).

W Lesku również najniższa wartość wysokość depozycji wyniosła 0,00 mg/m² i wystąpiła w październiku 2021 roku; najwyższa wartość 122,64 mg/m² w lipcu 2014 roku (Załącznik nr 1, Tabela 92).

W Łebie zakres miesięcznej depozycji azotu amonowego zawierał się w granicy 2,00 – 62,646 mg/m². Najniższy był w kwietniu 2020 r. i marcu 2022 roku, a najwyższy w lipcu 2024 roku (Załącznik nr 1, Tabela 92).

W Raciborzu najniższa wartość wyniosła 6,00 mg/m² w grudniu 2017 r. i styczniu 2022 roku. Najwyższa wartość 109,00 mg/m² miała miejsce w czerwcu 2020 roku (Załącznik nr 1, Tabela 92).

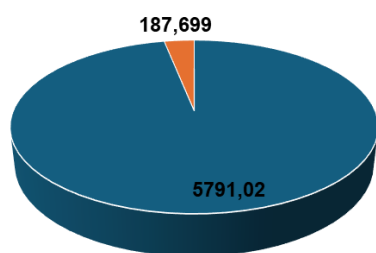
Na stacji w Toruniu najniższy poziom depozycji przyjął wartość 0,00 mg/m² w kwietniu 2020 r. oraz marcu 2022 roku. Najwyższa wartość osiągnęła poziom 118,89 mg/m² w lipcu 2016 roku (Załącznik nr 1, Tabela 92).



Rysunek 9.19 Procentowa różnica pomiędzy depozycją azotu amonowego w 2024 roku, a średnią z lat 2014 -2023. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

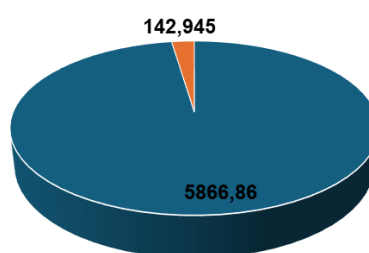
W porównaniu ze średnią roczną z ostatniego dziesięciolecia na porównywanych 7 stacjach w 2024 roku nieznacznie zmalała wielkość depozycji fosforu całkowitego -23,84% (Rysunek 9.20 a i b) oraz wzrosła azotu całkowitego +1,31%. W wszystkich stacjach w 2024 roku wystąpiły stężenia fosforu całkowitego poniżej granicy oznaczalności.

a)



■ Ncałk. ■ Pcałk.

b)

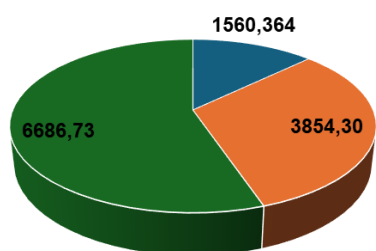


■ Ncałk. ■ Pcałk.

Rysunek 9.20 Zestawienie średniej rocznej depozycji [mg/m^2] związków biogennych w latach 2014 - 2023 (a) oraz w 2024 roku (b). Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

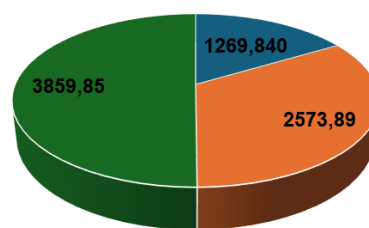
W stosunku do porównywanego okresu, w 2024 roku zmalała depozycja związków kwasotwórczych: siarczanów o 42,28%, jonów chlorkowych o 33,22% oraz azotu azotanowego o 18,62% (Rysunek 9.21 a i b).

a)



■ N_NO3- ■ Cl- ■ SO42-

b)

