



Pokrywa śnieżna jako ośrodek depozycji zanieczyszczeń

Ewa Ociepa, Maciej Mrowiec, Iwona Deska, Ewa Okoniewska
Politechnika Częstochowska

1. Wstęp

Skład chemiczny wody pochodzącej z roztopionego śniegu jest cennym źródłem informacji o zanieczyszczeniu atmosfery oraz o ilości i jakości zanieczyszczeń wprowadzanych do wód i gleby w wyniku topnienia śniegu. W czasie długiego zalegania pokrywy śnieżnej może nastąpić kumulacja zanieczyszczeń wnoszonych przez kolejne opady atmosferyczne. Do głównych wskaźników zanieczyszczenia ścieków opadowych pochodzących z terenów zurbanizowanych należą: pH, zawiesiny ogólne, chemiczne zapotrzebowanie na tlen, chlorki, substancje ropopochodne, substancje ekstrahujące się eterem naftowym. Natomiast normatywnymi wskaźnikami zanieczyszczeń tych ścieków zgodnie z obowiązującymi przepisami są jedynie zawiesiny ogólne i węglowodory ropopochodne [22]. Bardzo ważnym wskaźnikiem są zawiesiny ogólne, ponieważ na ich powierzchni adsorbują się inne zanieczyszczenia będące poważnym źródłem zagrożeń środowiska wodnego i glebowego [17]. W zawiesinie kumuluje się większość zanieczyszczeń o czym świadczą wysokie wartości ich wskaźników: ChZT – 83–92%, BZT5 – 90–95%. Badania wskazują, że 97–99% ołowiu, 65–80%, azotu ogólnego i 82–99%, węglowodorów jest związana z zawiesiną [3].

Niebezpiecznym dla środowiska, a najmniej rozpoznanym wskaźnikiem są metale ciężkie ponieważ przedostanie się ich do wód czy gleb jest szczególnie groźne ze względu na ich trwałość oraz zdolność do kumulowania w organizmach żywych, nawet gdy są wprowadzane w niewielkich ilościach i okresowo. W literaturze krajowej i zagranicznej publikowane są

wyniki badań składu fizyczno-chemicznego opadów oraz spływów wód opadowych i roztopowych [7,9,23,27]. Należy zwrócić uwagę na fakt, że tylko w nielicznych krajowych publikacjach można znaleźć zakresy zawartości metali ciężkich w ściekach roztopowych, a podawane wartości dotyczą przede wszystkim badań zagranicznych [11,24].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań zanieczyszczenia śniegu pobranego z poboczy dróg, parkingów na tle obszarów poza oddziaływaniem transportu. Porównano stopień zanieczyszczenia ścieków z roztopionego śniegu ze ściekami deszczowymi spływającymi z analogicznych powierzchni. Należy podkreślić, że konieczność badań wpływu wód opadowych i roztopowych spływających z dróg na jakość wód powierzchniowych i podziemnych wynika między innymi z Rozporządzenia Rady Ministrów z 9.11.2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu oddziaływania na środowisko (Dz.U. nr 257, poz. 2573).

2. Źródła zanieczyszczeń występujących w śniegu

Zanieczyszczenia zawarte w śniegu pochodzą zarówno ze źródeł antropogenicznych, jak również naturalnych. Rozwój przemysłu, komunikacji i rolnictwa przyczynia się do zanieczyszczenia wszystkich elementów środowiska, w tym także atmosfery. Opady atmosferyczne sorbują z atmosfery zawarte w niej cząstki stałe, ciekłe i gazowe, takie jak pyły, dymy, substancje chemiczne [3,20,13].

Opady ulegają zanieczyszczeniu już w czasie trwania opadu w wyniku kontaktu z mniej lub bardziej zanieczyszczonym powietrzem atmosferycznym. Szczególnie emisje szkodliwych substancji z różnych gałęzi przemysłu oraz transportu przyczyniają się do zanieczyszczenia atmosfery a tym samym pokrywy śniegowej. Badania wskazują, że największe ilości substancji zanieczyszczających atmosferę powstaje w wyniku spalania paliw kopalnych skutkiem czego jest emisja do powietrza olbrzymich ilości gazów spalinowych (CO, CO₂, SO₂, SO₃, NO_x i inne) oraz pyłów, popiołów, sadz. Źródłem tych zanieczyszczeń jest przede wszystkim przemysł, komunikacja, gospodarstwa domowe.

Wskutek spalania paliw w silnikach pojazdów do powietrza trafiają: tlenki azotu, tlenek węgla, węglowodory, w tym wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oraz cząstki stałe i metale ciężkie. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego [14] w naszym kraju transport drogowy odpowiedzialny jest za ponad 33% całkowitej emisji tlenków azotu, przeszło 23% emisji tlenku węgla oraz powyżej 20% zanieczyszczeń pyłowych. Emisja substancji szkodliwych zawartych w spalinach jest poważnym zagrożeniem dla środowiska, trudnym często do jednoznacznej oceny pod względem ekologicznym i ekonomicznym [5]. W miastach, szczególnie o scentralizowanym systemie ciepłownictwa, udział transportu drogowego w całkowitej emisji tych zanieczyszczeń jest znacznie większy, dochodząc w dzielnicach centralnych nawet do 90%. Bezpośrednim źródłem zanieczyszczeń pochodzących z transportu drogowego są m.in.:

- gazy spalinowe zawierające Pb, Zn, Fe, Cu, Cd, Ni, tlenki węgla, tlenki azotu, dwutlenek siarki, węglowodory itp.,
- materiały pędne, oleje, smary, pyły, sadza, materiały sypkie,
- produkty zużywających się nawierzchni drogowych, opon zawierające min. Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Cd,
- środki używane do zimowego utrzymania dróg.

