

Łukasz Bąk, Jarosław Górski, Katarzyna Górską, Bartosz Szeląg

## Zawartość zawieszin i metali ciężkich w wybranych falach ścieków deszczowych w zlewni miejskiej

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 24 lipca 2006 r. [1], wymagania dotyczące odprowadzenia ścieków deszczowych i roztopowych, ujętych w systemy kanalizacyjne i pochodzących głównie z powierzchni szczelnych, określają jedynie dopuszczalną zawartość zawieszin ogólnych ( $100\text{ g/m}^3$ ) i węglowodorów ropopochodnych ( $15\text{ g/m}^3$ ) w ściekach wprowadzanych do wód lub ziemi. W ostatnich kilkunastu latach wiele uwagi poświęcono zanieczyszczeniom olejowym, czemu sprzyjała coraz bogatsza oferta rynkowa i działania marketingowe producentów separatorów. Typowa oczyszczalnia ścieków deszczowych, składająca się z osadnika i separatora olejów, często zintegrowanych w jednym urządzeniu, nie rozwiązuje jednak problemu zagrożeń niesionych przez wody deszczowe odprowadzane z terenów zurbanizowanych. Coraz liczniejsze badania wskazują na występowanie w ściekach deszczowych także innych zanieczyszczeń (metale ciężkie, chlorki, siarczany, związki biogenne, mikroorganizmy), które wpływają negatywnie na środowisko gruntowe i wody odbiornika, a co za tym idzie – także na organizmy żywe. Dopuszczalne wartości szerokiej gamy wskaźników zanieczyszczeń zostały określone w przypadku ścieków bytowych i przemysłowych [1], natomiast ścieki deszczowe często traktowane są jako niebudzące zastrzeżeń sanitarnych, co przy obecnej intensywnej zabudowie, zwiększającym się stale natężeniu ruchu pojazdów i sposobie rozwiązania problemu odchodów zwierzęcych (sezon wczesnowiosenny) budzi poważne wątpliwości.

Zanieczyszczenia ścieków deszczowych pochodzą z dwóch głównych źródeł – pierwszym są zanieczyszczenia atmosferyczne wychwytywane przez deszcz, drugim zaś wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia splukiwane z ulic, placów, dachów itp. Ścieki deszczowe i roztopowe z terenów zurbanizowanych są zanieczyszczone w różnym stopniu, w zależności od sposobu zagospodarowania terenu, rodzaju odwadnianych nawierzchni, sposobów walki z gołoledzią, intensywności i czasu trwania deszczu oraz czasu, jaki upłynął między kolejnymi deszczami. Różnorodność czynników kształtujących właściwości ścieków deszczowych sprawia, że prognozowanie ilości i ładunku zanieczyszczeń na etapie projektowania oczyszczalni oraz

jakości ścieków odprowadzanych do odbiornika jest trudne i nadal mało dokładne, o czym świadczą podawane w literaturze szerokości przedziałów zawartości różnych zanieczyszczeń [2–8].

Do głównych wskaźników zanieczyszczenia ścieków deszczowych i roztopowych odprowadzanych z terenów zurbanizowanych należą zawiesziny ogólne, pH, chemiczne i biochemiczne zapotrzebowanie na tlen, chlorki, substancje ropopochodne, substancje ekstrahujące się eterem naftowym oraz związki biogenne (azot, fosfor) [9]. Najistotniejszym wskaźnikiem są zawiesziny ogólne, które ze względu na zdolność adsorpcji na powierzchni innych zanieczyszczeń (m.in. metali ciężkich) i ich transport do odbiornika, stanowią źródło potencjalnych zagrożeń środowiska wodnego [10]. Najmniej rozpoznany wskaźnikiem są metale ciężkie, co może wywoływać zdziwienie, gdyż wprowadzanie ich do środowiska wodnego jest szczególnie niebezpieczne biorąc pod uwagę ich trwałość (nie ulegają biodegradacji) oraz zdolność do kumulowania w osadach, organizmach żywych (rośliny, zwierzęta), nawet gdy są wprowadzane w niewielkich ilościach i okresowo [11]. Należy zwrócić uwagę na fakt, że tylko w nielicznych krajowych publikacjach można znaleźć zakresy zawartości metali ciężkich, a przytaczane w nich wartości często dotyczą badań zagranicznych [12–14].

