



INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Wydział Monitorowania Jakości Powietrza

MONITORING CHEMIZMU OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH I OCENA DEPOZYCJI ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W LATACH 2021–2022 ETAP I RAPORT ROCZNY ZA 2020 ROK

MONITORING CHEMIZMU OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH I OCENA DEPOZYCJI ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 ROKU

Temat realizowany przez IMGW-PIB na zlecenie

Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (umowa nr GIOŚ/ZP/3/2021/DMŚ/NFOŚ),
finansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

EWA LIANA

06.07.2021, Warszawa



- Krajowy monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i ocena depozycji zanieczyszczeń do podłoża został uruchomiony w roku 1998 jako jedno z zadań podsystemu monitoringu jakości powietrza Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS).
- Badania w pełnym cyklu rocznym przeprowadzono po raz pierwszy w 1999 roku.
- Celem tego monitoringu jest określanie w skali kraju rozkładu ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych z mokrym opadem do podłoża w ujęciu czasowym i przestrzennym. Poprzez systematyczne badania fizyko-chemiczne opadów oraz równoległe obserwacje i pomiary parametrów meteorologicznych, monitoring dostarcza informacji o obciążeniu obszarów leśnych, gleb i wód powierzchniowych substancjami deponowanymi z powietrza – związkami zakwaszającymi, biogennymi i metalami ciężkimi, tworząc podstawy do analizy istniejącego stanu. Informacje te mogą być wykorzystywane przy tworzeniu i ocenie skuteczności programów redukcji emisji zanieczyszczeń do powietrza, a także przy opracowywaniu bilansu nawozowego w gospodarce wodnej, rolnej i leśnej.
- **Dane uzyskane w procesie badawczym są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.**

Sieć stacji krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych, obejmowała w 2020 roku **22 stacje pomiarowe** zlokalizowane na stacjach synoptycznych IMGW-PIB.

W celu określania, za pomocą systemu GIS, przestrzennego rozkładu wielkości sum opadów oraz substancji deponowanych, wykorzystano dane opadowe ze **162 posterunków opadowych IMGW-PIB**, charakteryzujących pole średnich sum opadów reprezentatywne dla obszaru Polski.

Sporządzono również analizę warunków meteorologicznych w 2020 roku i porównano z wieloleciem 1981-2010.

14 Oddziałów CLB GIOŚ (w poszczególnych województwach), odbierało średniomiesięczne próbki opadów i wykonywało analizy składu fizyko-chemicznego w zakresie następujących wskaźników: wartości pH, przewodności elektrycznej właściwej, stężeń anionów: Cl^- , SO_4^{2-} , azotu NO_2^- i NO_3^- , stężeń kationów: azotu NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} i metali ciężkich: Zn, Cu, Pb, Ni, Cd, Cr oraz azotu Kjeldahla i fosforu ogólnego.



Na stacjach prowadzone były pomiary i obserwacje parametrów meteorologicznych 4 x w dobie opadowej:

- wysokości opadu,
 - przeważający kierunek wiatru.
- Po każdej dobie opadowej obliczana była:
- objętość zebranego opadu
 - średnia dobową temperatura powietrza.
 - wykonywany był pomiar wartości pH, zebranej dobowej próbki opadu.

WYNIKI BADAŃ NA 22 STACJACH MONITORINGOWYCH W 2020 ROKU



Stężenia substancji w miesięcznych próbkach opadów atmosferycznych w 2020 r. oraz w latach 2016-2019* – dane z 22 stacji monitoringowych

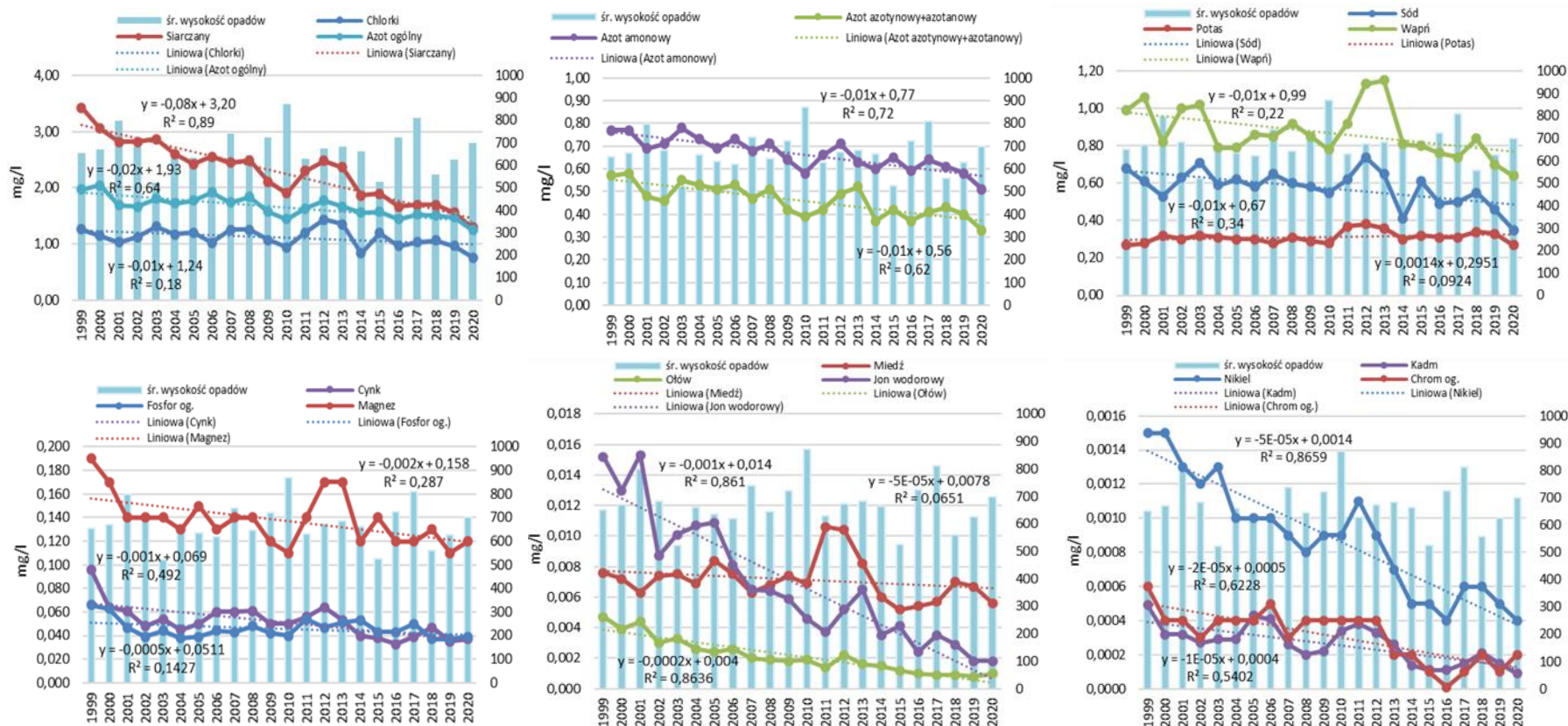
WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	JEDNOSTKA	Zakresy stężeń substancji w 2020 roku			Wartość średnia ważona	Zakresy stężeń substancji w 2019 roku			Wartość średnia ważona	Zakresy stężeń substancji w 2018 roku			Wartość średnia ważona	Zakresy stężeń substancji w 2017 roku			Wartość średnia ważona	Zakresy stężeń substancji w 2016 roku			Wartość średnia ważona
		MIN	-	MAX		MIN	-	MAX		MIN	-	MAX		MIN	-	MAX		MIN	-	MAX	
Chlorki	mg/l Cl	0,14	-	14,00	0,76	0,10	-	6,29	0,96	0,09	-	14,78	1,06	0,08	-	6,06	1,03	0,16	-	6,90	0,96
Siarczany	mg/l SO ₄	0,39	-	6,31	1,29	0,43	-	7,33	1,56	0,41	-	10,80	1,70	0,47	-	6,57	1,70	0,45	-	9,70	1,66
Azot (azotynowy + azotanowy)	mg/l N	0,12	-	1,79	0,33	0,12	-	2,31	0,40	0,14	-	2,99	0,43	0,06	-	2,42	0,41	0,02	-	1,22	0,37
Azot amonowy	mg/l N	0,14	-	3,29	0,51	0,07	-	2,94	0,58	0,04	-	3,78	0,61	0,13	-	4,17	0,64	0,13	-	2,17	0,59
Sód	mg/l Na	0,00	-	8,98	0,35	0,00	-	3,32	0,46	0,00	-	7,99	0,55	0,00	-	4,70	0,50	0,02	-	2,91	0,49
Potas	mg/l K	0,00	-	4,78	0,27	0,00	-	2,39	0,33	0,06	-	7,47	0,34	0,06	-	3,43	0,31	0,07	-	2,75	0,31
Wapń	mg/l Ca	0,05	-	5,85	0,64	0,07	-	5,74	0,70	0,04	-	8,47	0,84	0,04	-	3,96	0,74	0,06	-	4,74	0,76
Magnez	mg/l Mg	0,02	-	1,38	↑ 0,12	0,00	-	0,77	0,11	0,01	-	1,71	0,13	0,01	-	0,64	0,12	0,01	-	0,80	0,12
Cynk	mg/l Zn	0,000	-	0,275	↑ 0,037	0,000	-	0,377	0,035	0,000	-	0,576	0,047	0,000	-	0,316	0,039	0,000	-	0,220	0,030
Miedź	mg/l Cu	0,0001	-	0,0665	0,0056	0,0000	-	0,0707	0,0067	0,0000	-	0,1202	0,0070	0,0002	-	0,0550	0,0057	0,0000	-	0,0464	0,0051
Ołów	mg/l Pb	0,0000	-	0,0190	↑ 0,0011	0,0000	-	0,0242	0,0008	0,0000	-	0,0211	0,0009	0,0000	-	0,0229	0,0009	0,0000	-	0,0125	0,0009
Kadm	mg/l Cd	0,00000	-	0,00150	0,00009	0,00000	-	0,00191	0,00015	0,00000	-	0,00268	0,00021	0,00000	-	0,00251	0,00015	0,00000	-	0,00135	0,00012
Nikiel	mg/l Ni	0,0000	-	0,0031	0,0004	0,0000	-	0,0037	0,0005	0,0000	-	0,0058	0,0006	0,0000	-	0,0048	0,0006	0,0000	-	0,0024	0,0004
Chrom og.	mg/l Cr	0,00000	-	0,00204	↑ 0,00020	0,00000	-	0,00171	0,00010	0,00000	-	0,00234	0,00020	0,00000	-	0,00090	0,00011	0,00000	-	0,00124	0,00001
Azot ogólny	mg/l N	0,15	-	7,31	1,24	0,12	-	6,36	1,47	0,39	-	8,73	1,51	0,45	-	7,53	1,52	0,40	-	8,16	1,44
Fosfor ogólny	mg/l P	0,000	-	0,432	↑ 0,039	0,000	-	0,385	0,037	0,000	-	0,556	0,037	0,000	-	0,440	0,050	0,000	-	1,289	0,043
Jon wodorowy	mg/l H ⁺	0,0000	-	0,0219	0,0018	0,0000	-	0,0263	0,0018	0,0000	-	0,0631	0,0029	0,0000	-	0,3236	0,0035	0,0000	-	0,0407	0,0024
pH	-	4,66	-	7,70	5,75	4,58	-	7,56	5,75	4,20	-	7,87	5,54	3,49	-	7,44	5,45	4,39	-	7,41	5,62
Przewodność	μS/cm	5,6	-	86,6	14,5	6,4	-	58,9	16,5	6,8	-	98,2	18,5	6,9	-	184,3	18,2	7,0	-	55,5	16,8
Średnia suma roczna wysokości opadu (22 stacje)		700 mm ↑				627 mm				560 mm				811 mm				724 mm			

* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

WYNIKI BADAŃ NA 22 STACJACH MONITORINGOWYCH W 2020 ROKU



Średnie ważone stężenia roczne substancji w opadach atmosferycznych z 22 stacji monitoringowych w latach 1999-2020 na tle średnich rocznych wysokości opadów (mm)*



Średnioroczne wartości stężeń badanych substancji w opadach wykazują **tendencję malejącą** dla 16 wskaźników, w tym dla 10 wskaźników tendencja malejąca była istotna statystycznie.