Wody roztopowe spływające z dróg obciążone są znacznymi stężeniami zawiesin ogólnych, ChZT, ekstraktu eterowego, metali ciężkich, substancji ropopochodnych, a w okresie roztopów – chlorków.

Do uwolnienia zanieczyszczeń z pokrywy śnieżnej i ich wprowadzenia do gleby, wód powierzchniowych i podziemnych dochodzi dopiero w czasie odwilży. W naszych warunkach klimatycznych na ogół, w krótkim czasie (kilku dni), duży ładunek zanieczyszczeń nagromadzony w wodach roztopowych trafia do wód i gleb. Szczególnie podczas wiosennych roztopów, zachodzi najbardziej wydajne odprowadzanie zanieczyszczeń, co może prowadzić do niekorzystnych zmian ekosystemów lądowych i wodnych. Nasilenie i szkodliwość tego zjawiska zależy przede wszystkim od następujących czynników: ilości cykli topnienia i zamarzania oraz szybkości topnienia [1] zmienności stężenia jonów w profilu pokrywy śnieżnej [6]. Dlatego też znajomość składu chemicznego śniegu może być podstawą do uzyskania cennych informacji na temat poziomu zanieczyszczeń atmosfery, oraz stanowić podstawę do oceny zagrożeń zanieczyszczenia gleb i wód.

3. Materiał i metodyka badań

3.1. Materiał badań

Przedmiotem badań były próbki śniegu pobierane w latach 2009, 2010 i 2011 z parkingów, pasów dróg, obszaru zieleni dzielnicy mieszkaniowej i ogródków działkowych Częstochowy. Pobór próbek śniegu odbywał się w okresie 8 do 16 lutego 2009, od 18 do 24 lutego 2010 i od 16 do 26 lutego 2011. Temperatura w okresie pobierania próbek wynosiła od -1 do -10°C . Grubość warstwy śniegu w czasie poboru próbek w roku 2009 wynosiła od 7 do 13 cm, w 2010 od 24 do 36 cm, a w 2011 od 5 do 12 cm. Do pobrania próbek użyto metalowej rury w ten sposób, że w środku zostawał profil śniegu z całej grubości warstwy. W celu uzyskania reprezentatywnej próbki śniegu z każdego punktu pobierano trzy próbki i przesypany do jednej butelki. Próbki z obszarów sąsiadujących bezpośrednio z drogami pobierano w odległości od 2 do 5 m od krawędzi jezdni z nienaruszonego przez ruch pojazdów czy urządzenia odśnieżające profilu w celu wykluczenia pobierania błota pośniegowego. Ogółem w latach 2009–2011 pobrano 120 próbek. Następnie próbki przewieziono do laboratorium i przechowywano w temperaturze 4 st. do czasu wykonania analiz.

Tabela 1. Charakterystyka miejsc poboru próbek
Table 1. Characteristics of sample collection places

Nr stanowiska poboru próbek śniegu	Ilość próbek			Opis miejsca
	2009	2010	2011	
1	8	7	4	parking osiedlowy (dzielnica Raków Zachód)
2	6	6	5	parking marketu Auchan
3	7	6	5	pobocze drogi osiedlowej (ul. Orkana)
4	5	6	5	pobocze ulicy w centrum miasta (ul. Brzeźnicka)
5	6	6	4	pobocze drogi szybkiego ruchu (trasa A1)
6	7	5	5	osiedle mieszk. – obszar zieleni (Raków Zachód)
7	6	5	6	teren ogródków działkowych

3.2. Metody badań

Zawiesiny ogólne oznaczano metodą wagową PN-EN 872:2007.

Oznaczenie pH ścieków wykonano metodą potencjometryczną PN-EN ISO 1-0523:2012.

Metale ciężkie oznaczono metodą ICP-AES w spektrometrze plazmowym Thermo Scientific IRIS Interpid II XSP.

Do oznaczenia ChZT zastosowano metodę dwuchromianową z wykorzystaniem spektrofotometru HACH DR/4000V, PN-ISO 15705:2005.

4. Wyniki badań i ich dyskusja

4.1. Zawiesiny ogólne i ChZT

W tabeli 2 przedstawiono średnie zawartości zawiesin i ChZT próbek ścieków pochodzących z roztopionego śniegu w latach 2009–2011.