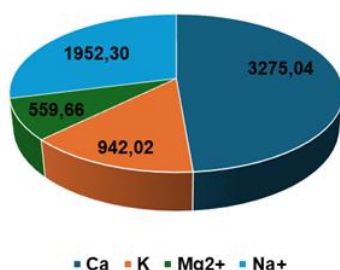


■ N_NO3- ■ Cl- ■ SO42-

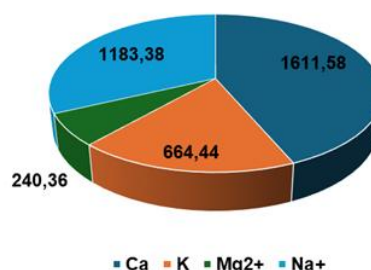
Rysunek 9.21 Zestawienie średniej rocznej depozycji [mg/m^2] związków kwasotwórczych w latach 2014 - 2023 (a) oraz w 2024 roku (b). Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

W porównywanym okresie ostatniego dziesięciolecia w porównaniu do 2024 roku zmalała również wielkość depozycji badanych kationów metali: magnezu (-57,05%), wapnia (-50,79%), sodu (-39,39%), potasu (-29,47%) (Rysunek 9.22 a i b).

a)



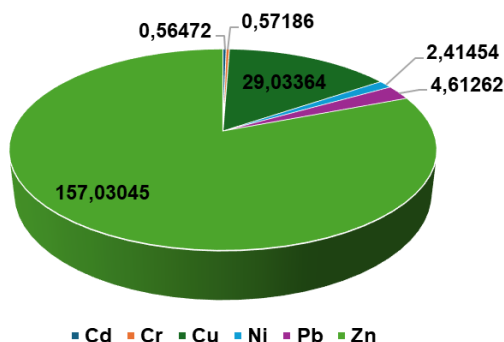
b)



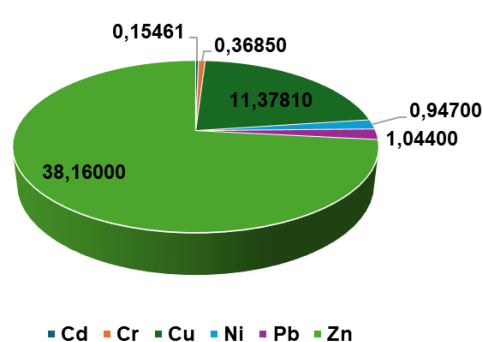
Rysunek 9.22 Zestawienie średniej rocznej depozycji [mg/m²] kationów metali w latach 2014 - 2023 (a) oraz 2024 roku (b). Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

W przypadku porównywanych metali ciężkich największa była depozycja cynku, przy czym w 2024 roku zmalała o 75,7%. Na drugim miejscu pod względem wysokości depozycji na porównywanych stacjach była miedź - w 2024 zmalała o 60,81%. Trzeci pod względem wielkości depozycji był ołów; roczna średnia w roku 2024 w porównaniu do średniej z dziesięciolecia zmalała o 77,36%. Nieznacznie niższą wielkość depozycji w 2024 roku osiągnął również nikiel, przy czym wartość ta zmalała w porównaniu do lat 2014 – 2023 o 60,78%. Ostatnie dwie najmniejsze wartości depozycji w 2024 roku, na porównywanych 7 stacjach, przypadają dla chromu i kadmu. Wielkość depozycji chromu zmalała o 35,56%. W przypadku kadmu średnia roczna depozycja w 2024 roku w stosunku do średniej rocznej z dziesięciolecia zmalała o 72,62% (Rysunek 9.23 a i b).

a)



b)



Rysunek 9.23 Zestawienie średniej rocznej depozycji [mg/m²] metali ciężkich w latach 2014 - 2023 (a) oraz w 2024 roku (b). Wyniki depozycji w 2024 roku uzyskane z uwzględnieniem stężeń równych połowie granicy oznaczalności. Źródło danych: PMŚ - GIOŚ. Opracowanie: IMGW-PIB

Pod względem badanych wskaźników na porównywanych stacjach w 2024 roku zaobserwowano spadki w porównaniu do średniej miesięcznej depozycji w latach 2014 – 2023.