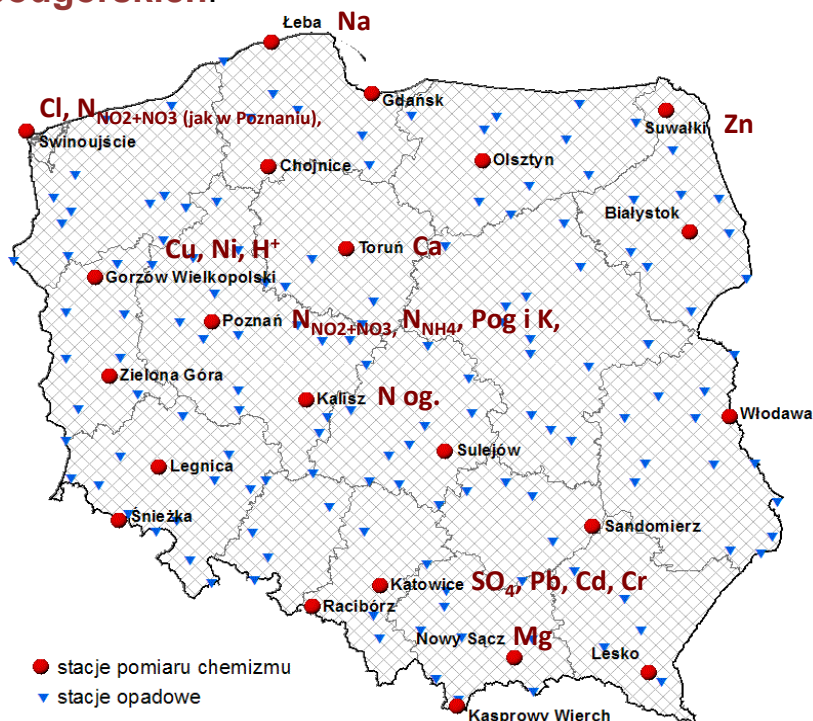
Tendencję malejącą, istotną statystycznie, stwierdzono dla stężeń:

wolnych jonów wodorowych – H^+ , siarczanów – SO_4^{2-} , azotu azotynowego i azotanowego – $N(NO_2^- + NO_3^-)$, azotu amonowego – $N(NH_4^+)$, azotu ogólnego – N , cynku – Zn , ołowiu – Pb , kadmu – Cd , niklu – Ni i chromu – Cr .

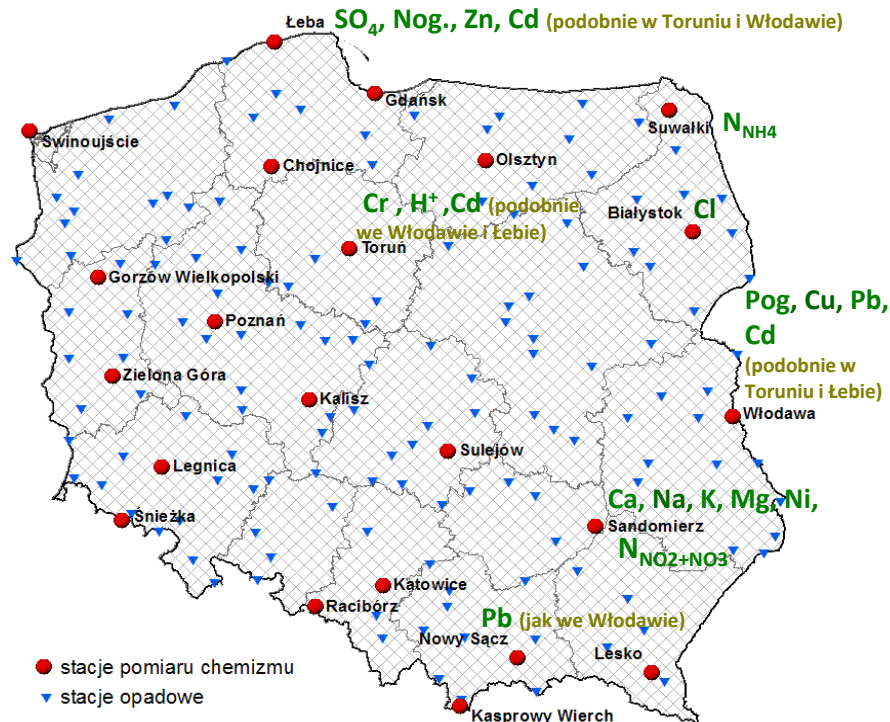
* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMŚ w GIOŚ.

Stężenia substancji w miesięcznych próbkach opadów atmosferycznych zebranych na 22 stacjach monitoringowych w 2020 r. *

Stężenia maksymalne na stacjach nizinnych i podgórskich:



Najniższe średnie roczne stężenia (rejonu nizinne i podgórskie):



Max. przewodność elektr. wł. - 86,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, opad średniomiesięczny – IV.2020, w Łebie,
Min. przewodność elektr. wł. - 5,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ opad średniomiesięczny – IX.2020, na Kasprowym Wierchu.

Najbardziej kwaśny odczyn opadów średniomiesięcznych – 4,66 pH – X.2020, w Sandomierzu, a najwyższy, zasadowy odczyn opadów – 7,70 pH, I.2020, w Nowym Sączu.

* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMŚ w GIOŚ.

Stężenia substancji w miesięcznych próbkach opadów atmosferycznych zebranych na 22 stacjach monitoringowych w 2020 r. *

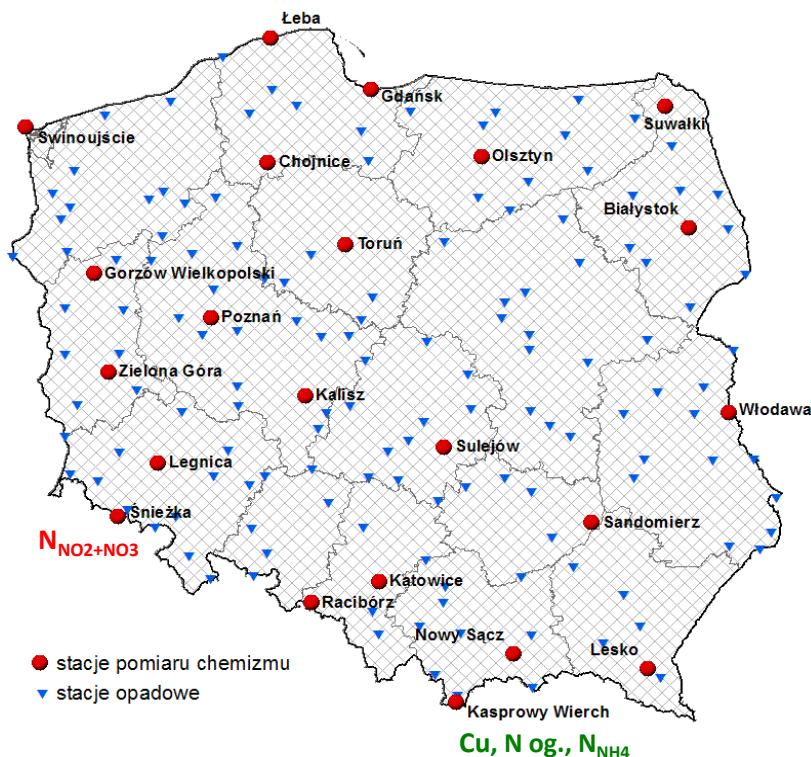
Dla rejonu wysokogórskiego,
w porównaniu ze stacjami nizinnymi, w opadach na **Kasprowym Wierchu** w 2020 roku, stwierdzono **najniższe stężenia: miedzi, azotu amonowego oraz azotu ogólnego**, a na **Śnieżce** stwierdzono **najwyższe stężenia azotu azotynowego i azotanowego**.

Sezonowo:
w okresie ciepłym roku,

w odniesieniu do średniej dla Polski, na większości stacji monitoringowych opady charakteryzowały się **wyższą koncentracją: związków biogennych, w tym: azotu i fosforu ogólnego, azotu amonowego oraz chromu.**

W okresie chłodnym na większości stacji opady charakteryzowały się **wyższą koncentracją: związków kwasotwórczych: siarczanów i chlorków, azotu azotynowego i azotanowego oraz sodu, potasu, wapnia, magnezu, cynku, miedzi, ołowiu, kadmu, niklu oraz wolnych jonów wodorowych.**

Średnioroczne wartości stężeń badanych substancji w opadach wykazują **tendencję malejącą (1999-2020)** dla 16 wskaźników, w tym dla 10 wskaźników tendencja była **istotna statystycznie** (H^+ , SO_4^{2-} , N_{NO_2, NO_3} , $N_{NH_4^+}$, $N_{og.}$, Zn , Pb , Cd , Ni i Cr).



Zakwaszenie opadów atmosferycznych na 22 stacjach monitoringowych w 2020 r.*

Rozkład średnich ważonych wartości pH w **miesięcznych próbkach** opadów atmosferycznych w 2020 r. (264 próbki)

KLASA WIELKOŚCI			łącznie (N, E, S, W, Z)	
I	podwyższony	pH > 6,5	34,1%	(90)
II	lekko podwyższony	6,1 ≤ pH ≤ 6,5	29,2%	(77)
III	normalny	5,1 ≤ pH < 6,1	31,4%	(83)
IV	lekko obniżony	4,6 ≤ pH < 5,1	5,3%	(14)
V	obniżony	4,1 ≤ pH < 4,6	0,0%	(0)
VI	silnie obniżony	pH < 4,1	0,0%	(0)
ilość pomiarów miesięcznych			264	

() - ilość pomiarów

stacje monitoringowe	liczba próbek o pH < 5,6, (%)	stacje monitoringowe	liczba próbek o pH < 5,6, (%)
Świnoujście	17%	Poznań	0%
Łeba	17%	Kalisz	0%
Gdańsk	0%	Włodawa	17%
Chojnice	0%	Legnica	58%
Olsztyn	0%	Śnieżka	42%
Toruń	0%	Racibórz	8%
Sulejów	33%	Katowice	17%
Suwałki	0%	Nowy Sącz	0%
Białystok	0%	Kasprowy Wierch	25%
Gorzów Wlkp.	75%	Sandomierz	58%
Zielona Góra	50%	Lesko	25%

Zakres pH:

- od 4,66 w Sandomierzu (X) do 7,70 w Nowym Sączu (I)
- średnia ważona dla 22 stacji - pH = 5,75.
- **Odczyn pH ≤ 5,6** nie występował w próbkach zebranych na stacjach: w Toruniu, Olsztynie, Chojnicach, Gdańsku, Suwałkach, Białymstoku, Poznaniu, Kaliszu i w Nowym Sączu.
- **Odczyn pH ≤ 5,6** wystąpił w **20%** miesięcznych próbek zebranych ogółem na 22 stacjach.
- **Obniżony odczyn poniżej 5,6 pH** występował w pomiarach:
 - ☐ w Gorzowie Wlkp. – w **75%** próbek,
 - ☐ w Sandomierzu i Legnicy – po **58%** próbek,
 - ☐ w Zielonej Górze – **50%** próbek,
 - ☐ na Śnieżce – **42%** próbek,
 - ☐ w Sulejowie – **33%** próbek,
 - ☐ na Kasprowym Wierchu i w Lesku po **25%** próbek,
 - ☐ w Łebie, Świnoujściu, Włodawie i Katowicach po **17%** próbek,
 - ☐ w Raciborzu – **8%** próbek.

* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

WYNIKI BADAŃ NA 22 STACJACH MONITORINGOWYCH W 2020 ROKU



Zakwaszenie opadów atmosferycznych na 22 stacjach monitoringowych w 2020 r.

