

# INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA

## MONITORING CHEMIZMU OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH I OCENA DEPOZYCJI ZANIECZYSZCZEŃ DO PODŁOŻA W LATACH 2016-2018

### WYNIKI BADAŃ MONITORINGOWYCH W WOJEWÓDZTWIE PODKARPACKIM W 2016 ROKU

© Lonely/Fotolia



Dofinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu Ochrony  
Środowiska i Gospodarki Wodnej

Temat realizowany przez IMGW-PIB na zlecenie  
Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (umowa nr 3/2016/F),  
finansowany ze środków rezerwy celowej budżetu państwa utworzonej  
na podstawie umowy nr 362/2015/Wn-50/MN-PO-CR/D zawartej między  
Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,  
a Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska o realizację zadania  
państwowej jednostki budżetowej zakwalifikowanego do dofinansowania

Odpowiedzialny Wykonawca

mgr inż. Ewa Liana

Kierownik Zakładu

dr inż. Mariusz Adynkiewicz-Piragas

Dyrektor Oddziału IMGW-PIB  
we Wrocławiu

  
dr inż. Ryszard Kosierb

Wrocław, czerwiec 2017

## **AUTORZY / WYKONAWCY**

mgr inż. Ewa Liana

dr inż. Mariusz Adynkiewicz

dr Jan Błachuta

dr inż. Agnieszka Kolanek

mgr Ewa Terlecka

mgr inż. Michał Pobudejski

dr Bartłomiej Miszuk

dr Irena Otop

mgr Michał Mazurek

st. sam. tech. Wiesława Rawa

oraz:

- Zakład Badań Regionalnych IMGW-PIB,
- Laboratoria Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska w:  
Białymstoku, Olsztynie, Częstochowie, Gdańsku, Szczecinie, Jeleniej Górze, Pile,  
Bydgoszczy, Krakowie, Lublinie, Zielonej Górze, Rzeszowie, Kielcach  
i w Piotrkowie Trybunalskim,
- Stacje synoptyczne IMGW-PIB wchodzące w skład sieci krajowego monitoringu:  
w Świnoujściu, Łebie, Gdańsku, Suwałkach, Chojnicach, Olsztynie, Gorzowie  
Wlkp., Toruniu, Białymstoku, Zielonej Górze, Poznaniu, Kaliszu, Sulejowie,  
Włodawie, Legnicy, na Śnieżce, Raciborzu, Katowicach, Nowym Sączu,  
Sandomierzu, na Kasprowym Wierchu i w Lesku.

## WPROWADZENIE

Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i ocena depozycji zanieczyszczeń do podłoża został uruchomiony w 1998 roku jako jedno z zadań podsystemu monitoringu jakości powietrza Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ). 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. Systematyczne badania składu fizykochemicznego opadów oraz równoległe obserwacje i pomiary parametrów meteorologicznych dostarczają 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.

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy, na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska prowadzi badania monitoringowe, bazę danych, przygotowuje raporty i opracowania (zgodnie z wytycznymi), współpracuje z Wojewódzkimi Inspektoratami Ochrony Środowiska.

IMGW-PIB prowadzi analizę jakości otrzymanych wyników badań fizykochemicznych i nadzór nad zbiorem nadsyłanych raportów z laboratoriów WIOŚ.

W roku 2016 sieć pomiarowo-kontrolna składała się z 22 stacji badania chemizmu opadów atmosferycznych (stacji synoptycznych IMGW-PIB), gwarantujących reprezentatywność pomiarów dla oceny obszarowego rozkładu zanieczyszczeń oraz ze 162 posterunków opadowych charakteryzujących pole średnich sum opadów dla obszaru Polski (rysunek 1).

Na powyższych stacjach badawczych zbierany jest w sposób ciągły opad atmosferyczny mokry oraz wykonuje się oznaczenie ilościowe zebranych próbek. Równoległe z poborem próbek opadu prowadzone są pomiary i obserwacje wysokości i rodzaju opadu, kierunku i prędkości wiatru oraz temperatury powietrza. Ponadto na każdej stacji zbierane są próbki dobowe opadów i na bieżąco (po upływie doby opadowej) bezpośrednio na stacji wykonywany jest pomiar wartości pH opadu.

Na posterunkach opadowych dokonuje się tylko pomiaru wysokości opadów.