Tabela 2. Parametry wód z roztopionego śniegu – wartości średnie

Table 2. Parameters of meltwaters – medium values

Nr stanowiska	ChZT mg O ₂ /dm ³			Zawiesiny ogólne mg/dm ³		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
1	97	82	112	181	210	200
2	320	305	359	995	865	780
3	95	105	100	237	167	230
4	110	187	155	490	665	500
5	430	405	355	650	720	690
6	73	86	80	126	98	110
7	69	80	85	98	100	90

Należy podkreślić, że dane przedstawione w tabeli 2 są wartościami średnimi dla danego punktu pomiarowego w określonym roku. Najwyższe ilości zawiesin stwierdzono w próbkach ścieków z roztopionego śniegu pochodzącego z terenu parkingu marketu Auchan. Zawartość zawiesin w tych próbkach mieściła się w szerokim zakresie od 502 do 1325 mg/dm³ przy średnich dla poszczególnych lat przedstawionych w tabeli 2. Wyniki badań autorów niniejszego artykułu wskazują na niż-

sze zawartości zawiesin w ściekach deszczowych spływających z ulic Częstochowy w porównaniu do ich ilości w próbkach ścieków z topniejącego śniegu. Wcześniejsze badania jednej z autorek artykułu wskazują, że w pierwszej najbardziej zanieczyszczonej fazie deszczu spływającej z ulic o dużym natężeniu ruchu zawartość zawiesin ogólnych wynosiła do 860 mg/dm^3 , a z parkingu marketu Auchan ok. 420 mg/dm^3 [15]. Potwierdzają tę prawidłowość badania ze zlewni Kielc, w których średnia zawartość zawiesin ogólnych w ściekach deszczowych mieściła się w przedziale od 106 g/m^3 do 630 g/m^3 , a w ściekach roztopowych od 1224 g/m^3 do 5514 g/dm^3 [2].

Wartości ChZT wahały się również w szerokim zakresie od 46,0–120,0 $\text{mg O}_2/\text{dm}^3$ (osiedle mieszk. – obszar zieleni) do 89–825,0 $\text{mg O}_2/\text{dm}^3$ (pobocze drogi szybkiego ruchu), średnie wartości przedstawiono w tabeli 2. Dla ścieków deszczowych spływających z poboczy ruchliwych dróg wskaźnik ChZT wynosił max. ok. $200 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ [15].

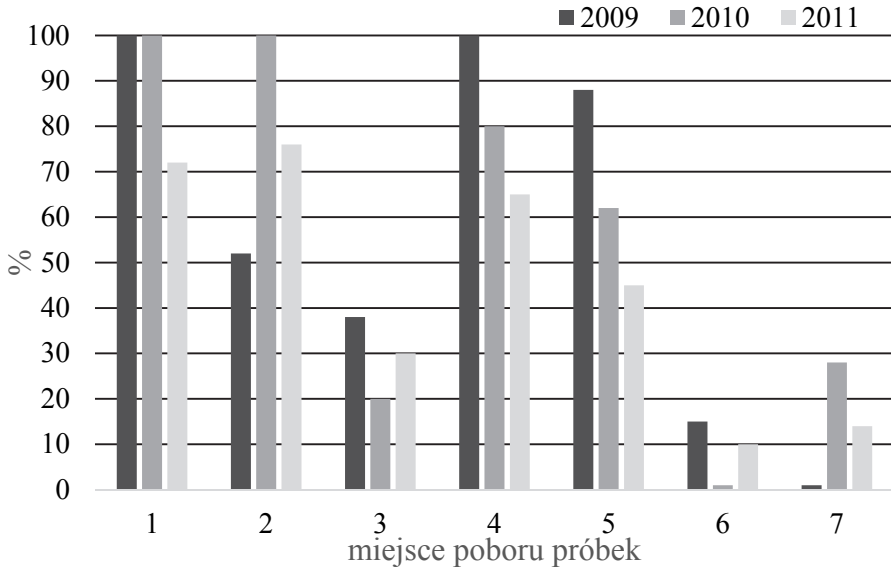
Analiza wyników przedstawionych w tabeli 2 wskazuje na wysokie zróżnicowanie zanieczyszczenia próbek śniegowych związane z miejscem ich poboru. Duże wahania zanieczyszczeń w zależności od punktu poboru stwierdzili także inni autorzy [2]. Wyższe zanieczyszczenie wody z topniejącego śniegu w porównaniu z wodami deszczowymi spływającymi z tych samych zlewni wiąże się przede wszystkim z długim okresem zalegania śniegu i stopniowej kumulacji kolejnych partii zanieczyszczeń oraz stosowanymi środkami zabezpieczenia dróg przed gołoledzią (piasek, sól).

4.2. Odczyn

W warunkach naturalnych pH opadu atmosferycznego wynosi 5,65. Lekko kwasowy odczyn spowodowany jest obecnością w powietrzu CO_2 . Istotnym jest fakt by nie były to zbyt niskie wartości pH. Opad, którego wartość pH jest niższa od 5,6 przyjęto określać mianem kwaśnego opadu atmosferycznego. Zmierzone pH próbek ścieków z roztopionego śniegu w latach 2009–2011 kształtowało się na poziomie 4,75–6,50. Natomiast pH badanych próbek ścieków deszczowych z różnych zlewni miasta Częstochowy było nieco wyższe i kształtowało się na poziomie 5,60–6,90 [15].

