

KATARZYNA GÓRSKA, MIKOŁAJ SIKORSKI*

**ZMIENNOŚĆ ŁADUNKÓW ZAWIESINY OGÓLNEJ
W ŚCIEKACH ODPROWADZANYCH KANALIZACJĄ
DESZCZOWĄ NA PRZYKŁADZIE WYBRANEJ ZLEWNI**

Streszczenie

Jednym z najistotniejszych parametrów przy ocenie stopnia zanieczyszczenia ścieków deszczowych ze zlewni miejskich jest zawiesina ogólna. Ilość zawiesin w omawianych ściekach jest bardzo zróżnicowana i zależy od wielu czynników związanych głównie ze sposobem zagospodarowania zlewni. Celem artykułu jest porównanie zmienności w czasie trwania wezbrania stężeń i ładunków zawiesiny ogólnej w wybranej fali deszczowej oraz roztopowej, zaobserwowanej na terenie zlewni miejskiej w Kielcach.

Słowa kluczowe: ścieki deszczowe, zawiesina ogólna, wezbranie

WPROWADZENIE

Ilość zanieczyszczeń dostających się do ścieków opadowych odprowadzanych z terenu miasta zależy głównie od zanieczyszczenia atmosfery w obrębie miasta, rodzaju nawierzchni ulic, placów i chodników, rodzaju transportu kołowego, intensywności ruchu kołowego i pieszego, organizacji i sposobu oczyszczania ulic od znajdujących się na nich odpadów, sposobów walki z gołoledzią, ilości terenów zielonych, intensywności i czasu trwania opadu oraz długości okresu, jaki upłynął od opadu poprzedniego. W rezultacie duże zanieczyszczenie wód opadowych odprowadzanych przede wszystkim z terenów miejskich wpływa zdecydowanie na okresowe pogorszenie stanu czystości wód oraz destabilizuje równowagę biologiczną w odbiorniku [Babelski 1999].

Jak wykazały badania prowadzone w kraju i na świecie, określenie składu ścieków deszczowych na drodze prognozowania nie jest łatwe. Wynika to

* Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Polska, +48 41 34 24 733, email: kgorska78@interia.pl

z faktu, iż istnieje wiele różnych czynników i zjawisk mających wpływ na jakość odpływu z sieci kanalizacji deszczowej [Królikowski i in. 2005].

Jednym z najistotniejszych parametrów przy ocenie stopnia zanieczyszczenia ścieków deszczowych ze zlewni miejskich jest zawiesina ogólna [Osmulska-Mróż, Sadkowski 1993, Zawilski 1997]. Ilość zawiesin w omawianych ściekach jest bardzo zróżnicowana. Zależy od wielu czynników związanych ze sposobem zagospodarowania zlewni, głównie od rodzaju i stopnia uszczelnienia terenu. Pochodzą one ze znajdujących się w powietrzu pyłów i aerozoli, spływających z powierzchni zlewni zanieczyszczeń, produktów ścierania nawierzchni i opon, nieczystości ulicznych, a także pozostałości niepalnych paliw i erozji gruntu. Znaczną część stanowi zawiesina mineralna około 80-99%, zaś udział zawiesiny organicznej jest nieco większy w przypadku zlewni typu place targowe, tereny zielone, a także wskutek opadania liści [Xanthopoulos, Hahn 1993, Wojciechowski 1998].

Znaczne ilości zawiesin obserwuje się w spływach roztopowych. Na terenach zurbanizowanych, zagospodarowanych i uszczelnionych zawartość zawiesin wzrasta wiosną, czego powodem jest spływ silnie zanieczyszczonych wód roztopowych.