Miesięczne (uśrednione) próbki opadów analizowane są w zakresie następujących wskaźników: wartości pH, przewodności elektrycznej właściwej, chlorków, siarczanów, azotu azotynowego i azotanowego, azotu amonowego, fosforu ogólnego, potasu, sodu, wapnia, magnezu, cynku, miedzi, ołowiu, kadmu, niklu i chromu. Ponadto, w celu określenia stężenia

azotu ogólnego, oznaczany jest azot Kjeldahla. Wynik wątpliwy badanego składnika opadu zastąpiono średnim ważonym stężeniem (waga – wysokość opadu) z wyników dla pozostałych miesięcy badanego roku (okresu ciepłego lub chłodnego) i oznaczono symbolem „\*” z adnotacją – wartość szacunkowa.

Analizy składu fizykochemicznego opadów wykonywane są przez akredytowane laboratoria Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska. Poszczególne wojewódzkie laboratoria analizują opady ze stacji położonych w danym województwie. W 2016 roku w województwie podkarpackim analizy wykonywało laboratorium WIOŚ w Rzeszowie.

Na podstawie danych pomiarowych i analitycznych opadów z 22 stacji monitoringowych oraz danych pomiarowych ze 162 punktów pomiaru wysokości opadów, charakteryzujących pole średnich sum opadów dla obszaru Polski, opracowane zostały mapy rozkładu przestrzennego wysokości opadów i stężeń substancji zawartych w opadach oraz wielkości ich depozycji na obszar Polski i jej poszczególne tereny.

Wyniki badań chemizmu opadów atmosferycznych dla obszaru Polski z 2016 roku przedstawiono w sprawozdaniu rocznym i na stronie internetowej GIOŚ (<http://www.gios.gov.pl>).

Niniejszy raport prezentuje wyniki badań dla obszaru województwa podkarpackiego (rys.2). Przedstawione dane obrazują stan jakości i ocenę stopnia zakwaszenia wód deszczowych w województwie podkarpackim w 2016 roku oraz ilości deponowanych substancji wraz z opadami z podziałem na tereny poszczególnych powiatów. Obciążenie powierzchniowe obszaru województwa podkarpackiego porównano z depozycją dla całego obszaru Polski i pozostałych województw, a także porównano wielkości deponowanych ładunków badanych substancji w poszczególnych latach 1999-2016 oraz przedstawiono tendencje zmian w tym okresie.

## **ZANIECZYSZCZENIE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W WOJEWÓDZTWIE PODKARPACKIM I DEPOZYCJA ZANIECZYSZCZEŃ Z OPADÓW DO PODŁOŻA W 2016 ROKU**

Atmosfera kumulując zanieczyszczenia naturalne i antropogeniczne staje się podstawowym źródłem obszarowym zanieczyszczeń w skali kontynentalnej. Jednym z elementów meteorologicznych gromadzącym i przenoszącym zanieczyszczenia jest opad atmosferyczny. Zróżnicowanie w czasie i przestrzeni wielkości opadów atmosferycznych, a przez to zmiennej ilości i jakości chemicznej opadającej na powierzchnię ziemi wody,

wynika przede wszystkim z różnego źródłowo obszaru gromadzenia się zasobów wodnych i zanieczyszczeń w atmosferze, zmiennej wysokości występowania kondensacji pary wodnej, czasu trwania i natężenia występującego opadu oraz kierunku napływu mas powietrza. Z powodu dużej zmienności warunków meteorologicznych w skali miesięcy, sezonów i roku, w zależności od miejsca i czasu, ilości wnoszonych przez opady zanieczyszczeń są bardzo zróżnicowane.

W ramach krajowego monitoringu chemizmu opadów atmosferycznych i oceny depozycji zanieczyszczeń do podłoża na obszarze województwa podkarpackiego w 2016 roku analizowano wody opadowe przed kontaktem z podłożem, tak jak w latach poprzednich, na stacji położonej w Lesku. Skład fizykochemiczny miesięcznych próbek opadów z tej stacji monitoringowej oraz wielkości miesięczne sum opadów przedstawiono w tabeli 1, natomiast charakterystyczne (minimalne, maksymalne i średnie roczne ważone) wartości pH dobowych próbek opadów na tej stacji i dla porównania na pozostałych 21 stacjach monitoringowych na obszarze Polski zaprezentowano w tabeli 2 i 3.

Wielkość depozycji wprowadzana na określony obszar zależy od koncentracji danej substancji w opadzie atmosferycznym i ilości wody opadowej. Wielkości miesięcznych ładunków badanych substancji wnoszonych wraz z opadami na teren reprezentowany przez stację monitoringową w Lesku podano w tabeli 4.

Na podstawie wyników pomiarów ilości wody opadowej w 2016 r., zarejestrowanych na 162 punktach pomiaru wysokości opadu reprezentujących pole średnich sum opadów dla obszaru Polski (w tym sześciu na obszarze województwa podkarpackiego) oraz wyników analiz składu opadów z 22 stacji monitoringowych (rys. 1), przy użyciu komputerowego systemu informacji przestrzennej (GIS), oszacowano wielkości ładunków jednostkowych i całkowitych obciążających województwo podkarpackie, jego poszczególne powiaty i dla porównania obszary pozostałych województw Polski. Obliczone dane przedstawiono w tabelach 5 i 6, a zróżnicowanie w obciążeniu rocznym – na rysunkach 3-19.