W latach 2009–2010 aż dla ok.55%, a w roku 2011 dla 44% próbek śniegu stwierdzono wartość $\text{pH} < 5,6$ co świadczy o ich kwaśnym

charakterze (rys.1). Należy podkreślić, że w roku 2009 dla ok. 20%, w roku 2010 dla 14%, a w roku 2011 dla ok. 18% próbek śniegu stwierdzono wartość pH < 5,0. Silnie kwaśnego charakteru próbek śniegu (pH < 4,0) nie zaobserwowano.



Rys. 1. Procentowy udział próbek śniegu o pH < 5,6

Fig. 1. Percentage share of snow samples with pH < 5,6

Analiza powyższych wyników pozwala stwierdzić, że zdecydowana większość próbek charakteryzowała się naturalnym lub lekkim zakwaszeniem. Wartość pH była związana z miejscem oraz czasem poboru próbki. Kwaśny odczyn wyraźnie dominował w próbkach z obszaru parkingów i dróg o dużym natężeniu ruchu. Spowodowane było to najprawdopodobniej wzrostem zawartości kwaśnych tlenków pochodzących z procesów transportu i spalania. Różnice pH dla badanych zlewni i lat można uznać za średnie (max. 1,75 jednostki). Przeprowadzone w latach 2003–2004 badania pH śniegu z terenu Gdańska i Sopotu wskazywały na szerszy zakres pH – od silnie kwaśnego do obojętnego (od ok. 4,0 do powyżej 7,0, przy średnim w granicach 5,6–6,2). Autorzy to wyjaśniali z jednej strony nasiloną emisją kwaśnych tlenków z drugiej zaś zróżnicowaną cyrkulacją powietrza i zmienną zawartością substancji zuboż-

nających kwaśne tlenki [19]. Podobnie badania pokrywy śnieżnej wyspy Wolin prowadzone w 2010 roku wskazywały na duży zakres zmienności pH wynoszący od 2,44 do 6,95. Średnie pH śniegu było niskie i wynosiło 3,67 pH [25].

Również badania pokrywy śnieżnej obszaru Sudetów Zachodnich – stacje pomiarowe Orle, Kamiennik, Szrenica prowadzone w latach 2008–2012 wskazują na szeroką rozpiętość wartości pH od 3,56 do 7,2 i kilkunastoprocentowy udział próbek o $\text{pH} < 5,0$. Silnie kwaśne opady o $\text{pH} < 4,0$ stwierdzono tylko na stacji Orle i stanowiły one 1,45% badanych próbek śniegowych [4]. Tak więc wyniki badań różnych autorów dotyczące odczynu opadów atmosferycznych są nadal zróżnicowane, co wskazuje na konieczność dalszych działań zmierzających do ograniczenia kwaśnych emisji do atmosfery. Należy jednak podkreślić, że część autorów na podstawie badań pH prób śniegowych, deszczowych czy glebowych w bezpośrednim sąsiedztwie dróg stwierdza alkalizację środowiska w wyniku stosowania środków do zimowego utrzymania dróg (chlorki sodu i wapnia) [26].

4.3. Metale ciężkie

Woda z roztopionego śniegu może zawierać toksycznie oddziałujące na środowisko metale jak ołów, kadm, cynk, miedź czy nikiel, pochodzące z produktów spalania, zużycia pojazdów, katalizatorów, materiałów ściernych w okładzinach hamulcowych oraz niespalonych dodatków do paliwa. Metale ciężkie z tych źródeł ulegają przemieszczaniu w środowisku i z zanieczyszczonymi wodami roztopowymi czy deszczowymi migrują do wód powierzchniowych, podziemnych, gleby i bezpośrednio lub poprzez rośliny dostają się do organizmów zwierząt i człowieka. Charakterystyczną cechą metali ciężkich jest, w przeciwieństwie do substancji organicznych, brak możliwości rozkładu [12,16,17].

Metale ciężkie w badanych próbkach śniegu występowały w niewielkich stężeniach. Stwierdzone minimalne i maksymalne zawartości Cd, Pb, Zn, Cu i Ni dla poszczególnych miejsc poboru w latach 2009–2011 przedstawiono w tabeli 3, a średnie zawartości na rysunkach 2–5.

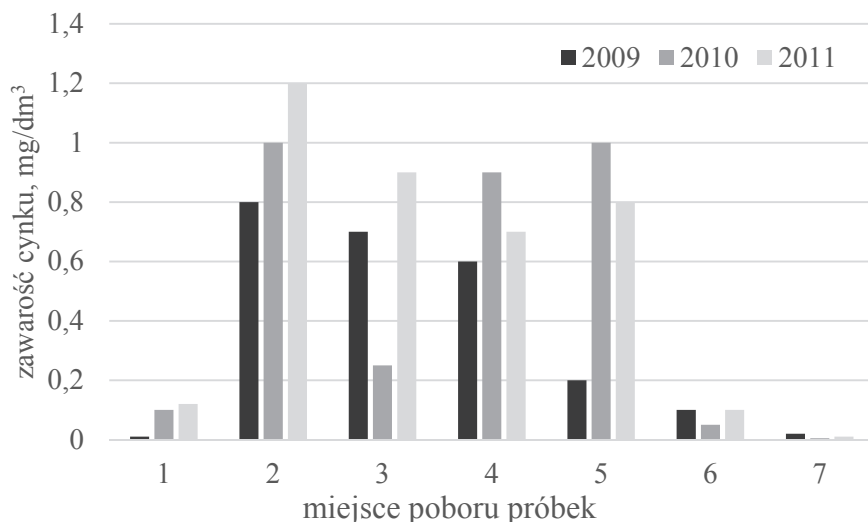
Tabela 3. Zawartości minimalne i maksymalne metali ciężkich w ściekach z roztopionego śniegu w latach 2009–2011, mg/dm³