### Przedmiot i metodyka badań

Badania przeprowadzono na kolektorze ścieków deszczowych na terenie Kielc (oznaczonym symbolem Si9), przy ujściu którego znajduje się oczyszczalnia ścieków. Odbiera on ścieki deszczowe i roztopowe z części miasta leżącej w lewostronnej zlewni Siłnicy. Powierzchnia zlewni kanału liczy 62 ha. Kanał główny (śr.  $600\div 1250\text{ mm}$ ) o długości 1569 m odbiera ścieki deszczowe z 17 kanałów bocznych (śr.  $300\div 1000\text{ mm}$ ). Łączna długość sieci wynosi 5583 m [15]. Spadek kolektora wynosi na poszczególnych odcinkach od 0,04% do 3,9%, zaś spadki kanałów bocznych dochodzą do 2,61%. Przeciętnie jeden wpust odbiera wody deszczowe z powierzchni 0,585 ha.

Typowo miejska zlewnia kolektora leży w centralno-wschodniej części Kielc. Jej zabudowa to głównie osiedla mieszkaniowe, budynki użyteczności publicznej, ulice magistralne i boczne. Charakterystyka zlewni jest następująca: najwyższy punkt terenu 271,2 m n.p.m., najniższy 260,0 m n.p.m., średni spadek powierzchni 0,71%. Wydzielono 6 rodzajów powierzchni spływu: dachy (14,3%), chodniki (8,4%), jezdnie (17,7%), parkingi (11,2%), zieleń

Dr inż. Ł. Bąk, mgr inż. J. Górski, mgr inż. B. Szeląg: Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Geotechniki i Inżynierii Wodnej, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce [l.bak@tu.kielce.pl](mailto:l.bak@tu.kielce.pl)

Mgr inż. K. Górską: Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii i Ochrony Środowiska, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

(47,2%) i boiska szkolne (1,3%). Pole powierzchni dachów z odpływem bezpośrednim do kanałów stanowi 72,5% pola wszystkich dachów. Pojemność kanałów (bez studzienek i wpustów) wynosi ok. 2032 m<sup>3</sup>, co przy ich całkowitym wypełnieniu i uwzględnieniu pola powierzchni zlewni 62 ha, pozwoliłoby na zatrzymanie deszczu o wydajności 3,3 mm [16].

Wykonano badania pięciu fal (3 deszczowe 2 roztopowe), zaobserwowanych w czasie od maja 2009 r. do czerwca 2010 r., charakteryzujących się maksymalnym strumieniem objętości od 40 dm<sup>3</sup>/s do 380 dm<sup>3</sup>/s (co odpowiadało napełnieniu kolektora w przekroju pomiarowym w wysokości 10÷30 cm). Hydrogramy wezbrań deszczu miały łagodnie wznoszące i opadające ramiona, a czas ich trwania wynosił około 100 min. W odróżnieniu od nich, obserwowane wezbrania roztopowe odznaczały się znacznie dłuższym czasem trwania (ok. 500 min) i po krótszym czasie osiągnęły maksymalną wartość. W trakcie trwania wezbrań, przy użyciu próbnika 6712, zamontowanego w odległości około 50 m od ujścia kanału do odbiornika, pobrano próbki ścieków deszczowych. Próbnik ten umożliwił automatyczny pobór próbek w zadanej liczbie i z zadaną częstotliwością w czasie wezbrania. Był on tak skonfigurowany, by uruchamiać się w momencie, gdy ścieki w kanale osiągnęły zadany poziom (5 cm), rejestrowany przez sondę mierzącą napełnienie kanału. W kanale zamontowano również przepływomierz modułowy 2150 firmy Teledyne Isco. Sonda AV przepływomierza mierzyła napełnienie (na zasadzie pomiaru ciśnienia słupa wody) i średnią prędkość przepływu ścieków, co przy zdefiniowaniu kształtu oraz wymiaru przewodu umożliwiło obliczenie (za pomocą wbudowanego mikroprocesora) strumienia objętości ścieków deszczowych.