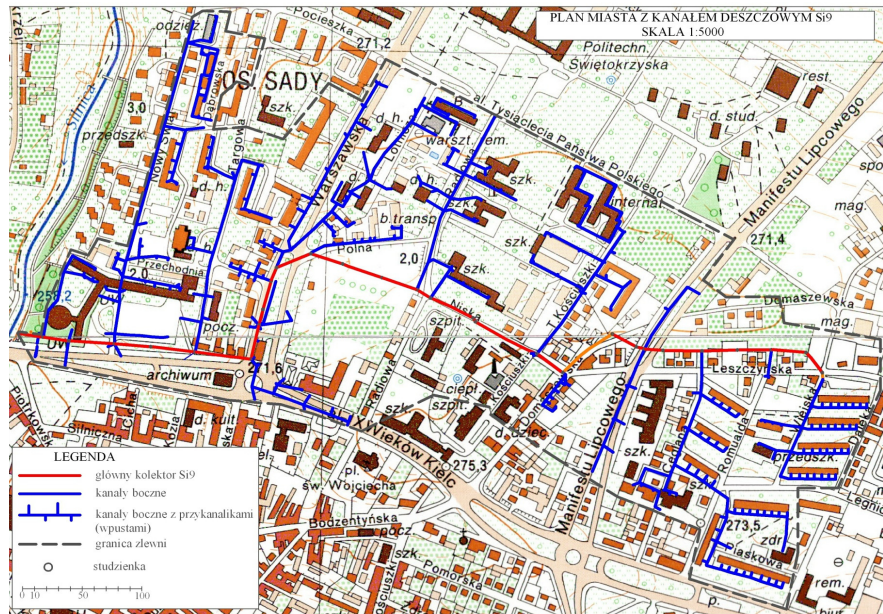
Celem artykułu jest porównanie zmienności w czasie trwania wezbrania stężeń i ładunków zawiesiny ogólnej w wybranej fali deszczowej oraz roztopowej, zaobserwowanej na terenie zlewni miejskiej w Kielcach.

PRZEDSTAWIENIE OBIEKTU BADAŃ

Do badań wytypowano zlewnię zlokalizowaną w centralno-wschodniej części Kielc, przynależną do kolektora deszczowego Si9. Odprowadza on wody opadowe i roztopowe ze zlewni o całkowitej powierzchni 62 ha. Najwyższy punkt terenu położony jest na wysokości 271,20 m n.p.m., a najniższy 260,00 m n.p.m. Średni spadek powierzchni wynosi 0,71%.

Kanał główny betonowy, o średnicy 600-1250 mm, ma długość 1569 m, przy spadku od 0,04% do 3,9%. Na kolektorze znajdują się 32 studzienki rewizyjne i połączeniowe oraz 24 wpusty. Średnice kanałów bocznych zawierają się w przedziale 300-1000 mm, długości wynoszą 47-678 m, przy spadkach dochodzących do 2,61% [Bąk i in. 2012].

Zabudowa zlewni to głównie osiedla mieszkaniowe, budynki użyteczności publicznej, ulice magistralne i boczne. Procentowy udział wydzielonych powierzchni spływu przedstawia się następująco: dachy (14,3%), chodniki (8,4%), jezdnie (17,7%), parkingi (11,1%) oraz tereny zielone (47,2%), boiska asfaltowe (1,3%). Zatem tereny utwardzone o dużym współczynniku spływu obejmują ok. 53% całej powierzchni zlewni (rys. 1), co świadczy o jej typowo miejskim charakterze.



Rys. 1. Zlewnia kolektora Si9 wraz z układem kanałów bocznych [Dąbkowski i in. 2010]

Fig. 1. Si9 collector catchment together with a system of lateral Canals [Dąbkowski et al. 2010]

Ścieki deszczowe z omawianej powierzchni zlewni odprowadzane są do oczyszczalni wód deszczowych przy ul. „IX Wieków Kielc”. W skład oczyszczalni wód deszczowych wchodzi: komora rozdziału z przelewem burzowym, dwukomorowy osadnik poziomy oraz separator. Odbiornikiem ścieków jest rzeka Silnica.

Stanowisko badawcze zostało wyposażone w automatyczne urządzenia poboru prób ścieków („SAMPLER 6712”), przepływomierz typu „2150” firmy Teledyne ISCO i deszczomierz do ciągłego rejestrowania opadów deszczowych typ RG50 firmy SEBA Hydrometrie GmbH spełniający wymagania Światowej Organizacji Meteorologicznej.

Deszczomierz znajduje się w odległości około 3,5 km od wylotu kolektora, w miejscu zapewniającym jego właściwe funkcjonowanie i bezpieczeństwo.

Sampler umieszczony został w komorze rozdziału przedmiotowej OWD. Pobiera on próbki ścieków deszczowych w czasie trwania wezbrania za pomocą specjalnej sondy, w ilości i z częstotliwością zadaną w pamięci urządzenia.