10 Podsumowanie i wnioski

Rok 2024 był pierwszym rokiem pomiarów chemizmu opadów w Polsce w nowym systemie monitoringu, opartym na badaniach próbek wód opadowych z 19 stacji pomiarowych. Do opracowania wyników rozkładu mokrej depozycji dla wybranych wskaźników na obszarze kraju zastosowano nową metodykę analiz przestrzennych.

Ocena chemizmu opadów atmosferycznych za rok 2024 została przygotowana na podstawie danych uzyskanych z prób pobranych z 19 stacji pomiaru chemizmu opadów (15 stacji dedykowanych badaniom chemizmu opadów i czterech stacji EMEP) oraz danych meteorologicznych.

Analizy składu fizykochemicznego próbek wody opadowej dla 15 stacji pomiaru chemizmu opadów oraz stacji EMEP w Szymbarku (poza dobowymi pomiarami pH, które były wykonywane bezpośrednio na stacji) wykonane były w laboratoriach CLB GIOŚ w Lublinie i Jeleniej Górze, analizy ze stacji EMEP w Łebie i Jarczewie w laboratoriach IMGW-PIB, natomiast w przypadku stacji Puszcza Borecka badania prowadzono w laboratorium IOŚ-PIB. Próby do badań pobierano przy użyciu kolektorów automatycznych.

W pierwszym etapie zakres opracowania obejmował weryfikację techniczną i merytoryczną miesięcznych wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń opadów mokrych, przewodności elektrolitycznej właściwej i pH opadów. Po uzyskaniu uporządkowanej bazy danych jakościowo-ilościowej, w kolejnym kroku obliczono oraz przeanalizowano miesięczne stężenia, jak również miesięczne i roczne ładunki wskaźników zanieczyszczeń. Dokonano również oceny stopnia zakwaszenia opadów atmosferycznych na obszarze Polski, na podstawie oznaczeń wartości pH dobowych opadów z 19 stacji monitoringowych oraz przeanalizowano zmienność przewodnictwa właściwego.

W raporcie przedstawiono również charakterystykę warunków meteorologicznych, kształtujących wielkość depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych w Polsce w 2024 roku. W ramach pracy wykonano analizę wpływu warunków meteorologicznych w roku 2024 na stężenia substancji w opadach oraz wielkości ładunków substancji wnoszonych wraz z opadami na obszar Polski, jak również na obszary poszczególnych województw.

W 2024 r. przeważającym sektorem w kontekście napływu mas powietrza był sektor zachodni. Adwekcje te najczęściej były związane z masami polarno-morskimi i pojawiały się z częstością wynoszącą prawie 39%. Cyrkulacja południowa występowała z częstością 30%, zaś w przypadku cyrkulacji z sektora wschodniego frekwencja wyniosła niecałe 14%. Adwekcje mas powietrza z północy stanowiły 13% stwierdzonych przypadków, natomiast cyrkulacja miejscowa Z pojawiała się z częstością równą 5%.

W kontekście przychodu wody z opadów, przeważającym typem cyrkulacji był sektor zachodni, z którym związanych było średnio niemal 49% wielkości ogólnej. Największy udział opadów dla tego sektora odnotowano na Ziemi Lubuskiej i Podlasiu, gdzie w Gorzowie Wlkp. i Białymstoku wyniósł on 57-60%. Natomiast najniższe wartości odnotowano w Raciborzu, gdzie opady podczas adwekcji z zachodu stanowiły nieco ponad 38% wartości rocznej. W przypadku pozostałych typów cyrkulacji, ilość opadów zmierzonych w czasie ich występowania stanowiła 24% dla sektora południowego, 16%

dla sektora północnego, nieco ponad 6% dla sektora wschodniego i niecałe 6% dla cyrkulacji miejscowej Z. Najwyższą sumę opadów w odniesieniu do normy zmierzono na południowym zachodzie (Racibórz, Wieluń) i Pomorzu (Hel, Łeba), gdzie stwierdzona nadwyżka klasyfikowała 2024 rok jako wilgotny. Na większości obszaru Polski obserwowana była nadwyżka opadów lub warunki zbliżone do normy. Największy deficyt wystąpił w Białymstoku, gdzie wyniósł on 31%, odpowiadając warunkom bardzo suchym.