Pobrane próbki nie były utrwalane, lecz od razu przewożone do laboratorium w celu oznaczenia wybranych wskaźników (pH, chlorki, metale ciężkie (Ni, Cu, Cr, Zn, Pb, Cd), zawiesiny ogólne). Wartość pH zmierzono za pomocą pehametru HI 9321 Microprocessor firmy HANNA Instruments. Chlorki oznaczono według normy PN-ISO 9297:1994. Zawartość metali ciężkich określono metodą absorpcyjnej spektroskopii atomowej (ASA) z atomizacją płomieniową według normy PN-EN ISO 8288:2002. Przed wykonaniem oznaczeń próbki zostały zmineralizowane

zgodnie z normą EN ISO 15587-1:2002. Oznaczenie zawiesin ogólnych wykonano wg normy PN-72/C-04559.

Uzyskane wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków deszczowych (osobno podczas każdego wezbrania) scharakteryzowano przy użyciu średniej arytmetycznej i zakresu zmienności. Do oceny siły i kierunku związków statystycznych między badanymi zmiennymi (wartości wskaźników zanieczyszczeń), z uwagi na ich rozkład odbiegający od normalnego, wyliczono współczynnik korelacji Spearmana, uznając poziom  $p < 0,05$  jako statystycznie istotny. Do weryfikacji hipotezy zerowej  $H_0: \rho_s = 0$  posłużono się statystyką (U) w postaci:

$$U = \frac{r_s}{\frac{1}{\sqrt{n-1}}} \quad (1)$$

w której:

$r_s$  – wartość współczynnika korelacji Spearmana

$n$  – liczebność próby ( $n=53$ )

## Dyskusja wyników badań

Analiza stężeń metali ciężkich w poszczególnych wezbraniach ujawniła, że największa średnia zawartość ołowiu i cynku zawierała się odpowiednio w przedziałach 0,304÷0,992 gPb/m<sup>3</sup> i 0,158÷0,473 gZn/m<sup>3</sup> (tab. 1). Ilości tych pierwiastków wykazywały również dużą zmienność w trakcie obserwowanych wezbrań. Największą różnicę między wartością maksymalną a minimalną ołowiu, sięgającą 1,127 gPb/m<sup>3</sup>, odnotowano podczas wezbrania roztopowego (23-02-2010). W przypadku cynku maksymalna różnica wynosiła 0,767 gZn/m<sup>3</sup> (10-11-2009). Zawartości chromu i miedzi wahały się w granicach odpowiednio 0,004÷0,196 gCr/m<sup>3</sup> i 0,065÷0,320 gCu/m<sup>3</sup> osiągając wartości maksymalne w spływie roztopowym (10-11-2009). Najwyższą zawartość niklu 0,168 gNi/m<sup>3</sup> odnotowano w próbkach pobranych 23-02-2010. W pozostałych falach wezbrań zawartość tego metalu zawierała się w przedziale 0,002÷0,058 gNi/m<sup>3</sup>. Maksymalną zawartość kadmu, 0,09 gCd/m<sup>3</sup>, zmierzono podczas fali opadowej (04-06-2010), podczas gdy w pozostałych wezbraniach nie przekraczała ona 0,063 gCd/m<sup>3</sup>.