Rozkład średnich ważonych wartości pH w **dobowych próbkach** opadów atmosferycznych w 2020 r. (2341 próbek)

KLASA WIELKOŚCI			łącznie (N, E, S, W, Z) ilość przypadków %, () - ilość pomiarów	
I	podwyższony	pH > 6,5	20,7%	(485)
II	lekko podwyższony	6,1 ≤ pH ≤ 6,5	26,9%	(630)
III	normalny	5,1 ≤ pH < 6,1	38,5%	(901)
IV	lekko obniżony	4,6 ≤ pH < 5,1	7,9%	(184)
V	znacznie obniżony	4,1 ≤ pH < 4,6	5,8%	(135)
VI	silnie obniżony	pH < 4,1	0,3%	(6)
ilość pomiarów w 2020 roku			2341	

Średni ważony odczyn pH:

- odczyn podwyższony – **I klasa, pH > 6,5** występował: w Suwałkach (pH=6,70);
- odczyn normalny – **III klasa, 5,1 ≤ pH < 6,1** występował: na 19 stacjach monitoringowych;
- odczyn lekko obniżony – **IV klasa, 4,6 ≤ pH < 5,1** występował: w Sandomierzu (pH=5,05);
- odczyn znacznie obniżony – **V klasa, 4,1 ≤ pH < 4,6** odczyn najniższy występował na Śnieżce (pH=4,47).

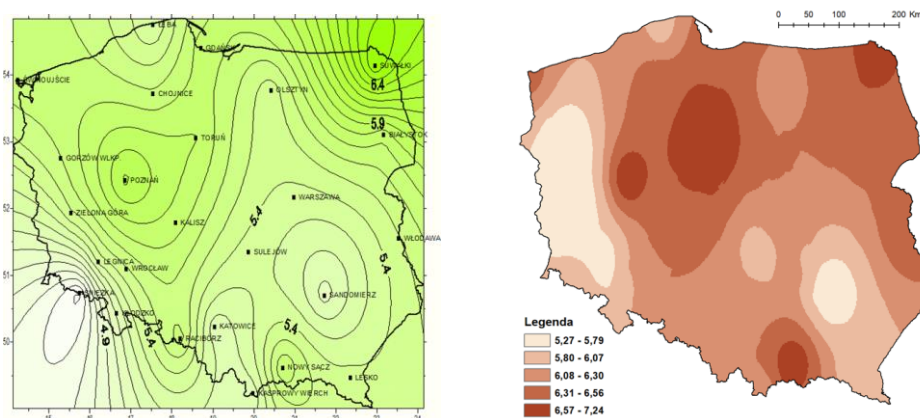
Rozkład wartości (w %) pH < 5,6 **dobowych próbek** opadów atmosferycznych w 2020 r.

stacje monitoringowe	liczba próbek o pH < 5,6, (%)	stacje monitoringowe	liczba próbek o pH < 5,6, (%)
Świnoujście	21%	Poznań	3%
Łeba	48%	Kalisz	19%
Gdańsk	14%	Wodawa	41%
Chojnice	27%	Legnica	49%
Olsztyn	13%	Śnieżka	100%
Toruń	9%	Racibórz	16%
Sulejów	45%	Katowice	38%
Suwałki	1%	Nowy Sącz	16%
Białystok	16%	Kasprowy Wierch	67%
Gorzów Wlkp.	23%	Sandomierz	66%
Zielona Góra	37%	Lesko	33%

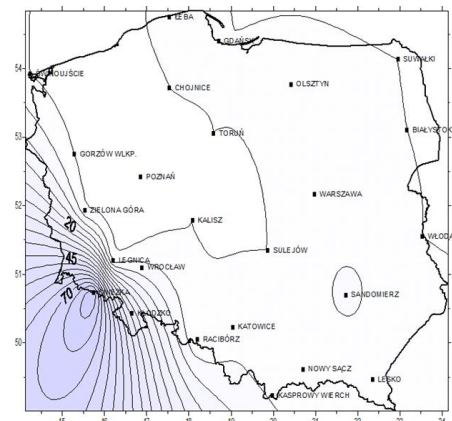
- W 2020 r. wykonano 2341 pomiarów pH w **próbkach dobowych** i uzyskano wyniki w zakresie pH: od **3,68** na **Kasprowym Wierchu** (23 i 28 XI, W i N) do **7,87** na **Kasprowym Wierchu** (24 IV, S).
- Ilość pomiarów pH < 5,6, to **34% zbioru** próbek dobowych (800 próbek).
- Stwierdzono charakterystyczne ilości pomiarów pH < 5,6, tj.:
 - **100% zbioru** próbek na Śnieżce,
 - **1% zbioru** w Suwałkach,
 - zbiory > 50% stwierdzono w Sandomierzu (66%) i na Kasprowym Wierchu (67%).

Zakwaszenie opadów atmosferycznych na 22 stacjach monitoringowych w latach 2019-2020 r.*

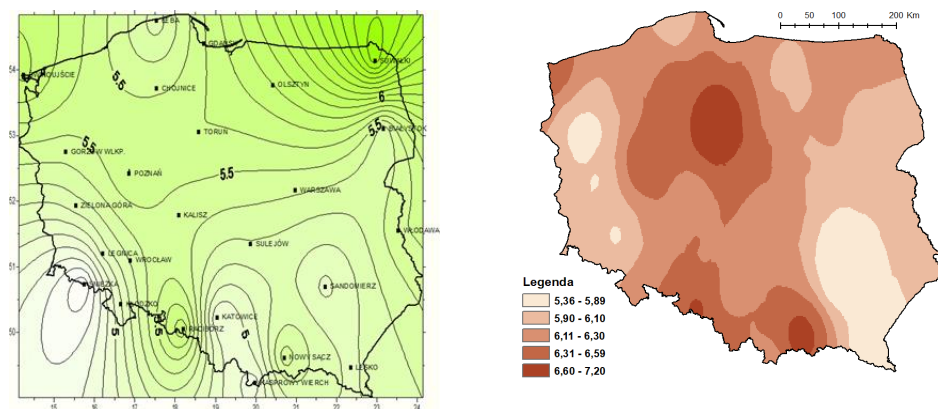
Rozkład średnich ważonych wartości pH dobowych próbek opadów atmosferycznych w 2020 r. (2341 próbek)



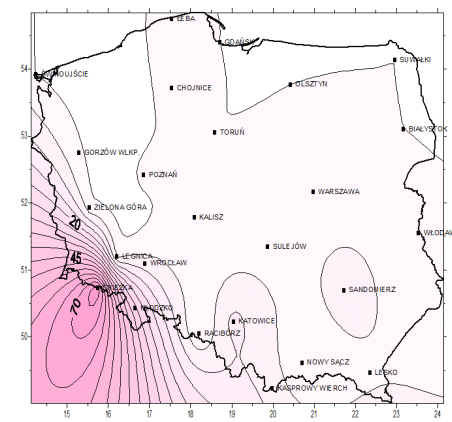
Rozkład sumaryczny częstości [w %] występowania odczynu **znacznie i silnie obniżonego, pH < 4,6**, w **dobowych opadach** atmosferycznych w 2020 r.



Rozkład średnich ważonych wartości pH dobowych próbek opadów atmosferycznych w 2019 r. (2172 próbek)



Rozkład sumaryczny częstości [w %] występowania odczynu **znacznie i silnie obniżonego, pH < 4,6**, w **dobowych opadach** atmosferycznych w 2019 r.



WYNIKI BADAŃ NA 22 STACJACH MONITORINGOWYCH W 2020 ROKU



Depozycja substancji do podłoża na 22 stacjach monitoringowych w latach 2016-2020*

WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZEŃ	JEDNOSTKA	Zakresy depozycji substancji w 2020 roku			Zakresy depozycji substancji w 2019 roku			Zakresy depozycji substancji w 2018 roku			Zakresy depozycji substancji w 2017 roku			Zakresy depozycji substancji w 2016 roku		
		MIN	-	MAX	MIN	-	MAX	MIN	-	MAX	MIN	-	MAX	MIN	-	MAX
Chlorki	kg/ha Cl	0,03	-	3,02	0,01	-	3,92	0,03	-	4,27	0,05	-	3,46	0,02	-	4,81
Siarczany	kg/ha SO ₄	0,04	-	4,64	0,02	-	12,47	0,07	-	5,63	0,12	-	7,58	0,05	-	3,15
Azot (azotynowy + azotanowy)	kg/ha N	0,01	-	1,34	0,00	-	3,93	0,01	-	1,25	0,05	-	2,79	0,01	-	0,77
Azot amonowy	kg/ha N	0,00	-	1,43	0,01	-	5,00	0,01	-	1,58	0,05	-	4,81	0,02	-	1,45
Sód	kg/ha Na	0,00	-	1,64	0,00	-	2,07	0,00	-	2,68	0,00	-	1,94	0,01	-	2,42
Potas	kg/ha K	0,00	-	1,56	0,00	-	1,26	0,01	-	2,39	0,02	-	2,54	0,01	-	1,54
Wapń	kg/ha Ca	0,01	-	2,40	0,01	-	4,05	0,02	-	2,74	0,03	-	3,96	0,01	-	2,00
Magnez	kg/ha Mg	0,00	-	0,70 ↑	0,00	-	0,61	0,00	-	0,35	0,01	-	0,74	0,00	-	0,46
Cynk	kg/ha Zn	0,000	-	0,192 ↑	0,000	-	0,156	0,000	-	0,416	0,000	-	0,178	0,000	-	0,137
Miedź	kg/ha Cu	0,0001	-	0,0391	0,0000	-	0,0442	0,0000	-	0,0282	0,0001	-	0,0363	0,0000	-	0,0393
Ołów	kg/ha Pb	0,0000	-	0,0258 ↑	0,0000	-	0,0064	0,0000	-	0,0038	0,0000	-	0,0068	0,0000	-	0,0075
Kadm	kg/ha Cd	0,00000	-	0,00146	0,00000	-	0,00187	0,00000	-	0,00229	0,00000	-	0,00135	0,00000	-	0,00075
Nikiel	kg/ha Ni	0,0000	-	0,0035 ↑	0,0000	-	0,0028	0,0000	-	0,0029	0,0000	-	0,0044	0,0000	-	0,0020
Chrom og.	kg/ha Cr	0,0000	-	0,0015	0,0000	-	0,0017	0,0000	-	0,0012	0,0000	-	0,0010	0,0000	-	0,0001
Azot ogólny	kg/ha N	0,01	-	3,92	0,01	-	10,82	0,03	-	3,03	0,12	-	8,69	0,07	-	6,65
Fosfor ogólny	kg/ha P	0,0000	-	0,272	0,0000	-	0,181	0,000	-	0,238	0,0000	-	0,353	0,000	-	0,173
Jon wodorowy	kg/ha H ⁺	0,00000	-	0,0176 ↑	0,00000	-	0,0098	0,0000	-	0,0486	0,00001	-	0,1359	0,00000	-	0,0150
Średnia suma roczna wysokości opadu (22 stacje)		700 mm ↑			627 mm			560 mm			811 mm			724 mm		

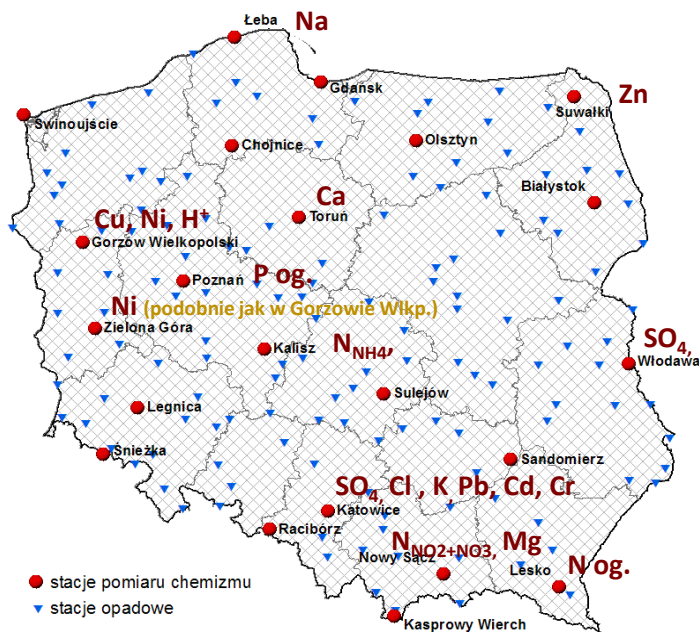
* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