Przepływomierz działa na zasadzie pomiaru ciśnienia słupa wody (napłnienie kanału h) oraz pomiaru prędkości średniej v w znanym przekroju poprzecznym kanału. Wielkości te rejestrowane są za pomocą sondy AV zamontowanej na opasce rozprężnej w kanale Si9 w odległości 7 m powyżej komory rozdziału.

Natężenie przepływu ścieków obliczane jest jako iloczyn pola powierzchni zwilżonej przekroju porzecznego kanału i prędkości średniej przepływu ścieków.

Omówione przyrządy pozwalają na rejestrację pomiarów: wysokości opadu deszczu, czasu trwania opadu, prędkości przepływu i napełnienia ścieków w kanale oraz natężenia przepływu ścieków w przekroju pomiarowym kanału.

METODYKA BADAŃ

Do analizy wybrano jedno wezbranie roztopowe (z dnia 23.02.2010 r.) oraz deszczowe (XVI z dnia 31.05.2010 r.) spośród wszystkich przebadanych fal z okresu od kwietnia 2009 r. do maja 2011 r. Pobrane za pomocą samplera próbki ścieków nie były utwalane, lecz od razu przewożone do laboratorium w celu oznaczenia wybranych wskaźników zanieczyszczeń. Oznaczenie zawiesiny ogólnej wykonano wg normy PN-72/C-04559.

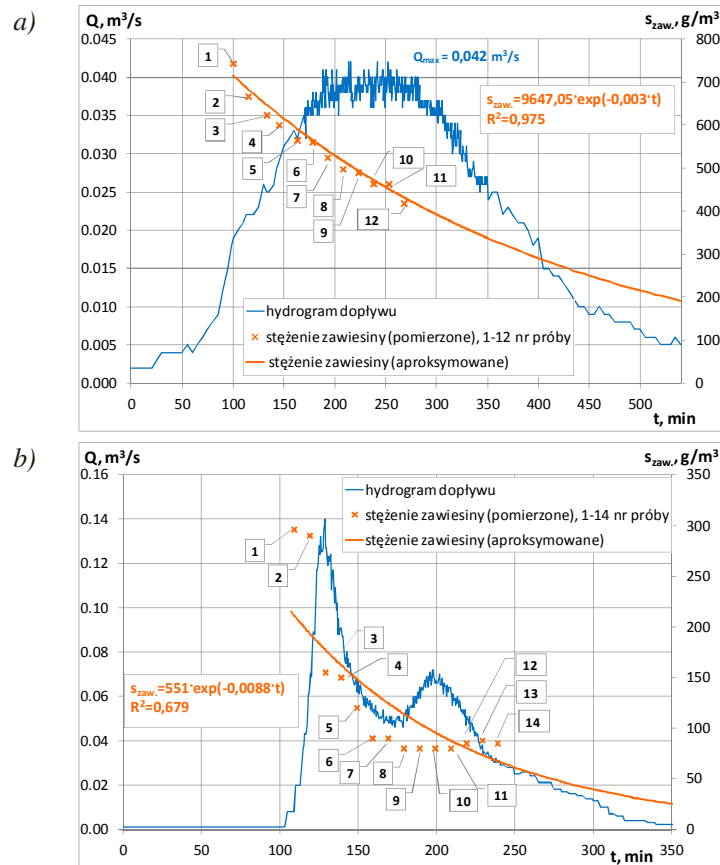
Wykorzystanie samplera (spełniającego wymogi EPA – United States Environmental Protection Agency) do poboru prób w zadanych odstępach czasu pozwoliło określić zmienność stężeń zawiesiny ogólnej w czasie trwania wezbrania w kanale. Urządzenie zostało skonfigurowane w ten sposób, że uruchamiane było w momencie, gdy został przekroczony zadany poziom ścieków w kanale (3÷5cm), rejestrowany przez sondę do pomiaru napełnienia. Poziom wyzwalania samplera dobierano w zależności od pory roku i związanego z nią napełnienia ścieków w kanale przy pogodzie bezdeszczowej, a wynikającego z infiltracji wód gruntowych. Ilość prób ścieków (max. 24 – 1 butelka na 1 próbę) oraz czas pomiędzy nimi (5 ÷ 20 min) ustalano indywidualnie w zależności od przewidywanego czasu wezbrania oraz pory roku. W przypadku długotrwałych wezbrań roztopowych i wezbrań jesiennych czas ten wydłużano, a dla prognozowanych gwałtownych opadów letnich o dużej intensywności skracano go.