Tabela 1. Zawartość zanieczyszczeń w ściekach deszczowych podczas wezbrań  
Table 1. Concentrations of pollutants in rainwater during freshets

Wskaźnik jednostka	11-05-2009		06-06-2009		10-11-2009		23-02-2010		04-06-2010	
	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres
Zawiesiny og., g/m <sup>3</sup>	221	144÷272	630	540÷790	1224	899÷1533	5514	4181÷7432	106	70÷177
Nikiel gNi/m <sup>3</sup>	0,006	0,002÷0,012	0,025	0,019÷0,034	0,029	0,013÷0,04	0,141	0,121÷0,168	0,025	0,014÷0,058
Chrom gCr/m <sup>3</sup>	0,112	0,094÷0,140	0,119	0,089÷0,155	0,128	0,063÷0,196	0,020	0,006÷0,043	0,027	0,004÷0,053
Cynk gZn/m <sup>3</sup>	0,473	0,331÷0,633	0,443	0,285÷0,584	0,362	0,091÷0,858	0,412	0,323÷0,550	0,158	0,107÷0,240
Ołów gPb/m <sup>3</sup>	0,992	0,451÷1,282	0,897	0,790÷0,987	0,304	0,163÷0,440	0,554	0,278÷1,405	0,416	0,096÷0,879
Kadm gCd/m <sup>3</sup>	0,045	0,029÷0,063	0,031	0,027÷0,038	0,015	0,007÷0,024	0,021	0,013÷0,032	0,015	0,000÷0,090
Miedź gCu/m <sup>3</sup>	0,152	0,086÷0,236	0,175	0,119÷0,269	0,195	0,091÷0,320	0,126	0,095÷0,176	0,089	0,065÷0,119
Chlorki gCl <sup>-</sup> /m <sup>3</sup>	137,5	107,5÷162,5	57	40÷100	52,5	43÷60	296,2	260÷325	41	40÷45

Wezbrania roztopowe, w porównaniu do wezbrań deszczowych, charakteryzowały się znacznie większą ilością chlorków i zawieszin, co było wynikiem stosowania podczas mrozów środków chemicznych (jezdnie) oraz piasku (chodniki). Ich podwyższona zawartość w pozostałym okresie zimowym (gdy na jezdniach nie zalegał lód i błoto pośniegowe) wynikała ze stopniowego topnienia śniegu zalegającego na poboczach dróg.

Srednia zawartość zawieszin ogólnych w ściekach deszczowych mieściła się w przedziale od  $106 \text{ g/m}^3$  do  $630 \text{ g/m}^3$ , a w ściekach roztopowych od  $1224 \text{ g/m}^3$  do  $5514 \text{ g/dm}^3$ . Największy ładunek zawieszin transportowany był we wszystkich omawianych przypadkach w początkowej fazie wezbrania (tj. w fazie wznoszenia fali wezbrania).

W przypadku par jonów metali Cu–Cr, Cu–Zn, Cd–Zn oraz Cd–Pb, stwierdzono występowanie silnego lub bardzo silnego związku korelacyjnego (wartość współczynnika korelacji zawierała się w przedziale  $0,68 \div 0,73$ ), istotnego statystycznie na poziomie  $p=0,05$ . W przypadku pozostałych metali wartości współczynnika korelacji nie przekraczała  $0,5$  i w większości przypadków nie była istotna statystycznie na poziomie  $p=0,05$ . Występowanie związku korelacyjnego między zawartością metali w ściekach deszczowych potwierdza słuszność stwierdzenia, że głównym źródłem metali ciężkich w analizowanej zlewni był ruch komunikacyjny, natomiast w mniejszym stopniu zanieczyszczenie atmosfery.