WYNIKI BADAŃ NA 22 STACJACH MONITORINGOWYCH W 2020 ROKU

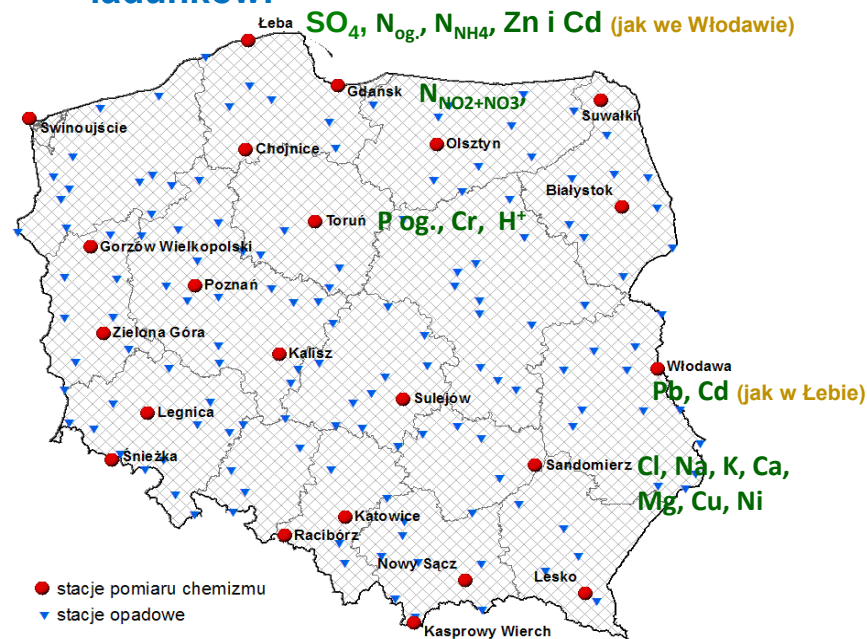


Depozycja substancji do podłoża na stacjach monitoringowych nizinnych i podgórskich w 2020 r.*

Maksymalne wartości średniorocznych ładunków:



Minimalne wartości średniorocznych ładunków:



Maksymalne wartości średnich z miesięcznych ładunków jednostkowych większości badanych substancji (dla 8 wskaźników) zostały wniesione z opadami głównie w czerwcu, a w drugiej kolejności w październiku (dla 4 wskaźników), a następnie w lutym (dla 2 wskaźników).

Minimalne wartości średniomiesięcznych ładunków jednostkowych większości badanych substancji, zostały wniesione z opadami głównie w kwietniu (dla 15 wskaźników), a w drugiej kolejności w listopadzie (dla 2 wskaźników).

* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

WYNIKI BADAŃ NA 22 STACJACH MONITORINGOWYCH W 2020 ROKU

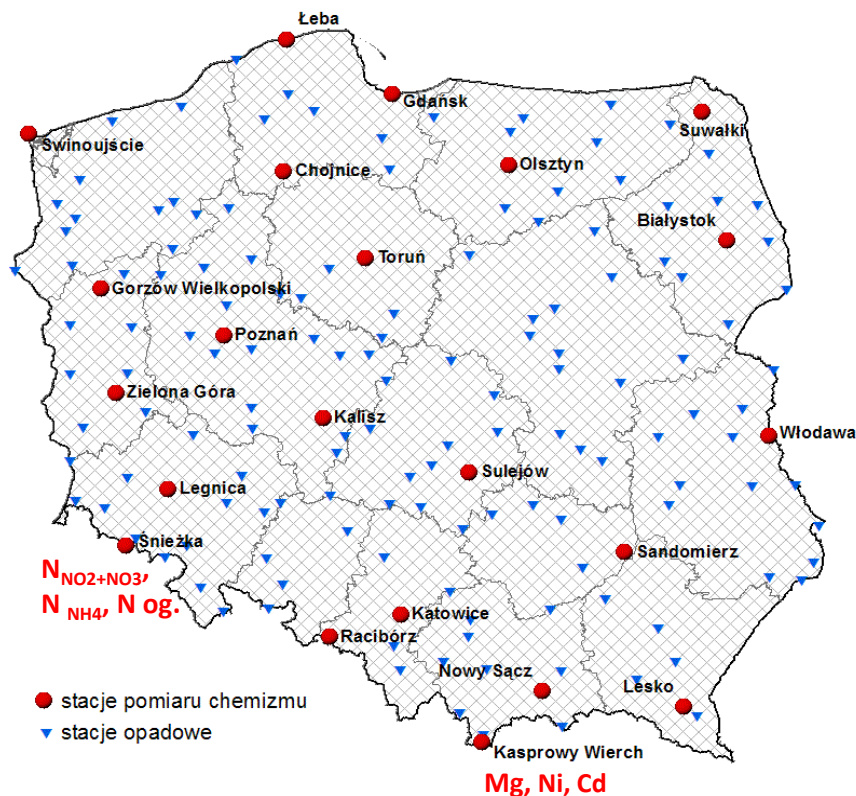


Średnioroczne depozycje z opadami atmosferycznymi w 2020 r.
na obszary reprezentowane przez stacje monitoringowe*

Dla rejonu wysokogórskiego,

na Kasprowym Wierchu i Śnieżce w 2020 roku nie stwierdzono **najniższych rocznych depozycji** z opadami.

Na Śnieżce stwierdzono **najwyższe roczne depozycje azotu azotynowego i azotanowego, azotu amonowego oraz azotu ogólnego**, a na **Kasprowym Wierchu** **magnezu, niklu i kadmu**.



Sezonowo:

w okresie ciepłym roku,

w odniesieniu do średniej dla Polski, na większości stacji monitoringowych opady charakteryzowały się **wyższą depozycją: siarczanów, azotu azotynowego i azotanowego, związków biogennych, w tym: azotu i fosforu ogólnego, azotu amonowego oraz metali: potasu, wapnia, magnezu, cynku, miedzi, kadmu i chromu.**

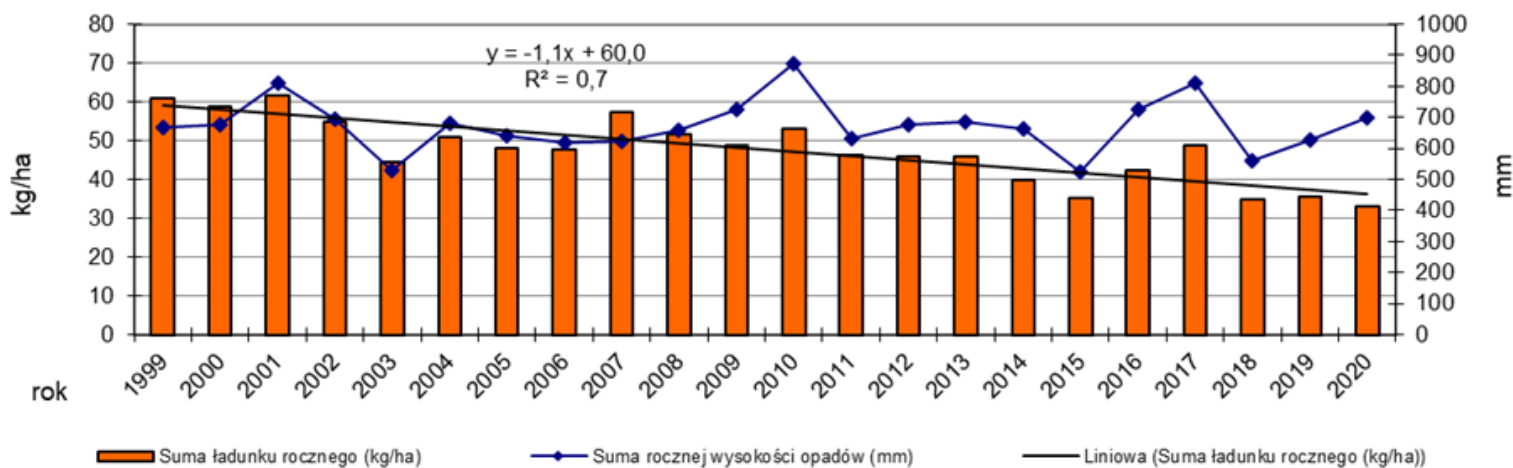
W okresie chłodnym na większości stacji opady charakteryzowały się **wyższą depozycją: chlorków, sodu, niklu oraz wolnych jonów wodorowych.**

Depozycję ołowiu stwierdzono na takim samym poziomie wartości, zarówno w okresie ciepłym jak i chłodnym roku.

* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

Depozycja substancji do podłoża na 22 stacjach monitoringowych w 2020 r.*

Roczne, obciążenie powierzchniowe badanymi substancjami, terenów reprezentowanych przez stacje monitoringowe, średnio - **33,17 kg/ha.**



Średnia roczna depozycja z opadami oraz średnie sumy roczne wysokości opadów na dwudziestu dwóch stacjach monitoringowych w latach badań 1999-2020.

Można stwierdzić tendencję malejącą, istotną statystycznie, dla średnich rocznych depozycji na obszarach kraju reprezentowanych przez 22 stacje monitoringowe oraz zależność wielkości średniej rocznej depozycji od średniej sumy rocznej wysokości opadów na tych stacjach.

Jedynie średnia roczna depozycja dla roku 2007 odbiega od tej zależności.

DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R



(przestrzenny rozkład ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Średnie ładunki jednostkowe substancji (w kg/ha) wprowadzone w poszczególnych miesiącach 2020 r. i w okresie roku*

Miesięcznie wielkości wniesionych ładunków badanych substancji w 2020 roku, kształtowały się w granicach od **1,16 kg/ha** do **4,76 kg/ha**.

Obciążenie powierzchniowe obszaru Polski badanymi substancjami, wnoszonymi wraz z opadami atmosferycznymi w 2020 roku wynosiło **32,67 kg/ha*rok**.

Największa depozycja wystąpiła w **czerwcu**, z miesięczną wysokością opadu większą od wartości przeciętnej rocznej z wielolecia o 55%.

Najmniej badanych substancji wprowadziły opady w **kwietniu** 2020 roku, który charakteryzował się najniższą miesięczną wysokością opadów, z 81% niedoborem w stosunku do wartości średniej wieloletniej.

* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R



(przestrzenny rozkład ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Średnie ładunki jednostkowe substancji (w kg/ha), wprowadzone w poszczególnych miesiącach 2020 r. i w okresie całego roku*

Lp	Miesiąc	WSKAŹNIK ZANIECZYSZCZENIA (kg/ha)								
		Siarczany [SO ₄]	Chlorki [Cl]	Azot (azotynowy + azotanowy) [N _{NO2} ⁻ + NO ₃ ⁻]	Azot amonowy [N _{NH4}]	Azot ogólny [N _{og.}]	Fosfor ogólny [P _{og.}]	Sód [Na]	Potas [K]	Wapń [Ca]
1	STYCZEŃ	0,60	0,43	0,18	0,19	0,53	0,013	0,24	0,13	0,25
2	LUTY	0,81	0,80	0,19	0,30	0,72	0,025	0,41	0,20	0,38
3	MARZEC	0,51	0,31	0,13	0,21	0,51	0,011	0,14	0,12	0,21
4	KWIECIEŃ	0,29	0,20	0,07	0,14	0,31	0,011	0,09	0,08	0,15
5	MAJ	1,06	0,48	0,25	0,53	1,13	0,041	0,21	0,23	0,51
6	CZERWIEC	1,39	0,54	0,32	0,66	1,40	0,051	0,21	0,28	0,73
7	LIPIEC	0,69	0,24	0,19	0,39	0,84	0,037	0,12	0,10	0,41
8	SIERPIEŃ	0,86	0,33	0,24	0,43	1,00	0,025	0,17	0,15	0,49
9	WRZESIEŃ	0,78	0,32	0,19	0,29	0,74	0,025	0,14	0,16	0,37
10	PAŹDZIERNIK	1,09	0,62	0,27	0,30	0,88	0,031	0,27	0,21	0,49
11	LISTOPAD	0,43	0,28	0,10	0,15	0,33	0,008	0,13	0,08	0,21
12	GRUDZIEŃ	0,56	0,36	0,09	0,12	0,30	0,008	0,16	0,11	0,28
ROK		9,07	4,91	2,22	3,71	8,69	0,286	2,29	1,85	4,48