Table 3. Minimum and maximum heavy metal concentrations in meltwater in years 2009–2011, mg/dm³

Nr stanowiska	kadm	ołów	cynk	miedź	nikiel
1	0,00–0,08	0,02–0,09	0,08–0,20	0,10–0,23	0,06–0,12
2	0,03–0,10	0,09–0,38	0,10–1,90	0,40–0,67	0,10–0,35
3	0,01–0,06	0,02–0,07	0,06–1,30	0,12–0,32	0,20–0,30
4	0,03–0,08	0,06–0,20	0,30–0,90	0,15–0,35	0,04–0,26
5	0,02–0,09	0,04–0,09	0,20–1,40	0,11–0,40	0,12–0,34
6	0,00–0,01	0,01–0,06	0,00–0,03	0,08–0,12	0,07–0,14
7	0,00–0,03	0,00–0,04	0,00–0,02	0,02–0,07	0,00–0,03

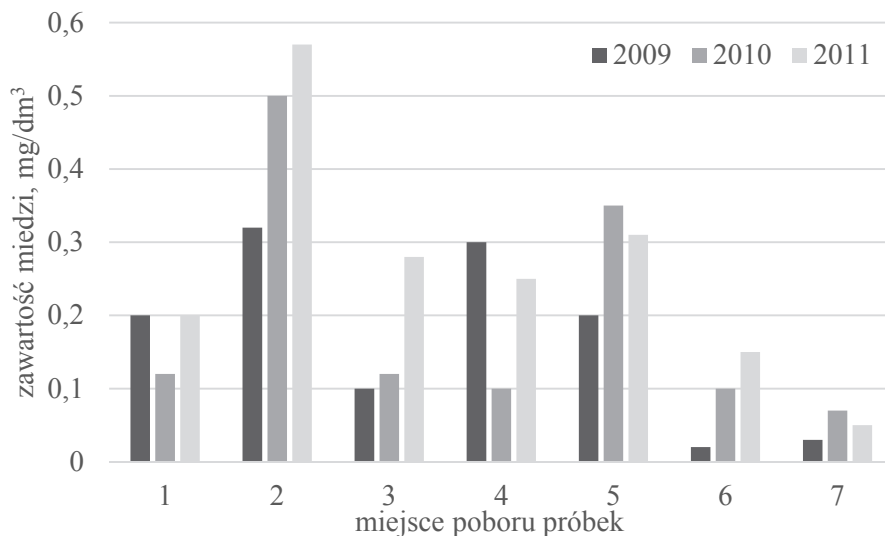
Niskie stężenie metali ciężkich w próbkach ścieków z roztopionego śniegu może wynikać z faktu, iż pierwiastki te zasorbowane są przede wszystkim na powierzchni cząstek stałych, a zawartość metali określano po odsączeniu zawiesiny. Usunięcie ich, zatem przyczyniło się do spadku stężenia metali w próbkach ścieków. Należy jednak podkreślić, że śnieg z obszarów narażonych na bezpośrednie oddziaływanie transportu zawierał na ogół kilka a nawet kilkanaście razy więcej badanych metali w porównaniu z obszarami oddalonymi od ruchliwych dróg czy parkingów. Na tej podstawie można stwierdzić, że głównym źródłem metali ciężkich w analizowanej zlewni był ruch komunikacyjny, natomiast w mniejszym stopniu zanieczyszczenie atmosfery pochodzące z innych źródeł. Według Reinosdotter i Viklander zawartość metali ciężkich w wodach roztopowych jest zależna przede wszystkim od natężenia ruchu i zastosowanych środków do zimowego utrzymania dróg. W przypadku dróg o dużym natężeniu zawartość ołowiu mieściła się w zakresie 0,08–0,12 mg/dm³, a dla dróg o małym natężeniu ruchu do 0,03 mg/dm³. Ponadto autorzy stwierdzają wysoką ujemną korelację między ilością zawiesin, a stężeniem rozpuszczonych metali ciężkich w przypadku używania NaCl jako substancji rozmrażającej. Badania wskazują, że podwyższony poziom stężenia metali rozciąga się na odległość do około 50–100 m od dróg o dużym natężeniu ruchu (autostrad)