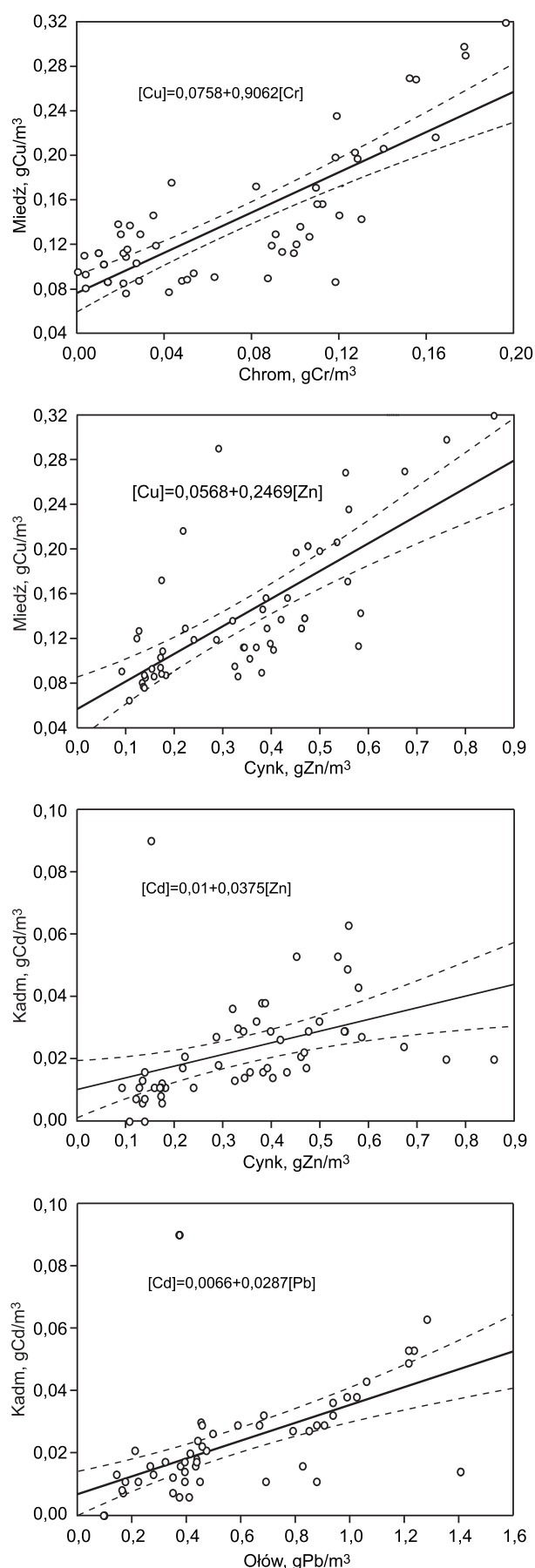
Wykresy rozrzutu oraz równania regresji dotyczące omawianych par jonów metali ciężkich pokazano na rysunku 1.

Panuje pogląd, że jest ścisła zależność korelacyjna między ilością zawieszin ogólnych a zawartością niektórych zanieczyszczeń, takich jak ChZT, BZT<sub>5</sub>, ołów, cynk, miedź, nikiel, chrom. W przypadku obserwowanych wezbrań nie stwierdzono występowania silnej i bardzo silnej zależności korelacyjnej między zawieszinami a badanymi metalami. Uzyskane wartości współczynnika korelacji metal–zawiesziny wahały się w granicach  $0,0047 \div 0,54$  i nie były statystycznie istotne na poziomie  $p=0,05$ . W świetle uzyskanych wyników można stwierdzić, że w zlewni kolektora Si9, podczas rozpatrywanych wezbrań, nie wystąpił związek korelacyjny, statystycznie istotny, między parami zmiennych metal–zawiesziny.

Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych dotyczące jakości ścieków deszczowych z wybranej zlewni miejskiej w Kielcach, umożliwiają porównanie ich z danymi literaturowymi oraz badaniami przeprowadzonymi w innych miastach. W przypadku badanych ścieków deszczowych pH wykazało względną stałość w przebiegu wezbrania i mieściło się w granicach od  $7,10$  do  $7,70$ . Wartość ta koresponduje z wynikami badań opisanych w pracach [2–4, 7]. Maksymalna zaobserwowana ilość niklu ( $0,168 \text{ gNi/m}^3$ ) była ponaddwukrotnie większa od wartości tego wskaźnika ( $0,02 \div 0,073 \text{ gNi/m}^3$ ) podawanych w literaturze.