Znaczne zróżnicowanie czasowe i przestrzenne warunków meteorologicznych w 2024 roku, zwłaszcza w kontekście sum opadów atmosferycznych oraz adwekcji mas powietrza z różnych sektorów, miało istotny wpływ na rozkład wielkości stężeń substancji i ładunków wnoszonych wraz z mokrym opadem nad obszar Polski.

Ocenę depozycji zanieczyszczeń opadów wykonano na podstawie danych średniomiesięcznych i średniorocznych dla 2024 roku oraz na tle poprzednich dziesięciu lat pomiarów (2014 – 2023), biorąc pod uwagę siedem stacji pomiaru chemizmu opadów, które funkcjonowały w roku 2024 i w latach 2014-2023.

W przypadku wielu wskaźników zanieczyszczeń opadów otrzymane wyniki stężeń w 2024 roku były poniżej granicy oznaczalności metodyki stosowanej w danym laboratorium. Tylko wskaźniki takie jak: azot azotanowy, azot amonowy, azot całkowity oraz WWA: BbF, BaP, BkF i IP miały komplet wyników powyżej granicy oznaczalności. Wszystkie wyniki HCB oraz α -, β -, γ - HCH były poniżej granicy oznaczalności. Wśród wyników metali ciężkich, dla ołowiu, arsenu, chromu i rtęci ponad 70% wyników było poniżej granicy oznaczalności. Ponad 50% wyników fosforu całkowitego było również poniżej granicy oznaczalności. Pozostałe wskaźniki charakteryzowały się wynikami pomiarów od 0,4% do 33,3% poniżej granicy oznaczalności.

Przy tak dużej liczbie pomiarów poniżej granicy oznaczalności niektórych wskaźników, ocena depozycji zanieczyszczeń opadów atmosferycznych tymi substancjami jest obciążona dużym poziomem niepewności uzyskanego wyniku. Niemniej, zgodnie z opisem przedmiotu zamówienia jednym z zadań do wykonania było obliczenie miesięcznych i rocznych ładunków wskaźników zanieczyszczeń, przygotowanie ich zestawień oraz przygotowanie miesięcznych i rocznych map rozkładów przestrzennych stężeń i wnoszonych z opadami ładunków. Mapy miały zostać przygotowane dla wszystkich wskaźników z wyjątkiem Ni, WWA, HCB, α -, β -, γ - HCH (ze względu na małą liczbę stacji, na których są badane te substancje).

W celu wywiązania się z realizacji wszystkich zadań objętych umową zostały policzone miesięczne i roczne ładunki wszystkich wskaźników, przy czym każdy wynik uwzględniający wartości stężeń równy połowie granicy oznaczalności został oznakowany i opatrzony odpowiednim komentarzem.

Przy opisie analizowanych danych przyjęto zasadę nie opisywania wskaźników, których ponad 25% wyników było poniżej granicy oznaczalności ze względu na obciążenie tych wyników dużym błędem. W związku z tym nie opisywano: fosforu całkowitego, ołowiu, arsenu, chromu, rtęci, kadmu i niklu oraz HCB, α -, β -, γ - HCH.

W 2024 roku największą depozycją charakteryzował się azot całkowity a następnie siarczany, chlorki, azot amonowy, wapń, azot azotanowy, potas, sód i magnez. Wśród badanych metali ciężkich wystąpiła największa depozycja cynku,

a następnie miedzi. Wśród wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zdeponowanych z opadem atmosferycznym do podłoża w 2024 roku największe ładunki osiągnął benzo[b]fluoranten oraz benzo[j]fluoranten, następnie indeno[1,2,3-cd]piren dibenzo[a,h]antracen) oraz benzo[a]piren. Najmniejsze ładunki wśród analizowanych WWA osiągnął benzo[a]antracen oraz benzo[k]fluoranten.