Wykonane analizy chemiczne posłużyły do wykonania hydrogramów dopływu $Q=f(t)$, zmienności w czasie trwania wezbrania stężeń zawiesiny ogólnej (pomierzonej i aproksymowanej) $s_{zaw.og.}=f(t)$ oraz ładunków cząstkowych zawiesiny ogólnej $l_{cz.}=f(t)$. Sporządzono ponadto krzywe sumowe ładunku zawiesiny ogólnej $L_{sum.}=f(t)$ oraz pętle histerezy $l_{cz.}=f(Q)$.

WYNIKI BADAŃ

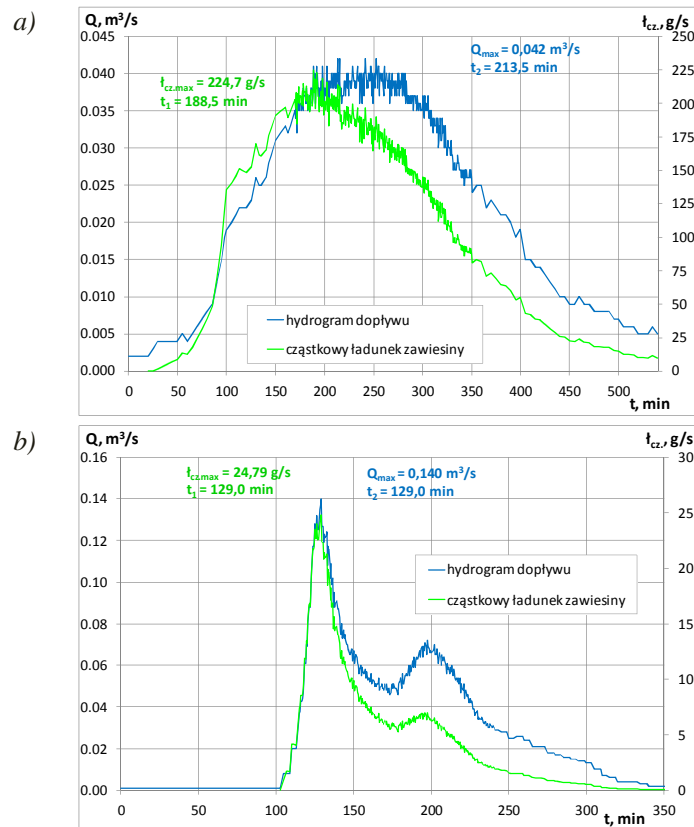
Hydrogram dopływu $Q=f(t)$ został sporządzony na podstawie danych pochodzących z przepływomierza, zaś czas poboru próby ścieków deszczowych, odpowiadający zdarzeniu próbkowania określono na podstawie danych uzyskanych z samplera (rys. 2). Wartości punktowe stężeń zawiesiny ogólnej (pomie-

rzony) wyznaczono na podstawie analiz laboratoryjnych. Z uwagi na to, że stężenie zawiesiny ogólnej mierzono dla różnej ilości prób pobranych w czasie trwania wezbrania (od min. 7 do max. 24), do obliczenia ładunków i masy transportowanej zawiesiny ogólnej należało dysponować stężeniami w dowolnym momencie wezbrania. Aby to uzyskać wyrównano wyniki analiz pobranych prób równaniem o ogólnej postaci $s = f(e^{-nt})$, co umożliwiło ekstrapolację tego związku poza przedziały czasu pobierania prób ścieków do analizy (stężenie zawiesiny ogólnej aproksymowane).



Rys. 2. Hydrogram dopływu $Q=f(t)$ oraz stężenie zawiesiny ogólnej dla wezbrania z dnia: a) 23.02.2010 r., b) 31.05.2010 r.

Fig. 2. Tributary hydrograph $Q=f(t)$ and total suspended solids concentration for the freshets: a) 23.02.2010 r., b) 31.05.2010 r.



Rys. 3. Hydrogram dopływu $Q=f(t)$ oraz krzywa opisująca zmienność ładunku zawiesiny ogólnej ($t_{cz.}$) w jednostce czasu (dt) dla wezbrania z dnia: a) 23.02.2010 r., b) 31.05.2010 r.

Fig. 3. Tributary hydrograph $Q = f(t)$ and the curve describing the variation of suspended sediment load ($t_{cz.}$) per unit of time (dt) for the freshets: a) 23.02.2010 r., b) 31.05.2010 r.