[21]. Podwyższone stężenia są stwierdzane w powietrzu, ściekach deszczowych i roztopowych, a także w glebie i roślinach znajdujących się w tej strefie. Badania Bąka i in. wskazują na zdecydowanie wyższe zawartości ołowiu w ściekach roztopowych (do $1,405 \text{ mg/dm}^3$) w porównaniu ze ściekami deszczowymi, natomiast wyższe zawartości kadmu (do $0,09 \text{ mg/dm}^3$) w ściekach deszczowych [2]. Autorzy niniejszego artykułu stwierdzili niższe zawartości badanych metali w ściekach deszczowych spływających z ulic Częstochowy w porównaniu do ilości w ściekach z topniejącego śniegu. Przegląd wyników badań wskazuje na bardzo wysokie zróżnicowanie zawartości Cd, Zn, Pb, Ni i Cu w ściekach opadowych w zależności od czasu trwania deszczu i miejsca poboru próbki. Najbardziej zanieczyszczonymi są na ogół ścieki spływające z ulic, parkingów i dachów budynków [8,9,15]. Również zawartości metali ciężkich w ściekach roztopowych wskazywały na dużą zmienność w zależności od roku i miejsca poboru próbek. Świadczą o tym graniczne zawartości metali ciężkich przedstawione w tabeli 3 oraz średnie zawartości Zn, Cu, Pb i Cd przedstawione na rysunkach 2–5. Jest to związane przede wszystkim ze stanem zanieczyszczenia atmosfery oraz czasem zalegania pokrywy śnieżnej [18].



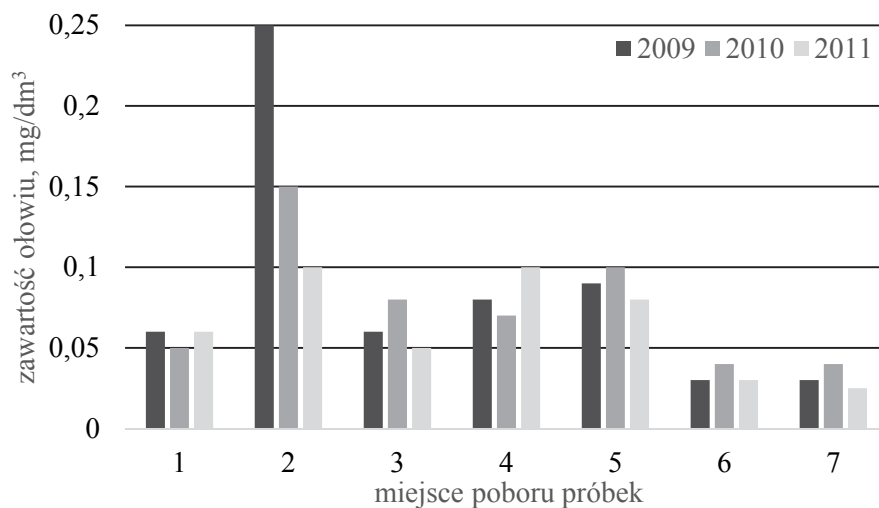
Rys. 2. Średnia zawartość cynku w ściekach z roztopionego śniegu

Fig. 2. Average concentration of Zinc in meltwater



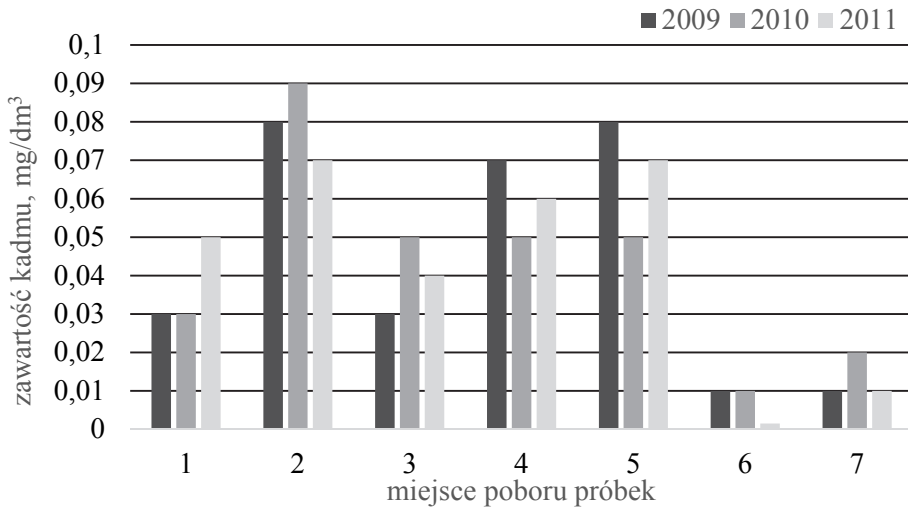
Rys. 3. Średnia zawartość miedzi w ściekach z roztopionego śniegu

Fig. 3. Average concentration of Copper in meltwater



Rys. 4. Średnia zawartość ołowiu w ściekach z roztopionego śniegu

Fig. 4. Average concentration of Lead in meltwater



Rys. 5. Średnia zawartość kadmu w ściekach z roztopionego śniegu

Fig. 5. Average concentration of Cadmium in meltwater

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizy danych literaturowych stwierdza się wysokie zróżnicowanie stężenia zanieczyszczeń w pokrywie śnieżnej związane przede wszystkim z miejscem poboru próbki, długością zalegania pokrywy śnieżnej, temperaturą zewnętrzną, z okresem wykonywanych badań, kierunkiem wiatrów, natomiast w przypadku dróg z panującym natężeniem ruchu oraz z rodzajem substancji rozmrażających, a także ze sposobem pobierania próbek, który nie jest ujednoczony. Stężenia zanieczyszczeń w pokrywie śniegowej obszarów bezpośrednio przylegających do dróg i parkingów z uwagi na wysokie stężenia i dużą zmienność powinny być monitorowane. Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski szczegółowe:

1. Zawartość zawiesin w próbkach śniegu z poboczy tras komunikacyjnych i parkingów była wysoka i mieściła w szerokim zakresie od 165 do 1325 mg/dm³, wartości ChZT wynosiły od 55,0 do 825,0 mg O₂/dm³.
2. Wartość pH śniegu kształtowała się na poziomie 4,75–6,50. W latach 2009–2010 aż dla ok. 55%, a w roku 2011 dla 44% próbek śniegu

- stwierdzono wartość $\text{pH} < 5,6$ co świadczy o ich kwaśnym charakterze. Kwaśny odczyn wyraźnie dominował w próbkach z obszaru parkingów i dróg o dużym natężeniu ruchu.
- Średnia zawartość metali ciężkich w próbkach ścieków roztopowych była na ogół niska, co mogło wynikać z faktu, że badania stężenia metali wykonywano w ściekach roztopowych po odsączeniu zawiesiny. Należy jednak podkreślić, że próbki śniegu z obszarów narażonych na bezpośrednie oddziaływanie transportu zawierały kilka, a nawet kilkanaście razy więcej metali w porównaniu z obszarami oddalonymi od ruchliwych dróg czy parkingów.
 - W oparciu o wyniki badań można stwierdzić, że głównym źródłem zanieczyszczeń pokrywy śnieżnej analizowanych zlewni był ruch pojazdów, w znacznie mniejszym stopniu zanieczyszczenie atmosfery pochodzące z innych źródeł emisji. Śnieg z terenu ogródków działkowych i obszaru zieleni osiedla mieszkaniowego zawierał znacznie mniejszą ilość zanieczyszczeń w porównaniu z pobocznymi trasami komunikacyjnymi i parkingami.
 - Należy zwrócić uwagę na konieczność ujednolicenia procedury poboru próbek śniegu. Metody poboru próbek śniegowych przedstawiane w publikacjach są zróżnicowane co wpływa na wyniki badań i często uniemożliwia ich porównanie.

Praca została przygotowana w ramach BS_PB- 401-306-11

Literatura

- Bales R.C., Davis R.E., Williams M.W.:** *Tracer release in melting snow: Diurnal and seasonal patterns.* Hydrol. Proc. 7, 389–401 (1993).
- Bąk Ł., Górski J., Górka K., Szelaż B.:** *Zawartość zawiesin i metali ciężkich w wybranych falach ścieków deszczowych w zlewni miejskiej.* Ochrona Środowiska. 34(2), 49–52 (2012).
- Błaszyk P.:** *Zasady odprowadzania wód opadowych z terenów miejskich.* Mat. IV Konf. Naukowo-Technicznej, Łódź, 25–34 (2002).
- Cichała-Kamrowska K.:** *Pokrywa śnieżna jako źródło informacji o zanieczyszczeniu środowiska.* Rozprawa doktorska, Politechnika Gdańska, Wydz. Chemiczny, Katedra Chemii Analitycznej, 2012.
- Deluga W.:** *Współczesne trendy w motoryzacji ograniczające zagrożenie środowiska.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection). 1, 205–2013 (1999).

6. **Domine F., Thibert E.:** *Relationship between atmospheric composition and snow composition for HCl and HNO₃*. In: Tonnessen, K. A., Williams, M. W., M. (Eds.) *Biogeochemistry of Seasonally Snow Covered Catchments*. Tranter, IAHS Publ. 228, 3–10 (1995).
7. **Gnecco I., Berretta T.C., Lanza L.G., Barbera P.La.:** *Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy*. *Atmospheric Research*. 77, 60–73 (2005).
8. **Göbel P., Dierkes C., Coldewey W.G.:** *Storm water runoff concentration matrix for urban areas*. *Journal of Contaminant Hydrology*. 91, 26–42 (2007).
9. **Grabarczyk K., Gwoździej-Mazur J.:** *Analiza zanieczyszczeń ścieków opadowych ze zlewni zurbanizowanych*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Vol. 32, 2005.
10. **Hofman M., Wachowski L.:** *Badania zawartości platyny i ołowiu w glebie wzdłuż dróg wylotowych z Poznania*. *Ochrona Środowiska*. 32(3), 43–47 (2010).
11. **Królikowski A., Garbarczyk K., Gwoździej-Mazur J.:** *Metale ciężkie w osadach z wpustów ulicznych*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Vol. 32, 2005.
12. **Lach J., Okoniewska E., Stępiak L.:** *The influence of modification of activated carbon on adsorption of Ni(II) and Cd(II)*. *Desalination and Water Treatment*. 52, 19–21 (2014).
13. **Mangani G., Berloni A., Bellucci F., Tatano F., Maione M.:** *Evaluation of the pollutant content in road runoff first flush waters*. *Water, Air Soil Pollut.* 160, 213–228 (2005).
14. Materiały GUS, *Ochrona Środowiska*, 2013.
15. **Ociepa E.:** *Ocena zanieczyszczenia ścieków deszczowych trafiających do systemów kanalizacyjnych*. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*. 14(4), 357–364 (2011).
16. **Ociepa E., Ociepa-Kubicka A., Okoniewska E.:** *The Immobilization of Zinc and Cadmium in the Soil as a Result of the Use of Waste Substrates*, *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*. 15, 1772–1786 (2013).
17. **Ociepa, A., Pruszek K., Lach J.:** *Evaluation of the usage of organic fertilizers and sewage residues as regards polluting soils by heavy metals*. *Proceedings of ECOpole*. 1, 195–199 (2007).
18. **Ociepa E.:** *Zanieczyszczenia wód opadowych i roztopowych spływających ze zlewni miejskiej*. *Mat. IX Konf. „Wody opadowe – aspekty prawne, ekonomiczne i techniczne”*, Iława, Wyd. Abrys Poznań 2014.