Zawartość chlorków w porze wiosenno-letniej była niewielka ( $40 \div 162,5 \text{ gCl}^-/\text{m}^3$ ), przy czym wartości maksymalne dotyczyły spływów roztopowych ( $325 \text{ gCl}^-/\text{m}^3$ ) i wynikały ze stosowania środków chemicznych do zwalczania gołoledzi.

Zawartość zawieszin ogólnych wahała się w granicach od  $65 \text{ g/m}^3$  do  $7432 \text{ g/m}^3$ , przy czym wartości maksymalne dotyczyły również spływów roztopowych i były kilkakrotnie większe niż w pozostałym czasie. Ilość zawieszin ogólnych malała wraz z upływem czasu trwania wezbrania do około połowy wartości początkowej.



Rys. 1. Związki korelacyjne między parami jonów metali (Cu–Cr, Cu–Zn, Cd–Zn, Cd–Pb)

Fig. 1. Correlative relations between pairs of metal ions (Cu–Cr, Cu–Zn, Cd–Zn, Cd–Pb)



## Wnioski

◆ Wyniki badań potwierdziły pogląd, że ścieki deszczowe ze zlewni silnie zurbanizowanych zawierają zanieczyszczenia, których rodzaj i ilość może niekorzystnie oddziaływać na środowisko wodne odbiornika, przy czym szczególnie dotyczy to metali ciężkich, które mogą się akumulować w organizmach żywych.

◆ Podczas pierwszej fazy wezbrania deszczu transportowana była największa ilość zawieszin, których zawartość w ściekach deszczowych stopniowo malała wraz z czasem trwania spływu.

◆ Zawartość jonów metali ciężkich w ściekach deszczowych zmieniała się w szerokim zakresie podczas trwania poszczególnych wezbrań. Wartości maksymalne były od kilku do kilkunastu razy większe od wartości minimalnych osiągniętych podczas spływu.

◆ W analizowanej zlewni stwierdzono występowanie silniej lub bardzo silnej zależności korelacyjnej między jonami metali Cu–Cr, Cu–Zn, Cd–Pb oraz Cd–Zn. Takiej zależności nie stwierdzono natomiast pomiędzy zawieszinami ogólnymi a jonami badanych metali.

◆ Mnogość czynników wpływających na skład ścieków deszczowych sprawia, że prognozowanie ładunku zanieczyszczeń w ściekach deszczowych na etapie projektowania oczyszczalni i przewidywanie jakości ścieków odprowadzanych do odbiornika jest bardzo trudne.

## LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 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. nr 137, poz. 984.
2. K. GARBARCZYK: Wpływ ścieków deszczowych na zawartość zanieczyszczeń w osadach zatrzymywanych w urządzeniach kanalizacji deszczowej systemu rozdzielczego. Rozprawa doktorska, Politechnika Białostocka, Białystok 1999 (praca niepublikowana).
3. K. GARBARCZYK: Zanieczyszczenia w spływach roztopowych odprowadzanych systemem kanalizacji deszczowej do wód powierzchniowych. Mat. konf. „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych”, Rajgród 1997.
4. A. KRÓLIKOWSKI, K. GARBARCZYK, J. GWOŹDZIEJ-MAZUR, A. BUTAREWICZ: Osady powstające w obiektach kanalizacji deszczowej. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN* 2005, vol. 35.
5. A. KOTOWSKI, A. DANCEWICZ, B. KAŹMIERCZAK: Czasowo-przestrzenne zróżnicowanie opadów atmosferycznych we Wrocławiu. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 4, ss. 37–46.
6. H. SAWICKA-SIARKIEWICZ: Ograniczenie zanieczyszczeń w spływach powierzchniowych z dróg. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2003.
7. W. DĄBROWSKI: Oddziaływanie sieci kanalizacyjnych na środowisko. Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2004.
8. H. SAWICKA-SIARKIEWICZ, P. BŁASZCZYK: Urządzenia kanalizacyjne na terenach zurbanizowanych. Wymagania techniczne i ekologiczne. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2007.
9. M. HOFMAN, L. WACHOWSKI: Badania zawartości platyny i ołowiu w glebie wzdłuż głównych dróg wylotowych z Poznania. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 3, ss. 43–47.
10. J. KRÓLIKOWSKA, A. KRÓLIKOWSKI: Współczesne podejście do problematyki gospodarowania wodami deszczowymi. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN* 2009, vol. 56.
11. A. KRÓLIKOWSKI, K. GARBARCZYK, J. GWOŹDZIEJ-MAZUR: Metale ciężkie w osadach z wpustów ulicznych. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN* 2005, vol. 3.
12. W.H.O. ERNST, E.N.G. JOOSSE-VAN DAMME: Zanieczyszczenia środowiska substancjami mineralnymi. Skutki biologiczne. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1989.
13. N.R. THOMSON, E.A. McBEAN, W. SNODGRASS, I.B. MONSTRENKO: Highway stormwater runoff quality: Development of surrogate parameter relationships. *Water, Air and Soil Pollution* 1997, Vol. 94, No. 3–4, pp. 307–347.
14. C. XANTHOPULOS, H. HAHN: Anthropogenic pollutants wash-off from street surfaces. Conf. proc. “On Urban Storm Drainage”, Victoria BC, Canada 1993.
15. Budowa oczyszczalni wód deszczowych na kolektorze Si9. Projekt budowlany. BUTECH sp. z o. o., Kielce 2003 (praca niepublikowana).
16. S.L. DĄBKOWSKI, K. GÓRSKA, J. GÓRSKI, B. SZELAĘ: Wstępne wyniki badań ścieków deszczowych w jednym z kanałów w Kielcach. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2010, nr 6, ss. 20–24.

**Bak, L., Gorski, J., Gorska, K., Szelaę, B. Suspended Solids and Heavy Metals Content of Selected Rainwater Waves in an Urban Catchment Area: A Case Study. *Ochrona Środowiska* 2012, Vol. 34, No. 2, pp. 49–52.**

**Abstract:** Analyses were carried out to determine the concentrations of six heavy metals chosen (Ni, Cu, Cr, Zn, Pb, Cd), total suspended solids and chlorides in five waves (three of rain runoff and two of melting runoff) discharged from a highly urbanized catchment area (Kielce, district Województwo Świętokrzyskie). The study involved a rain collector (Si9) receiving rainwater and melting runoff from some part of the city, which covered an area of 62 ha and was located on the left-hand side of the Silnica River drainage basin. Within this basin, six types of surface runoff were separated: roofs (14.3%), sidewalks (8.4%), roadways (17.7%), parks (11.2%), green belts (47.2%) and school grounds (1.3%). The floods observed from May 2009 to June 2010 were characterized by great

diversity. Flow values for the culmination of these waves ranged from 45 to 380 dm<sup>3</sup>/s, and the duration of flooding varied between 100 min and 500 min. The results of the study show that the highest average concentrations of lead and zinc fell within the range of 0.304–0.992 gPb/m<sup>3</sup> and 0.158–0.473 gZn/m<sup>3</sup>, respectively. The average content of the other metal ions was much lower and did not exceed 0.195 g/m<sup>3</sup>. The content of total suspended solids and that of chlorides in the melting runoff were several times as high as in the rain runoff. In the rainwater discharged from the investigated highly urbanized catchment area a strong correlation was observed between the following pairs of metal ions: Cu–Cr, Cu–Zn, Cd–Pb and Cd–Zn. No statistically significant correlative relation was found to occur between total suspended solids and the ions of the metals examined.

**Keywords:** Urbanized catchment area, rainwater, suspended solids, heavy metals