 - wartości maksymalne
 - wartości minimalne

* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R



(przestrzenny rozkład ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Średnie ładunki jednostkowe substancji (w kg/ha), wprowadzone w poszczególnych miesiącach 2020 r. i w okresie całego roku*

Lp	Miesiąc	WSKAŹNIK ZANIECZYSZCZENIA (kg/ha)							
		Magnez [Mg]	Cynk [Zn]	Miedź [Cu]	Ołów [Pb]	Kadm [Cd]	Nikiel [Ni]	Chrom [Cr]	Jon wodorowy [H ⁺]
1	STYCZEŃ	0,04	0,014	0,0029	0,0006	0,00005	0,0002	0,00005	0,00114
2	LUTY	0,08	0,025	0,0050	0,0005	0,00005	0,0003	0,00009	0,00141
3	MARZEC	0,04	0,013	0,0022	0,0001	0,00002	0,0001	0,00005	0,00043
4	KWIECIEŃ	0,02	0,004	0,0013	0,0002	0,00001	0,0001	0,00003	0,00004
5	MAJ	0,08	0,032	0,0039	0,0007	0,00006	0,0003	0,00007	0,00049
6	CZERWIEC	0,11	0,036	0,0065	0,0011	0,00010	0,0006	0,00024	0,00066
7	LIPIEC	0,05	0,015	0,0025	0,0003	0,00003	0,0002	0,00007	0,00046
8	SIERPIEŃ	0,11	0,028	0,0033	0,0005	0,00005	0,0004	0,00008	0,00075
9	WRZESIEŃ	0,05	0,023	0,0031	0,0005	0,00005	0,0003	0,00016	0,00156
10	PAŹDZIERNIK	0,09	0,037	0,0043	0,0015	0,00005	0,0003	0,00012	0,00374
11	LISTOPAD	0,05	0,015	0,0022	0,0002	0,00003	0,0001	0,00003	0,00041
12	GRUDZIEŃ	0,05	0,017	0,0021	0,0002	0,00003	0,0002	0,00010	0,00073
ROK		0,77	0,259	0,0393	0,0064	0,00053	0,0031	0,00109	0,01182

 - wartości maksymalne
 - wartości minimalne

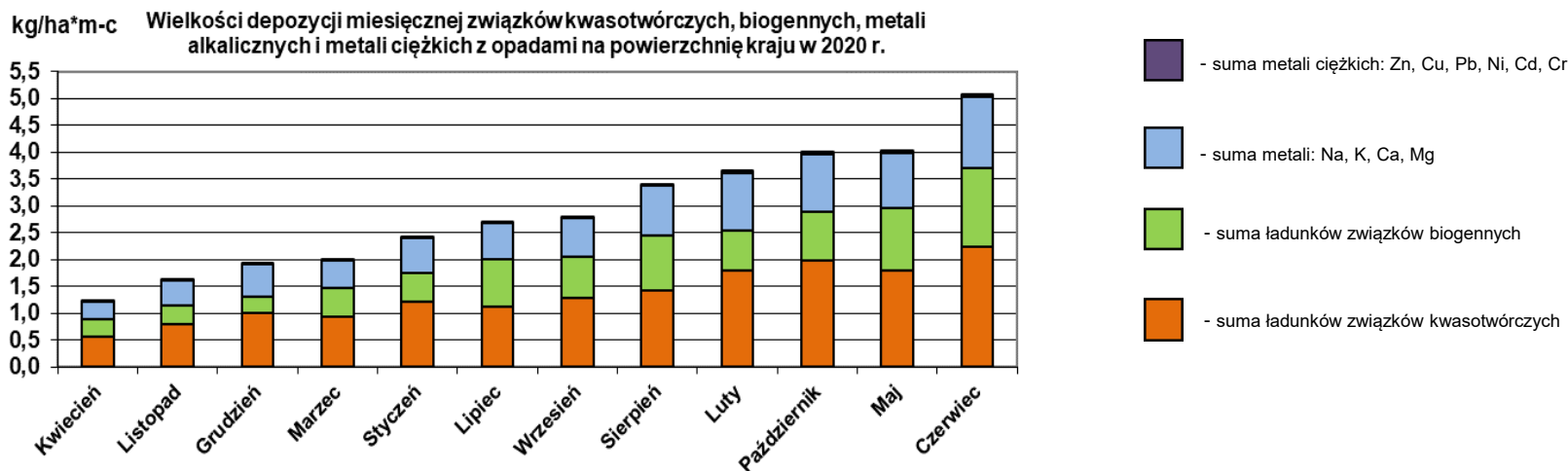
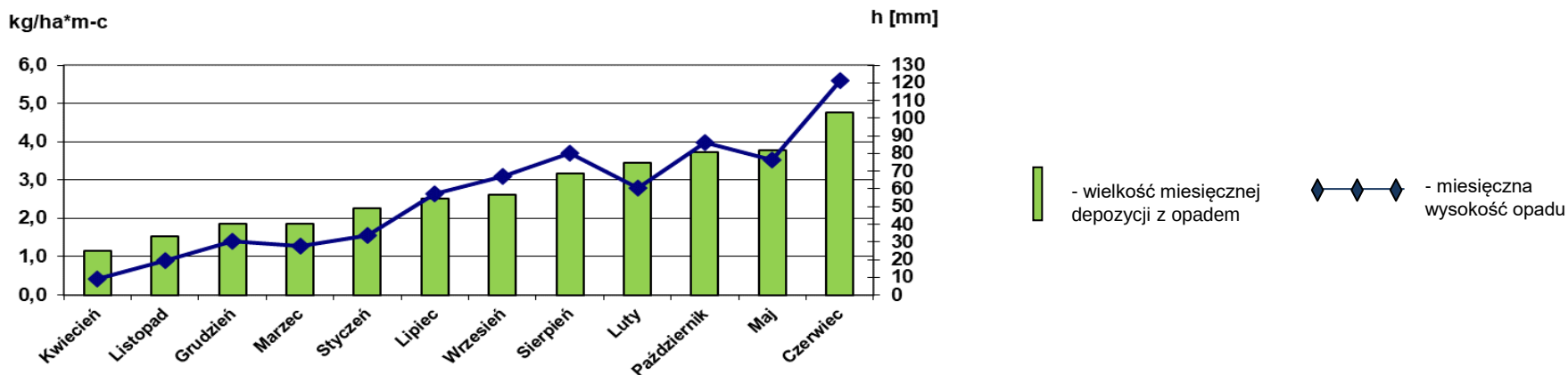
* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R



(przestrzenny rozkład ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Średnie ładunki jednostkowe substancji (w kg/ha), wprowadzone z opadem atmosferycznym w poszczególnych miesiącach 2020 r. *



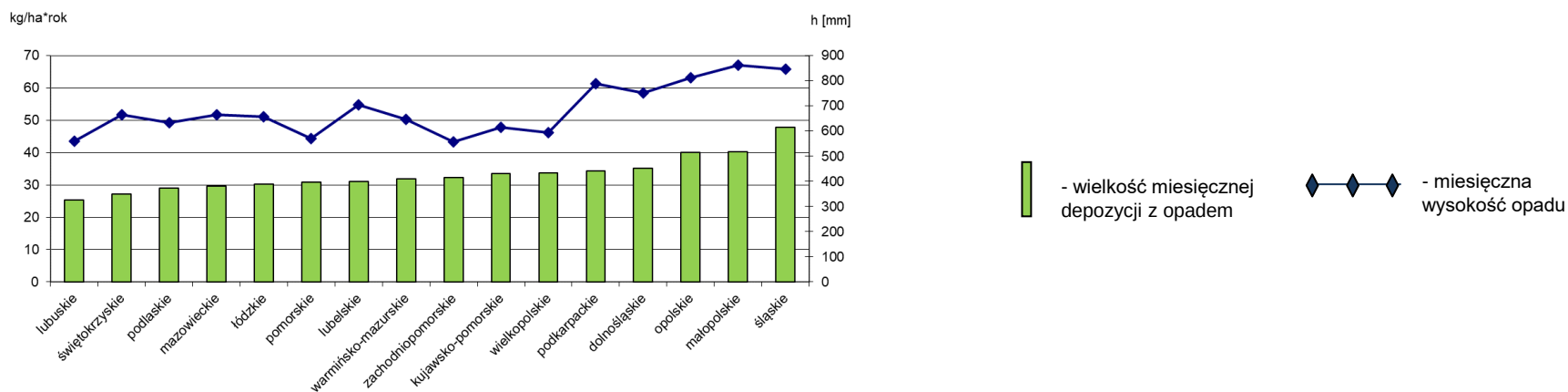
* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ.

DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R

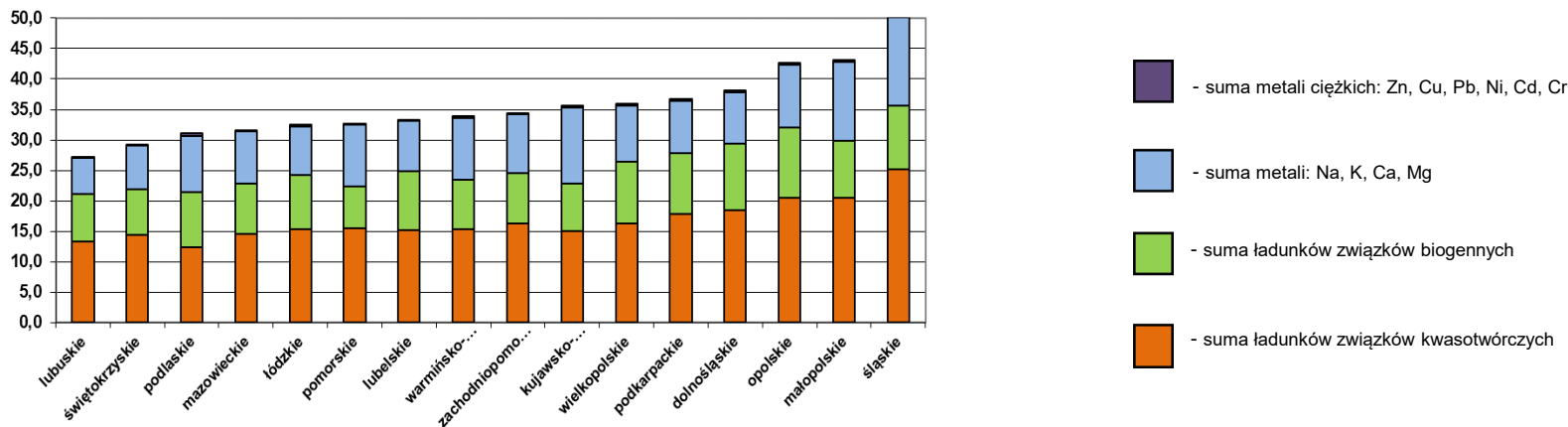


(przestrzenny rozkład ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Depozyt badanych substancji z atmosfery, wprowadzony przez opady na tereny województw oraz sumy roczne wysokości opadów*



kg/ha*rok Wielkości depozycji rocznej związków kwasotwórczych, biogennych, metali alkalicznych i metali ciężkich z opadami na powierzchnię województw w 2020 r.