19. **Polkowska Ż., Demkowska I, Cichala-Kamrowska K, Namieśnik J.:** *Zanieczyszczenia obecne w próbkach śniegu pobranego z warstw jako źródło informacji o stanie środowiska w dużej aglomeracji miejskiej.* Ecological Chemistry and Engineering S. 17(2), 203–230 (2010).
20. **Polkowska Ż., Namieśnik J.:** *Road and roof runoff waters as a source of pollution in a big urban agglomeration.* Ecological Chemistry and Engineering S. 15(3), 375 – 385 (2008).
21. **Reinosdotter K., Viklander M.:** *A comparison of snow quality in two Swedish municipalities Luleå and Sundsvall.* Water, Air and Soil Pollution. 167, 3–16 (2005).
22. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, Dz.U. 2006.
23. **Sawicka-Siarkiewicz H.:** *Ograniczanie zanieczyszczeń w odpływach opadowych.* Mat Sem. „Kierunki rozwoju systemów odprowadzania i oczyszczania wód opadowych na terenach m. st. Warszawy”. Warszawa 2005.
24. **Thomson N.R., McBean E.A., Snodgrass W., Monstrenko I.B.:** *Highway stormwater runoff quality: Development of surrogate parameter relationships.* Water, Air and Soil Pollution. 94(3–4), 307–347 (1997).
25. **Tylkowski J., Samołyk M.:** *Monitoring fizykochemicznych właściwości pokrywy śnieżnej wyspy Wolin.* Monitoring środowiska przyrodniczego, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce. 11, 73–80 (2010).
26. **Wiśniowska-Kielian B., Niemiec M., Arasimowicz M.:** *Przydrożne zbiorniki ścieków opadowych jako element ochrony jakości wód.* Inżynieria Ekologiczna. 34, 62–75 (2013).
27. **Zobrist J., Müller S.R., Ammann A., Mottier V., Ochs M., Schoenberger R., Eugster J.:** *Quality of roof runoff for groundwater infiltration.* Wat. Res. 34(5), 1455–1462 (2000).

Snow Cover as a Medium for Deposition of Pollution

Abstract

The paper presents the results of snow contamination collected from roadsides and parks of Czestochowa in these areas which are out of the impact of a transport. The study was conducted within 2009–2011, in which 120 samples were tested in general. In snowmelt and rain waters that are brought to the sewer or land there are the following pollutants such as: suspended solids, hydrocarbons, heavy metals, biogenic compounds, and even bacteriological con-

tamination. The scope of the research included: pH, total suspended solids, COD and heavy metals in waste water coming into the sewer.

On the basis of the survey and analysis of the literature data it is possible to admit the high variation in pollutant concentrations in snow cover, mainly related to the place of sampling. It should also be noted that the other factors, such as: the length of snow cover, the outside temperature, the duration of test runs, the direction of the winds, in the case of the particular type of a substance thawing roads, have affected the results of measurements substantially as evidenced by their differentiation to the point for further measurements.

The samples of snow from the sides of roads and parking areas have been characterized by a high content of suspended solids falling within the broad range from 165 to 1325 mg/dm³, COD values ranged from 89.0 to 825.0 mg O₂/dm³. The pH of the snow stood at the level of 4.75–6.50. The analysis of the results has shown that the vast majority of the samples has been characterized by a natural or light acidity. The pH value was associated with a place and time of sampling. Most of the snow samples, collected from roadsides with heavy traffic and parking spaces, pointed to their acidic or slightly acidic character. The average content of heavy metals: Cd, Pb, Zn, Cu and Ni within the snow was generally low, which could be due to the fact that the tests were performed within metals concentration in water after the filtration of a suspension. It should be pointed out, however, that the snow from these areas that are exposed to the direct impact of transport, contained more metals for several times, compared with the periphery of busy roads or parking lots. On this basis it can be concluded that the main source of pollution of snow cover was, as analyzed, the catchment traffic, much less air pollution from the other sources. Therefore, the concentration of pollutants in snow cover areas directly adjacent to roads and parking spaces, due to the high concentration of pollutions, ought to be monitored. It should be paid attention to the need to standardize the procedures within sampling the snow.

Słowa kluczowe:

źródła zanieczyszczeń śniegu, zanieczyszczenie ścieków deszczowych, metale ciężkie, zawiesiny ogólne

Keywords:

snow contamination sources, runoff contamination, heavy metals, total suspended solids