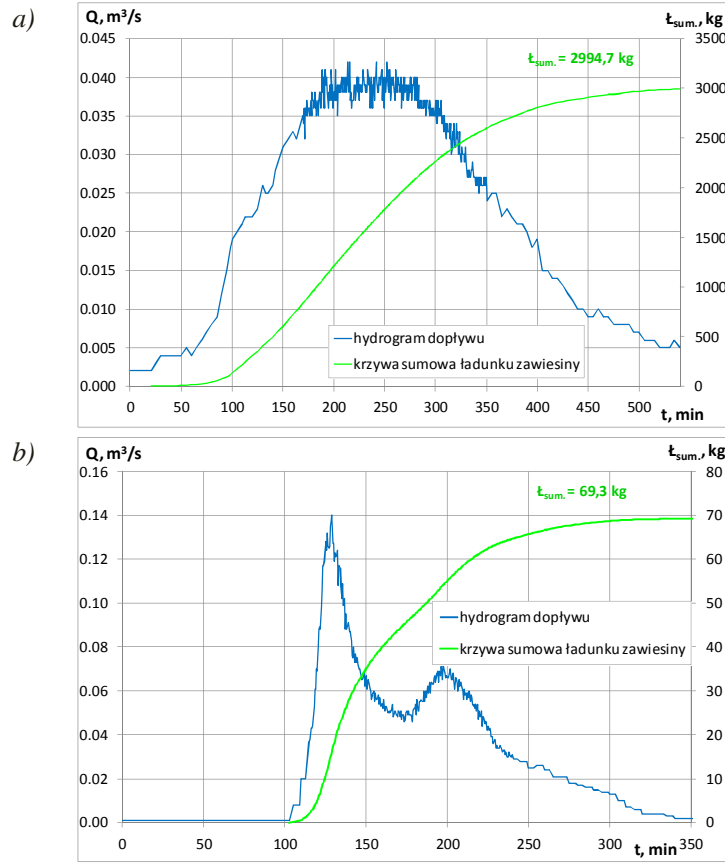
Wartości ładunków cząstkowych (rys. 3) obliczono w oparciu o następującą zależność:

$$t_{cz.} = s_{zaw.} \cdot Q, \quad g/s \quad (1)$$

gdzie:

$t_{cz.}$ – cząstkowy ładunek zawiesiny ogólnej, g/s ,
 $s_{zaw.}$ – stężenie zawiesiny ogólnej (aproxymowane) w czasie t_i , g/m^3 , obliczone na podstawie równania regresji wykładniczej (rys. 2),
 Q – natężenie przepływu ścieków czasie t_i , m^3/s .

Na rysunku 3 zaznaczono wartości maksymalne: ładunku $\dot{L}_{cz,max}$ i natężenia przepływu Q_{max} oraz odpowiadające im czasy ich wystąpienia t_1 i t_2 , pozwalające określić przesunięcie czasowe pomiędzy tymi wartościami.



Rys. 4. Hydrogram dopływu $Q=f(t)$ i krzywa sumowa ładunku zawiesiny ogólnej $L_{sum}=f(t)$ dla wezbrania z dnia: a) 23.02.2010 r., b) 31.05.2010 r.

Fig. 4. Tributary hydrograph $Q = f(t)$ and the curve of total suspended solids load, $L_{sum}=f(t)$ for the freshets: a) 23.02.2010 r., b) 31.05.2010 r.

Sumaryczny ładunek zawiesiny ogólnej L_{sum} , jaki przepłynął podczas wezbrania (rys. 4) określono ze wzoru:

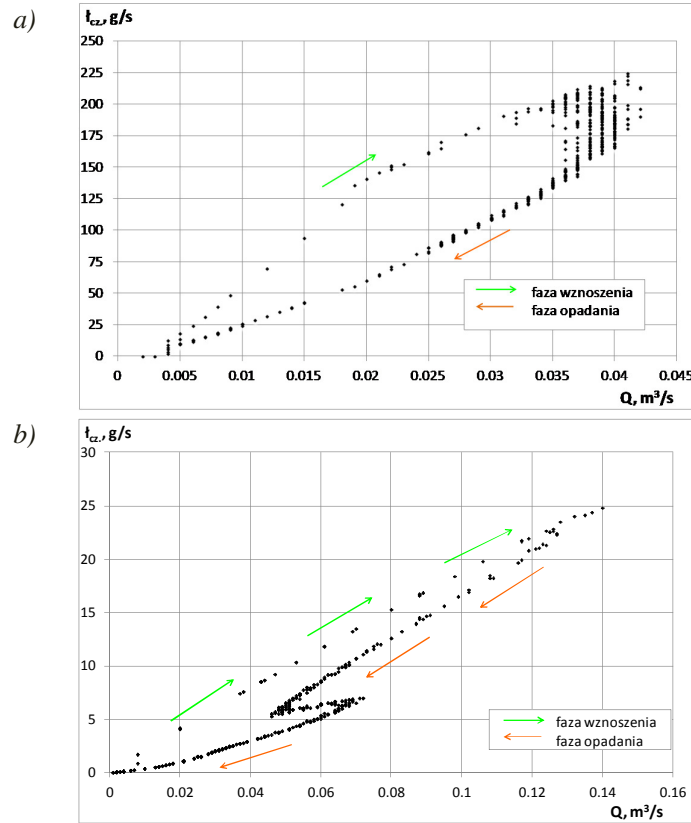
$$L_{sum} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\dot{L}_{cz,i} + \dot{L}_{cz,i+1}}{2} \right) \cdot \frac{\Delta t}{1000}, \quad \text{kg} \quad (2)$$

gdzie:

Σ_{sum} – sumaryczny ładunek zawiesiny ogólnej dla danej fali wezbraniowej (ładunek wyrażony w jednostkach masy), kg,

$t_{\text{cz. } i}$, $t_{\text{cz. } i+1}$ – cząstkowy ładunek zawiesiny ogólnej odpowiednio dla czasu t_i oraz t_{i+1} , g/s,

Δt – krok czasowy, $\Delta t = t_{i+1} - t_i$, s.



Rys. 5. Pętla histerezy zmian ładunku zawiesiny ogólnej ($t_{\text{cz.}}$) w funkcji przepływu (Q) dla wezbrania z dnia: a) 23.02.2010 r., b) 31.05.2010 r.

Fig. 5. The hysteresis loop for variation of suspended sediment load ($t_{\text{cz.}}$) as a function of flow rate (Q) for the freshets: a) 23.02.2010 r., b) 31.05.2010 r.

Przebieg ładunków zanieczyszczeń w funkcji natężenia przepływu $t_{\text{cz.}} = f(Q)$ dla wezbrania roztopowego z dnia 23.02.2010 r. oraz deszczowego z dnia 31.05.2010 r. przedstawia rys. 5. Na osi rzędnych odłożono cząstkowy ładunek zawiesiny ogólnej $t_{\text{cz.}}$ w g/s, natomiast na osi odciętych – natężenie przepływu Q w m³/s.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wezbranie z dnia 23.02.2010 r. było wezbraniem roztopowym. Dodatnie temperatury w ciągu dnia spowodowały, że natężenie przepływu osiągnęło wartość $Q = 0,042 \text{ m}^3/\text{s}$, przy czasie przejścia fali $t = 515 \text{ min}$ (początek dla $t = 25 \text{ min}$). Napełnienia w kanale były niewielkie i nieprzekraczały $h_{\text{max}} = 7,5 \text{ cm}$, przy prędkościach przepływu w zakresie $v = 0,41 \div 1,41 \text{ m/s}$. Stężenia zawiesiny ogólnej wahały się od 7432 g/m^3 do 4181 g/m^3 (rys. 2a), przy odstępach między poborem kolejnych prób równym 15 min . Tak duże wartości stężeń zawiesiny ogólnej związane były z dużymi ilościami piasku używanego na terenie miasta do posypywania jezdni i chodników w czasie intensywnych opadów śniegu i zlodzenia. Śnieg odgarniany przez pługi śnieżne oraz służby miejskie i prywatnych właścicieli, odkładany w postaci przyzmy wzdłuż arterii komunikacyjnych, zawierał znaczne ilości zanieczyszczeń, które w momencie roztopów stopniowo przedostawały się do sieci kanalizacji deszczowej. Pomierzone stężenia zawiesiny ogólnej aproksymowano równaniem $s_{\text{zaw}} = 9647,05 \cdot \exp(-0,003 \cdot t)$, przy współczynniku determinacji równym $R^2 = 0,975$.