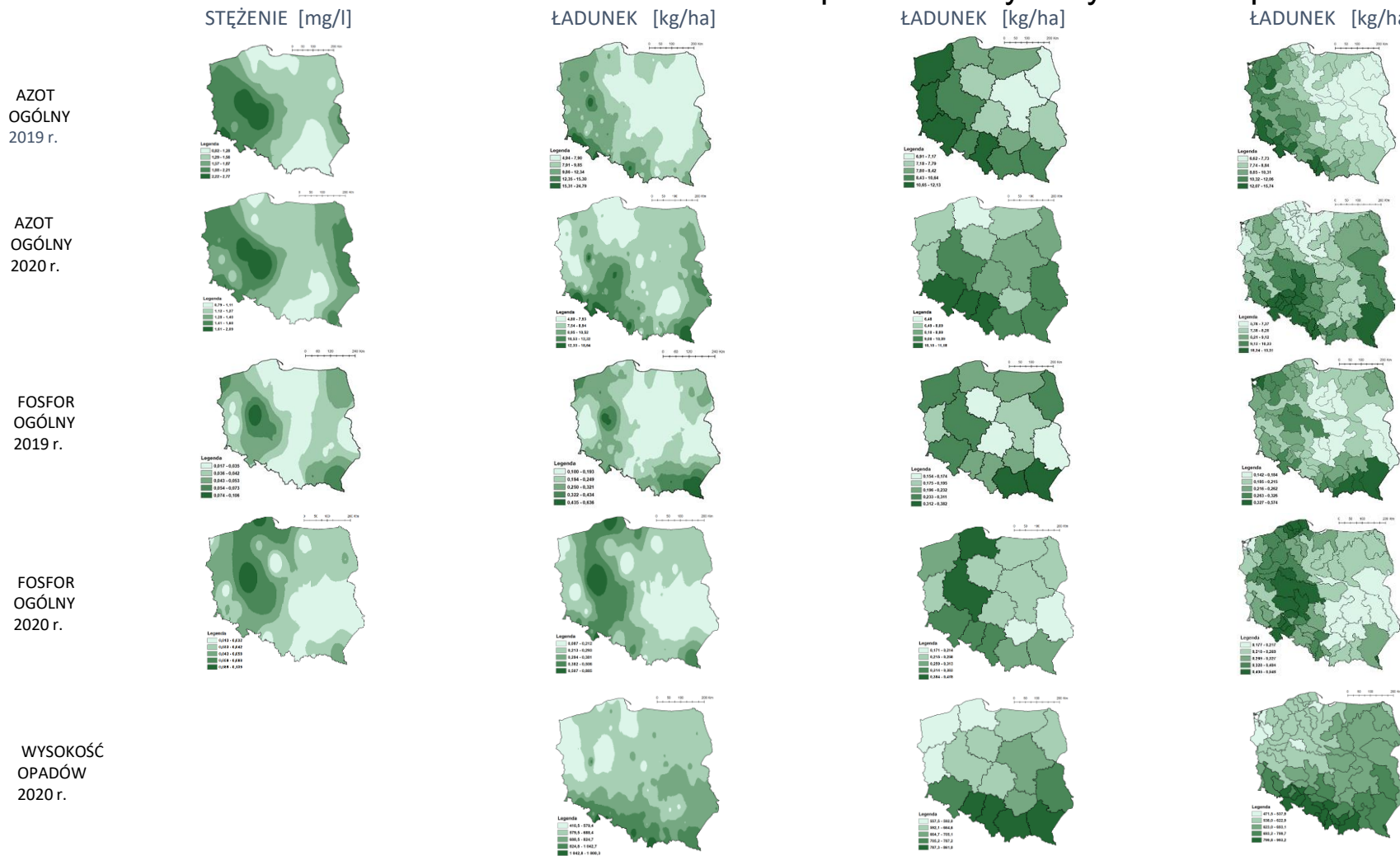
* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMŚ w GIOŚ.

DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R



(przestrzenny rozkład stężeń, ładunków i opadów obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Rozkład przestrzenny średnich rocznych ważonych stężeń **azotu i fosforu ogólnego**, w opadach atmosferycznych oraz rocznych depozycji z opadem na obszar Polski, województw i wybranych zlewni w 2019 i 2020 roku w zestawieniu z rozkładem przestrzennym wysokości opadów w 2020 r.



DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R

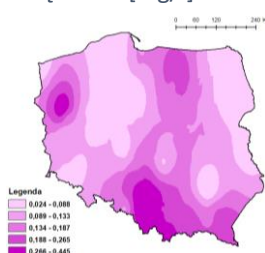


(przestrzenny rozkład stężeń i ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

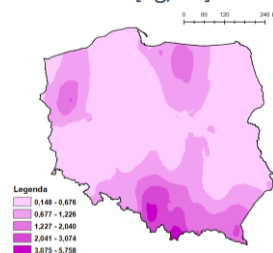
Rozkład przestrzenny średnich rocznych ważonych stężeń **kadm** i **chromu ogólnego**, w opadach atmosferycznych oraz rocznych depozycji z opadem na obszar Polski, województw i wybranych zlewni w 2019 i 2020 roku

KADM
2019 r.

STĘŻENIE [mg/l]



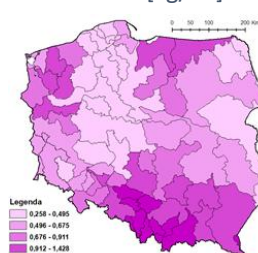
ŁADUNEK [kg/ha]



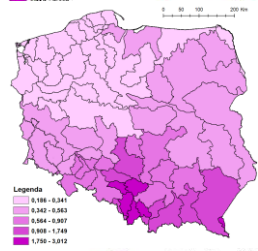
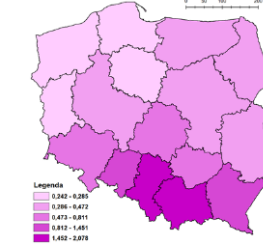
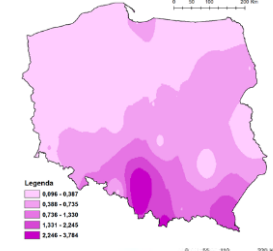
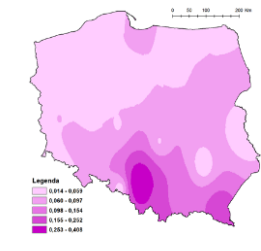
ŁADUNEK [kg/ha]



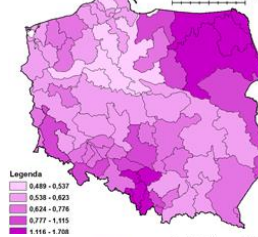
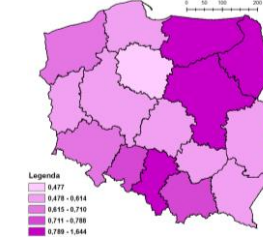
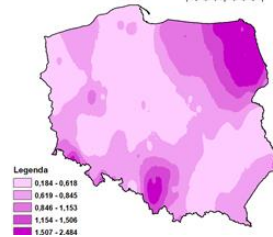
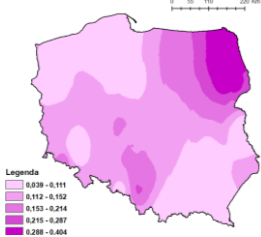
ŁADUNEK [kg/ha]



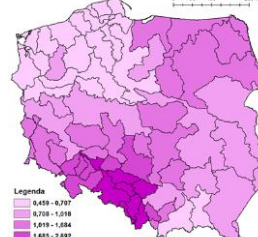
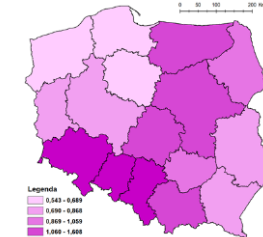
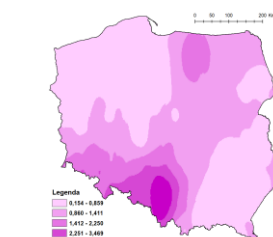
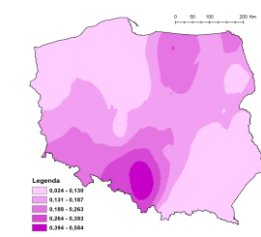
KADM
2020 r.



CHROM
OGÓLNY
2019 r.



CHROM
OGÓLNY
2020 r.



DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R

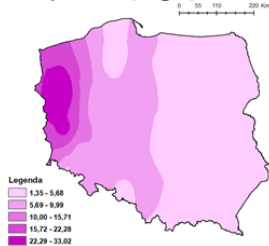


(przestrzenny rozkład stężeń i ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

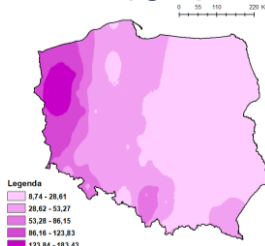
Rozkład przestrzenny średnich rocznych ważonych stężeń **miedzi i niklu**, w opadach atmosferycznych oraz rocznych depozycji z opadem na obszar Polski, województw i wybranych zlewni w 2019 i 2020 roku

MIEDŹ
2019 r.

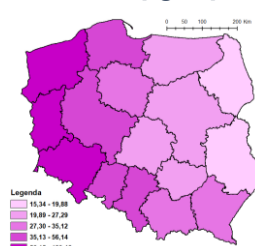
STĘŻENIE [mg/l]



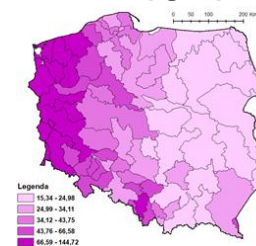
ŁADUNEK [kg/ha]



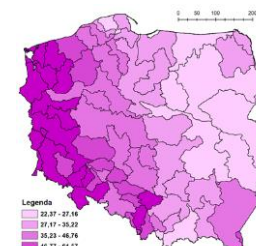
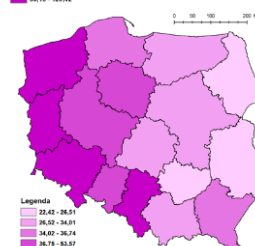
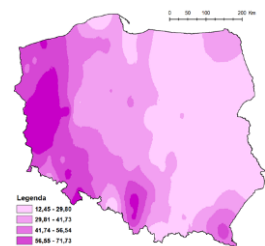
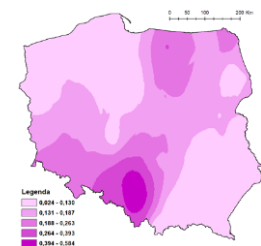
ŁADUNEK [kg/ha]



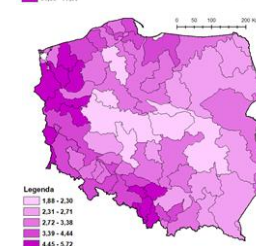
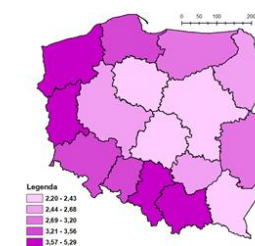
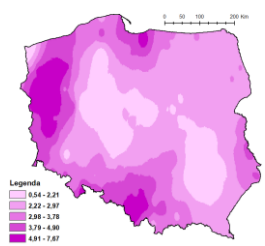
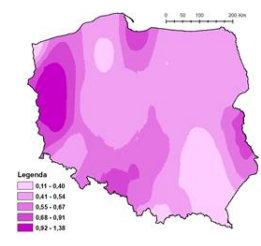
ŁADUNEK [kg/ha]



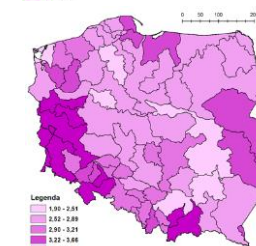
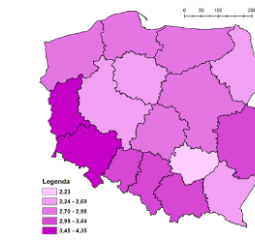
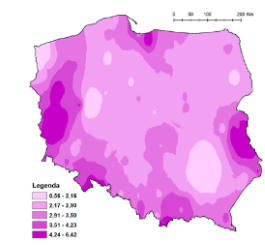
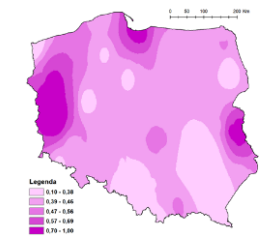
MIEDŹ
2020 r.



NIKIEL
2019 r.



NIKIEL
2020 r.