Dla porównania wielkości mokrej depozycji na obszarze województwa podkarpackiego w latach 1999-2016 w tabeli 7 podano wielkości ładunków jednostkowych badanych substancji wniesionych przez opady atmosferyczne w poszczególnych latach, a na rysunku 20 przedstawiono diagramy dla tych ładunków na tle średniorocznych sum opadów.

W 2016 roku na stacji monitoringowej w województwie podkarpackim wykonano 116 pomiarów wartości pH dobowych próbek opadów w celu oceny stopnia zakwaszenia wód opadowych. Wartości pH mieściły się w zakresie od 4,12 do 7,20 (średnia roczna ważona pH – 5,20). W przypadku 48% próbek stwierdzono „kwaśne deszcze” – opady o wartości pH

poniżej 5,6, oznaczającej naturalny stopień zakwaszenia wód opadowych, wskazując na zawartość w nich mocnych kwasów mineralnych.

Poniżej zestawiono procentowy udział próbek dobowych opadów atmosferycznych zebranych na stacji monitoringowej w Lesku w 2016 roku w podziale na sześć klas wartości pH:

KLASA	ODCZYN	pH	LESKO
I	podwyższony	> 6,5	11,2%
II	lekko podwyższony	6,1 - 6,5	18,1%
III	normalny	5,1 - 6,0	44,8%
IV	lekko obniżony	4,6 - 5,0	19,0%
V	obniżony	4,1 - 4,5	6,9%
VI	silnie obniżony	< 4,1	0,0%
liczba pomiarów			116

Na stacji w Lesku największa liczba próbek dobowych opadów zawierała się w przedziale wartości pH 5,1-6,0, tj. w przedziale normalnego pH.

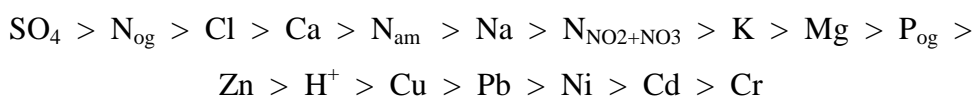
Poniżej zestawiono procentowy udział uśrednionych miesięcznych próbek opadów atmosferycznych zebranych w cyklach miesięcznych na stacji monitoringowej w Lesku w 2016 roku w podziale na sześć klas wartości pH:

KLASA	ODCZYN	pH	LESKO
I	podwyższony	> 6,5	16,7%
II	lekko podwyższony	6,1 - 6,5	25,0%
III	normalny	5,1 - 6,0	50,0%
IV	lekko obniżony	4,6 - 5,0	8,3%
V	obniżony	4,1 - 4,5	0,0%
VI	silnie obniżony	< 4,1	0,0%
liczba pomiarów			12

W przypadku uśrednionych miesięcznych próbek opadów wartości pH poniżej 5,6 na stacji w Lesku występowały w 42% wszystkich pomiarów i jest to o 25% mniej niż w 2015 roku, a w wieloleciu 1999-2015 ich średnia ilość kształtowała się na poziomie 78%.

Na obszar województwa podkarpackiego, wody opadowe w 2016 roku wniosły: 23 521 ton siarczanów (13,18 kg/ha SO<sub>4</sub>); 12 082 tony chlorków (6,77 kg/ha Cl); 5 068 ton azotu azotynowego i azotanowego (2,84 kg/ha N); 7 531 ton azotu amonowego (4,22 kg/ha N); 18 810 ton azotu ogólnego (10,54 kg/ha N); 690,6 tony fosforu ogólnego (0,387 kg/ha P); 5 514 ton sodu (3,09 kg/ha); 3 462 tony potasu (1,94 kg/ha); 10 244 tony wapnia (5,74 kg/ha); 2 142 tony magnezu (1,20 kg/ha); 526,5 tony cynku (0,295 kg/ha); 55,7 tony miedzi (0,0312 kg/ha); 15,17 tony ołowiu (0,0085 kg/ha); 2,998 tony kadmu (0,00168 kg/ha); 5,71 tony niklu (0,0032 kg/ha); 1,606 tony chromu (0,0009 kg/ha) oraz 56,39 tony wolnych jonów wodorowych (0,0316 kg/ha H<sup>+</sup>).