Analizując wyniki pH opadów atmosferycznych, stwierdzono, że najwięcej z badanych prób opadów (62,9%) wykazywało odczyn normalny o pH 5,1 – 6,1. Natomiast najmniej, 2,6% badanych prób wykazywało odczyn podwyższony (pH>6,5) i znacznie obniżony (pH 4,1 – 4,6). W 2024 roku wśród badanych prób nie stwierdzono wystąpienia opadów o silnie obniżonym (pH <4,6).

Biorąc pod uwagę siedem stacji badawczych, na których wykonywano badania chemizmu opadów atmosferycznych w latach 2014-2023 oraz w 2024 roku, stwierdzono, że na każdej ze stacji wystąpił spadek depozycji rocznej w 2024 roku w stosunku do średniej depozycji rocznej z dziesięciu lat badań. Największy spadek depozycji całkowitej w 2024 roku w stosunku do depozycji w dziesięcioleciu 2014-2023 stwierdzono na stacji w Toruniu i wynosił on 72%. Najmniejszy spadek depozycji wykazano na stacji w Legnicy - 18%. Istotną statystycznie tendencję spadkową na analizowanych stacjach zaobserwowano w przypadku chlorków (poza Legnicą), siarczanów, azotu azotanowego, sodu, potasu (poza Łebą), wapnia (poza Legnicą), magnezu, cynku, miedzi oraz ołowiu. Przy czym należy pamiętać, że w 2024 roku wystąpiły stężenia większości z tych substancji (poza siarczanami, azotem amonowym i wapniem) poniżej granicy oznaczalności.

W oparciu o dane o wielkościach stężeń substancji zawartych w miesięcznych próbach opadów atmosferycznych z 19 stacji monitoringowych oraz sum miesięcznych opadów z 610 posterunków opadowych charakteryzujących pole średnich sum opadów dla obszaru Polski, przygotowano mapy rozkładu przestrzennego wysokości opadów oraz mapy rozkładu stężeń i wnoszonych z opadami ładunków substancji. Mapy opracowano w podziale na województwa oraz na powierzchnię kraju, w wymaganych parametrach odwzorowania i przy zastosowaniu nowych skal wykorzystanych przy opracowaniu rozkładów przestrzennych. Do wykonania map wykorzystano wszystkie posiadane dane, również wyniki stężeń stanowiących połowę wartości granicy oznaczalności.

Wielkości sumy miesięcznej depozycji badanych substancji, uzyskanej z wyników modelowania, wniesionych z opadem atmosferycznym mokrym w 2024 roku, kształtowały się w granicach od 105,831 mg/m² do 231,754 mg/m². Wielkości rocznej całkowitej depozycji, wniesionej z opadami na powierzchnię poszczególnych województw w 2024 roku, kształtowały się w granicach od 2152,62 mg/m² w województwie podlaskim do 3273,43 mg/m² w województwie śląskim.

W związku z wprowadzeniem 12 nowych lokalizacji stacji monitoringowych porównywanie wyników będzie możliwe dopiero po uzyskaniu wyników badań z kilku serii pomiarowych, po uzyskaniu właściwego poziomu istotności statystycznej, zwłaszcza w przypadku wskaźników (np. arsenu i WWA), których pomiary rozpoczęto w roku 2024.

Natomiast wprowadzenie nowego systemu wizualizacji uzyskanych wyników pomiarów stężeń oraz depozycji pozwoli w przyszłości na łatwiejsze porównywanie rozkładów zanieczyszczeń w wieloleciu.

11 Literatura

[GIOŚ] Wytyczne do wykonywania oceny depozycji atmosferycznej, w tym propozycja właściwej techniki modelowania depozycji, wraz z przeszkoleniem pracowników GIOŚ. IMGW-PIB, Warszawa, 2023.