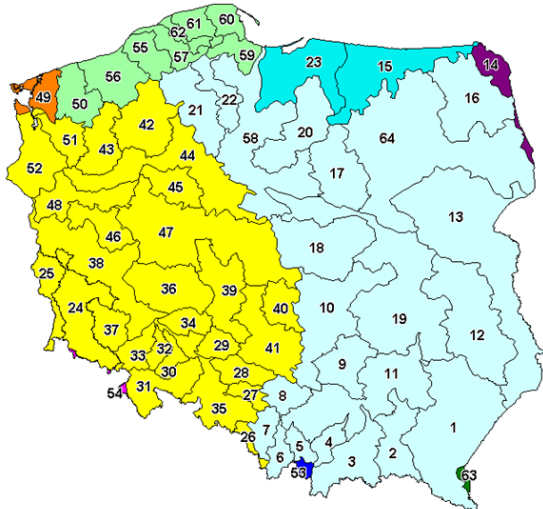


DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R



(przestrzenny rozkład ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Zestawienie graficzne ładunków substancji wprowadzonych przez opady atmosferyczne na tereny wybranych zlewni:



DORZECZE WISŁY

1. San
2. Wisłoka
3. Dunajec
4. Raba
5. Skawa
6. Soła
7. Górna Wisła
8. Przemsza
9. Nida
10. Pilica
11. Wisła śr. do Sanu
12. Wieprz
13. Bug
16. Biebrza
17. Wkra
18. Bzura
19. Wisła śr. do Włocławka
20. Drwęca
21. Brda

DORZECZE ODRY

22. Wda
58. Wisła dolna
64. Narew
24. Bóbr
25. Nysa Łużycka
26. Olza
27. Kłodnica
28. Mała Panew
29. Stobrawa
30. Oława
31. Nysa Kłodzka
32. Śleza
33. Bystrzyca
34. Widawa
35. Odra g. do Wrocławia
36. Barycz
37. Kaczawa
38. Odra śr. do Warty
39. Proсна

DORZECZE NIEMNU

40. Widawka
41. Warta g. do Sieradza
42. Gwda
43. Drawa
44. Noteć
45. Wełna
46. Obrza
47. Warta śr. do Szamotuł
48. Warta dolna
51. Ina
52. Odra dolna
23. Pasłęka i Nogat
15. Pregola
49. Zalew Szczeciński
14. Niemen

ZLEWNIA PRZYMORZA

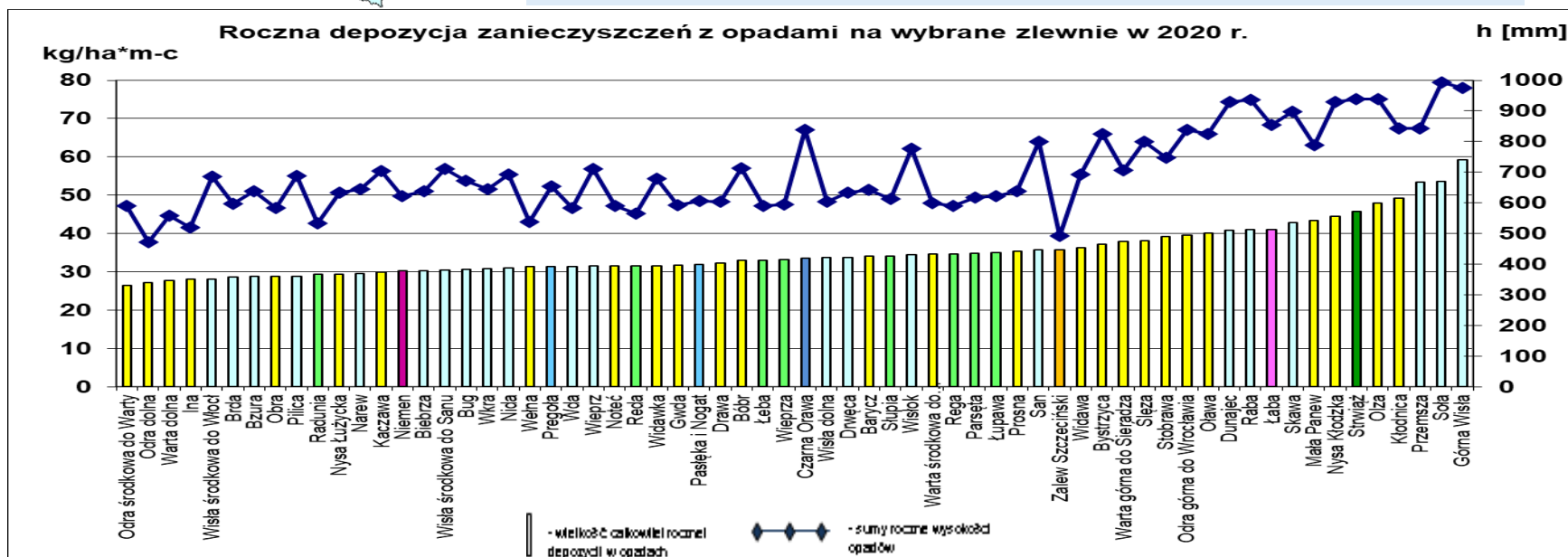
50. Rega
55. Wieprza
56. Parsęta
57. Stupia
59. Radunia
60. Reda
61. Łeba
62. Łupawa

DORZECZE DNIESTRU

63. Strwiąż

DORZECZE DUNAJU

53. Czarna Orawa
54. Łąba

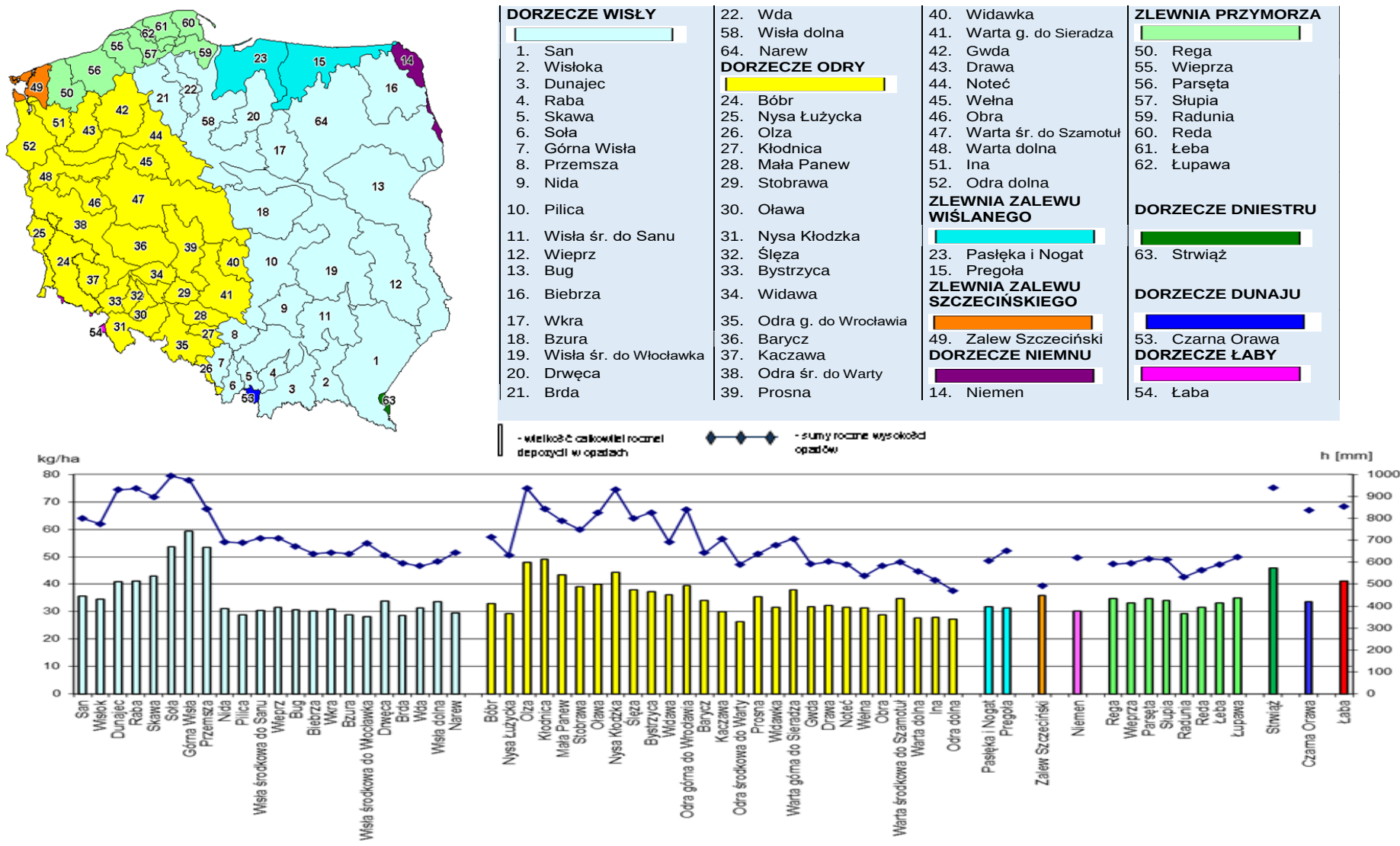


DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 R



(przestrzenny rozkład ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Zestawienie graficzne wielkości ładunków substancji wprowadzonych przez opady atmosferyczne na tereny wybranych zlewni (w odniesieniu do podziału hydrograficznego Polski):

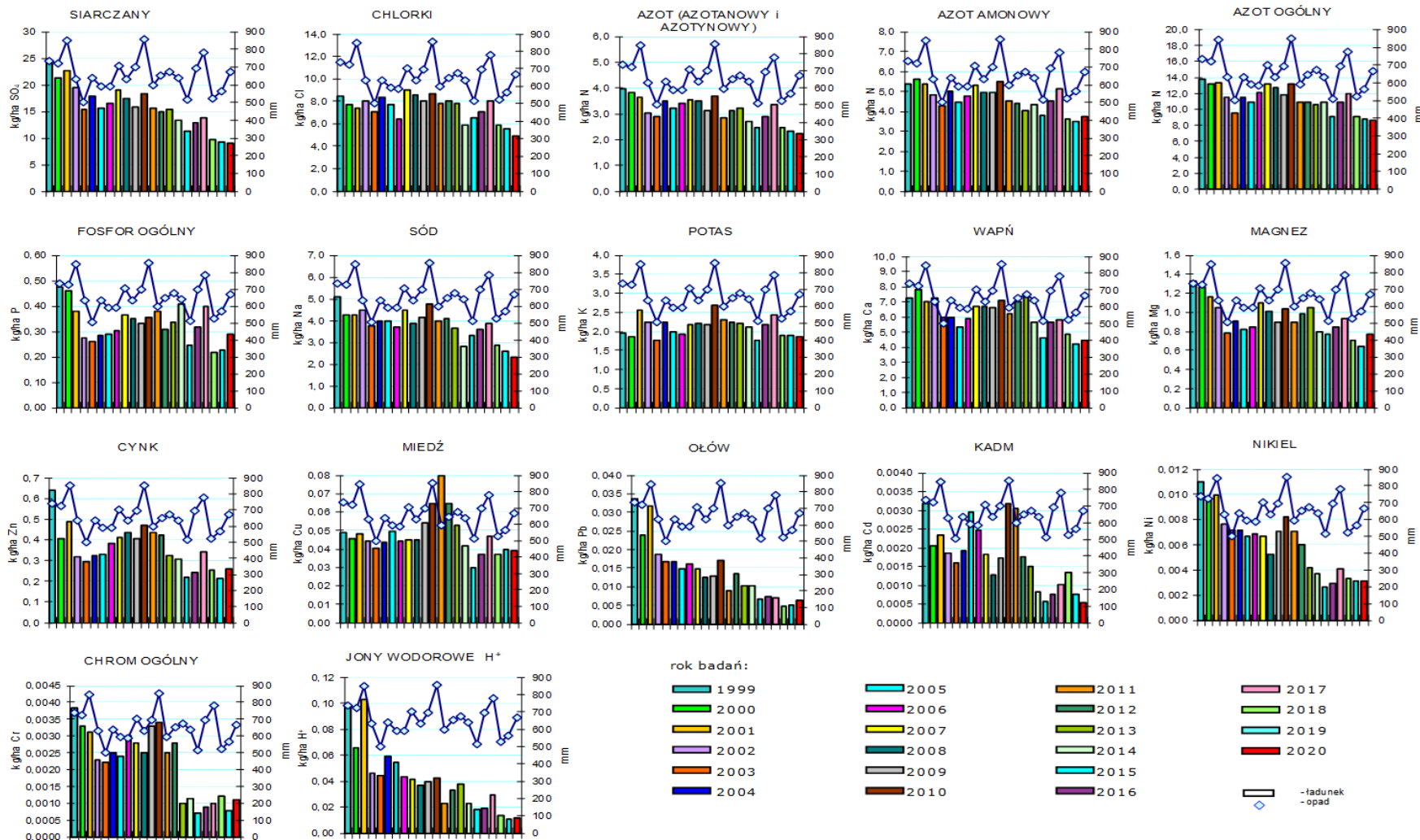


DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W 2020 ROKU



(przestrzenne rozłożenie ładunków obliczone z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

Depozycja substancji wprowadzanych z opadem atmosferycznym na obszar Polski w poszczególnych latach 1999-2020 (wielkości ładunków w kg/ha*rok) oraz średnioroczne sumy opadów (mm)*



* dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMŚ w GIOŚ.