Wielkości wprowadzonych substancji maleją zgodnie z szeregiem:



Roczny sumaryczny ładunek jednostkowy badanych substancji zdeponowany na obszar województwa podkarpackiego wyniósł 43,2 kg/ha i kształtował się na poziomie porównywalnym do średniego dla całego obszaru Polski. W porównaniu z rokiem ubiegłym nastąpił wzrost rocznego obciążenia o 19,6%, przy wzroście średniorocznej sumy wysokości opadów o 190,4 mm (33,0%).

Największym ładunkiem badanych substancji w województwie podkarpackim został obciążony powiat leski (58,5 kg/ha) z najwyższymi, w porównaniu do obciążenia pozostałych powiatów, ładunkami chlorków, fosforu ogólnego, sodu, wapnia, magnezu, cynku, ołowiu i kadmu, a także powiat bieszczadzki (57,9 kg/ha) z najwyższymi, w porównaniu do obciążenia pozostałych powiatów, ładunkami siarczanów, azotu azotanowego i azotynowego, azotu amonowego, azotu ogólnego, miedzi, niklu (wraz z wspomnianym powiatem leskim oraz z powiatem jasielskim) oraz chromu (wraz z powiatem leskim).

Najmniejsze obciążenie powierzchniowe wystąpiło w powiecie Tarnobrzeg (25,4 kg/ha) z najniższym, w stosunku do pozostałych powiatów, obciążeniem ładunkami siarczanów, chlorków, azotu azotanowego i azotynowego, azotu amonowego, azotu ogólnego, fosforu ogólnego, sodu, potasu, wapnia, magnezu, cynku, miedzi, ołowiu, kadmu i chromu.

Ocena wyników osiemnastoletnich badań monitoringowych chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża prowadzonych, w sposób ciągły, w okresie lat 1999-2016 wykazała, że depozycja roczna analizowanych substancji wprowadzonych wraz z opadami na obszar województwa podkarpackiego w 2016 roku, w stosunku do średniej z wielolecia 1999-2015, dla większości składników była mniejsza, a całkowite roczne obciążenie powierzchniowe obszaru województwa ładunkiem badanych

substancji deponowanych z atmosfery przez opad mokry zmalało, w porównaniu do średniego z poprzednich lat badań, o 18,8%, przy podobnej średniorocznej sumie wysokości opadów.

Wniesiony wraz z opadami w 2016 roku ładunek siarczanów, w porównaniu do średniego z lat 1999-2015, obniżył się o 32,8%, azotu azotynowego i azotanowego o 21,8%, azotu amonowego o 16,4%, azotu ogólnego o 17,0%, sodu o 4,9%, potasu o 12,6%, wapnia o 11,8%, cynku zmalał o 28,6%, miedzi o 55,1%, ołowiu o 60,1%, kadmu o 26,0%, niklu o 71,9%, chromu o 67,9% oraz wolnych jonów wodorowych zmalał o 56,1%. Ładunek chlorków i magnezu pozostał na podobnym poziomie, natomiast fosforu ogólnego wzrósł o 3,5%.

Przedstawione wyniki badań monitoringowych pokazują, że zanieczyszczenia transportowane w atmosferze i wprowadzane wraz z mokrym opadem atmosferycznym na teren województwa podkarpackiego stanowią znaczące źródło zanieczyszczeń obszarowych oddziałujących na środowisko naturalne tego obszaru.

Spośród badanych substancji, szczególnie ujemny wpływ, na stan środowiska, mogą mieć kwasotwórcze związki siarki i azotu, związki biogenne i metale ciężkie. Opady o odczynie obniżonym („kwaśne deszcze”) stanowią znaczne zagrożenie zarówno dla środowiska wywołując negatywne zmiany w strukturze oraz funkcjonowaniu ekosystemów lądowych i wodnych, jak również dla infrastruktury technicznej (np. linie energetyczne). Związki biogenne (azotu i fosforu) wpływają na zmiany warunków troficznych gleb i wód. Metale ciężkie stanowią zagrożenie dla produkcji roślinnej i zlewni wodociągowych.

Występujące w opadach kationy zasadowe (sód, potas, wapń i magnez), są pod względem znaczenia ekologicznego przeciwieństwem substancji kwasotwórczych, biogennych i metali ciężkich. Ich oddziaływanie na środowisko jest pozytywne, ponieważ powodują neutralizację wód opadowych.

Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i oceny depozycji zanieczyszczeń do podłoża jest obecnie najpełniejszym źródłem wiedzy o stanie jakości wód opadowych i przestrzennym rozkładzie mokrej depozycji zanieczyszczeń w odniesieniu do obszaru całego kraju jak i terenów poszczególnych województw, a także dostarcza informacji o przyczynach tego stanu i daje możliwość określenia tendencji zmian mokrej depozycji.