W okresie wielolecia (1999-2020), średnioroczne wartości stężeń badanych substancji wykazują tendencję malejącą. W 2020 roku, w stosunku do wielolecia 1999-2019, obniżyły się średnie ważone wartości stężeń (75%-52%, w kolejności malejącej) wolnych jonów wodorowych, a następnie kadmu, niklu i ołowiu, a mniej (44%-33%) siarczanów, sodu, oraz chromu ogólnego. W mniejszym stopniu obniżyły się stężenia chlorków, cynku, azotu azotynowego i azotanowego, wapnia, azotu ogólnego, azotu amonowego i miedzi, a najmniej fosforu ogólnego, magnezu i potasu.

Nie odnotowano wzrostu średnich ważonych wartości stężeń w stosunku do wielolecia 1999-2019.

W 2020 r., w stosunku do 2019 r., stwierdzono spadek średnich rocznych ważonych stężeń stwierdzono w przypadku 11 z 17 badanych substancji w opadach, tj.: kadmu (o 40,0%), sodu (o 23,9%), chlorków (o 20,8%), niklu (o 20,0%), potasu (o 18,2%), azotu azotynowego i azotanowego (o 17,5%), siarczanów (o 17,3%), miedzi (o 16,4%), azotu ogólnego (o 15,6%), azotu amonowego (o 12,1%) i wapnia (o 8,6%).

Średnie ważone wartości stężeń wolnych jonów wodorowych kształtowały się na podobnym poziomie jak w 2019 roku.

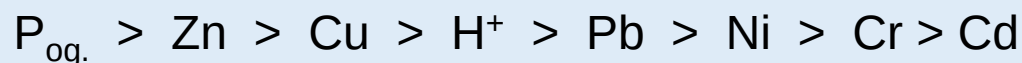
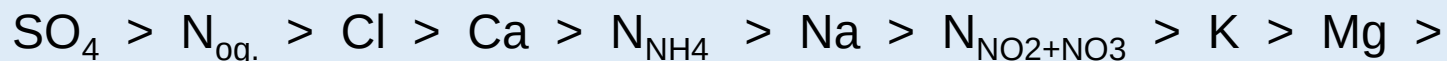
Wzrosły stężenia średnie roczne ważone 5 z 17 badanych substancji w opadach, w tym: fosforu ogólnego (o 5,4%), cynku (o 5,7%), magnezu (o 9,1%), ołowiu (o 25,0%) oraz chromu (o 100%).

- Niższy od naturalnego odczyn ($\text{pH}=5,6$) stwierdzono dla **34% próbek dobowych** z wszystkich 2341 próbek z zakresu 3,68 – 7,87 pH .
(w 2001 roku - stwierdzono 74% próbek z pomiarem $\text{pH} < 5,6$).
- Średni ważony odczyn **powyżej 5,6 pH** występował w:
 - ☐ Suwałkach ($\text{pH}=6,70$),
 - ☐ Poznaniu ($\text{pH}=6,02$),
 - ☐ Toruniu ($\text{pH}=5,81$),
 - ☐ Gdańsku i Kaliszu ($\text{pH}=5,75$),
 - ☐ Białymstoku ($\text{pH}=5,73$),
 - ☐ Nowym Sączu ($\text{pH}=5,70$),
 - ☐ Świnoujściu ($\text{pH}=5,67$)
 - ☐ i Raciborzu ($\text{pH}=5,65$).
- W zakresie odczynu średniego ważonego:
 - **poniżej 4,6 pH (klasa V - odczyn znacznie obniżony)** stwierdzono występowanie jedynie na Śnieżce ($\text{pH}=4,47$),
 - **poniżej 5,1 pH (klasa IV - odczyn lekko obniżony)** - stwierdzono tylko na stacji monitoringowej w Sandomierzu $\text{pH}=5,05$ (w 2019 r. odczyn w tym zakresie stwierdzono na Kasprowym Wierchu ($\text{pH}=4,85$) i w Katowicach ($\text{pH}=4,89$)).

- Średnia roczna depozycja substancji z opadem, na tereny 22 stacji badawczych w roku 2020, kształtowała się na poziomie 33,17 kg/ha·r i była niższa o 2,0% niż w roku poprzednim.
- Depozycja nie rozkładała się równomiernie i mieściła w przedziale od 15,08 kg/ha·r w Sandomierzu do 59,98 kg/ha·r w Katowicach.
- Obciążenie powierzchniowe obszarów reprezentowanych przez 9 stacji monitoringowych: Świnoujście, Toruń, Poznań, Kalisz, Katowice, Nowy Sącz, Kasprowy Wierch, Śnieżka i Lesko, było większe od średniej rocznej depozycji na 22 stacjach monitoringowych.
- Wielkości średnich rocznych ładunków jednostkowych substancji wniesionych przez opady atmosferyczne, na obszary reprezentowane przez stacje monitoringowe w okresie wielolecia, wskazują, że w 2020 roku całkowite obciążenie wszystkimi badanymi substancjami, kształtowało się na dużo niższym poziomie (ok. 30%) jak średnie obciążenie z lat 1999-2019.
- Depozycja poszczególnych wskaźników była zróżnicowana, lecz dla wszystkich 22 stacji monitoringowych była mniejsza niż w wieloleciu 1999-2019.

(przestrzenne rozłożenie ładunków obliczone z zastosowaniem modelu i programu ArcGis)

Wielkości wprowadzanych substancji **maleją** zgodnie z szeregiem:



Rozkłady przestrzenne wielkości poszczególnych substancji w opadach i ich depozycja w poszczególnych miesiącach oraz depozycja roczna, **wykazują duże zróżnicowanie** zarówno dla poszczególnych **składników** jak i dla **różnych regionów kraju**.

Głównymi przyczynami zróżnicowania są:

- zmienna ilość wody opadowej,
- jej właściwości fizyczne i skład,
- czas trwania i natężenie opadu,
- częstość i miejsce jego występowania.

(przestrzenny rozkład ładunków obliczony z zastosowaniem modelu i programu Arc Gis)

- **Największe** ilości substancji zdeponowane zostały na obszar Polski w czerwcu (4,76 kg/ha), a **najmniejsze** ilości substancji w kwietniu 2020 r. (1,16 kg/ha).
- **Najbardziej obciążone** substancjami wprowadzanymi z opadem atmosferycznym w roku 2020 było województwo śląskie (47,92 kg/ha·r).
- **Najmniej obciążone** substancjami wprowadzanymi z opadem atmosferycznym w roku 2020 było województwo lubuskie (25,43 kg/ha·r).
- **Największe ładunki** substancji (w kolejności od najwyższych), wprowadziły opady na powierzchnię zlewni: Górnej Wisły (59,31 kg/ha·r) i kolejno Soły, Przemszy, Kłodnicy, Olzy, Strwiąża, Nysy Kłodzkiej, Małej Panwi, Skawy, Łaby, Raby, Dunajca, Oławy, Odry górnej do Wrocławia, Stobrawy, Ślęzy, Warty górnej do Sieradza, Bystrzycy, Widawy, Zalewu Szczecińskiego, Sanu, Prosny, Łupawy, Parsęty, Regi i Warty środkowej do Szamotuł.
- **Najmniejsze ładunki** substancji (w kolejności od najniższych), wprowadziły opady na powierzchnię zlewni: Odry środkowej do Warty (26,43 kg/ha·r) i kolejno Odry dolnej, Warty dolnej, Iny, Wisły środkowej do Włocławka, Brdy, Bzury, Obry, Pilicy, Raduni, Nysy Łużyckiej, Narwi, Kaczawy, Niemna, Biebrzy i Wisły środkowej do Sanu.

(przestrzenne rozłożenie ładunków obliczone z zastosowaniem modelu i programu ArcGis)

- Obliczone, wg rozkładu przestrzennego, obciążenie powierzchniowe obszaru Polski badanymi substancjami wnoszonymi wraz z opadami atmosferycznymi w 2020 roku wynosiło 32,67 kg/ha*r.
- Obciążenie to było mniejsze o 33,4% od wartości przeciętnej (49,06 kg/ha*rok) z wielolecia 1999-2019, przy wyższej o 12,9 mm (2,0%) średniej rocznej wysokości opadów w porównaniu do średniej z lat 1999-2019.
- Depozycja substancji w 2020 roku, w porównaniu z rokiem 1999 (pierwszym rokiem regularnych badań), zmalała o 48,2%, przy niższej o 9,1% średniej rocznej wysokości opadów w porównaniu do pierwszego roku badań.

- Obserwowana w wieloleciu **tendencja malejąca** depozycji substancji wprowadzanych z opadami, wyraźnie zaznaczona o istotnym charakterze wykształciła się dla **siarczanów, azotu ogólnego, azotu amonowego oraz azotynowego i azotanowego, sodu, wapnia, magnezu, cynku, ołowiu, kadmu, niklu, chromu i wolnych jonów wodorowych**. Dla pozostałych wskaźników występują okresy wzrostów i spadków depozycji, dlatego tendencja malejąca **nie jest jednoznaczna**. Z tego powodu nie można stwierdzić, że zagrożenie dla środowiska ze strony pozostałych deponowanych i badanych zanieczyszczeń atmosferycznych **maleje**.
- Substancje deponowane z opadami **powinny być uwzględniane** w ogólnym bilansie źródeł zanieczyszczeń wód powierzchniowych, ponieważ **wyznaczają górne granice możliwości oczyszczenia wód**.
- Prawidłowa i pełna ocena wielkości depozycji substancji wprowadzanych z opadami atmosferycznymi, jest możliwa tylko na podstawie **systematycznych badań monitoringowych**.

- Wpływ warunków meteorologicznych jest bardzo istotny i często decydujący.
- Na obszarach pozbawionych istotnych źródeł emisji, mogą wystąpić opady zawierające wysokie stężenie poszczególnych szkodliwych substancji lub przeciwnie, na obszary ze znaczącą emisją, spadają czyste wody opadowe, w zależności od tego, nad jakimi obszarami przemieszczały się masy powietrza.

Warunki meteorologiczne, warunkując dużą zmienność depozycji, „wymuszają” konieczność ciągłego monitoringu w celu uzyskiwania rzeczywistych danych.

Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych
jest istotnym źródłem wiedzy o wielkościach
i przestrzennym rozłożeniu depozycji zanieczyszczeń wniesionych
z opadem **w odniesieniu do obszaru całego kraju.**

Wyniki badań umożliwiają:

- ✓ wyznaczanie regionów zagrożonych mokrą depozycją, zwłaszcza w połączeniu z koncepcją ładunków krytycznych,
- ✓ szacowanie zagrożenia jakości wód,
- ✓ wzrost dokładności bilansów substancji w ekosystemach,
- ✓ tworzenie programów naprawczych w strategii ochrony środowiska i kontrolę ich skuteczności.

http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/content/chemistry_of_atmospheric_precipitation

dane są własnością GIOŚ w Warszawie i mogą być wykorzystane tylko za zgodą DMS w GIOŚ

Dziękuję za uwagę / Thank you

EWA LIANA

06.07.2021, Warszawa