Z kolei wezbranie dnia 31.05.2010 r. wywołał deszcz o wysokości $P_{\text{sum}} = 4,0 \text{ mm}$, rozpoczynający się zaledwie 254 min po zakończeniu opadu w dniu 30.05.2010 r., który mimo znacznej wysokości ($5,4 \text{ mm}$), spłukał ze zlewni niewielkie ilości zawiesiny (max. 125 mg/dm^3). Przedmiotowy deszcz o czasie trwania $t_d = 168 \text{ min}$ oraz natężeniu maksymalnym i średnim równym odpowiednio: $0,1 \text{ mm/min}$ i $0,024 \text{ mm/min}$, wywołał przepływ w kanale o maksymalnej wartości $Q_{\text{max}} = 0,140 \text{ m}^3/\text{s}$, przy napełnieniu $h_{\text{max}} = 13,8 \text{ cm}$ i prędkościach przepływu w granicach $0,27\text{-}1,94 \text{ m/s}$. W czasie wezbrania sampler pobrał 14 prób ścieków deszczowych, których pomierzone stężenia zawiesiny ogólnej zmieniały się od 296 g/m^3 do 80 g/m^3 . Próby pobierane były w odstępach 10 minutowych, a więc czas wezbrania objęty badaniem wyniósł 130 min , przy całkowitym czasie przejścia fali równym 257 min (początek dla $t = 103 \text{ min}$). Pomierzone stężenia zawiesiny ogólnej aproksymowano równaniem $s_{\text{zaw}} = 551 \cdot \exp(-0,0088 \cdot t)$, przy uzyskanym współczynniku determinacji $R^2 = 0,679$ (rys. 2b).

Badania prowadzone przez Dąbkowskiego i in. [2010], Sikorskiego i in. [2010] oraz Bąka i in. [2012] wykazały, że dla przedmiotowej zlewni w warunkach normalnej eksploatacji stężenia zawiesin ogólnych dla fal deszczowych wahały się w przedziale od 70 g/m^3 do 1735 g/m^3 , a dla roztopowych dochodzą do 7432 g/m^3 , co pokazuje kilkukrotną różnicę w jakości tych spływów dla analizowanego wskaźnika.

Analizowane wezbranie roztopowe w porównaniu z deszczowym charakteryzuje się ponadto znacznie większymi wartościami maksymalnych ładunków cząstkowych $I_{\text{cz,max}}$ (odpowiednio: $224,7 \text{ g/s}$ i $24,79 \text{ g/s}$) oraz czasem ich przesu-

nięcia w stosunku do wartości maksymalnych natężenia przepływu Q_{\max} , odpowiednio $\Delta t=25$ min i $\Delta t=0$ min (rys. 3).

W związku z dużymi stężeniami zawiesiny ogólnej oraz długim czasem przejścia fali, mimo niewielkich wartościach przepływów, sumaryczny ładunek zawiesiny ogólnej wyniósł dla wezbrania z dnia 23.02.2010 r., $L_{\text{sum.}} = 2994,7$ kg (rys. 4a), co stanowi kilkudziesięciokrotnie większą wartość niż dla wezbrania z dnia 31.05.2010 r. (69,3 kg) – rys. 4b. W przypadku innych analizowanych wezbrań deszczowych sumaryczny ładunek nie przekraczał wartości 270,12 kg [Dąbkowski i in. 2010].

Pokazane na wykresie punktowym pętle histerezy pokazują, że ładunek zawiesiny ogólnej jest znacznie większy w fazie wzrostu natężenia przepływu w kanale, niż w trakcie jego spadku. Spowodowane jest to zjawiskiem „wypłukania” dużej liczby cząstek zawiesiny ogólnej ze zlewni w początkowym czasie wezbrania i zmniejszaniem się ich ładunków w końcowym okresie. Pętla histerezy dla wezbrania roztopowego (rys. 5a) ma bardzo regularny charakter. Przy przepływach o natężeniu powyżej $0,035$ m³/s duże skupienie punktów związane jest z faktem, że przepływy te utrzymywały się przez dłuższy okres czasu – blisko 140 min (rys. 4a). Dla przepływów od $0,02$ do $0,03$ m³/s różnice ładunku zawiesiny ogólnej pomiędzy fazą wznoszenia i opadania wahały się w granicach równych $75 - 81$ g/s. Z kolei nieregularny przebieg pętli histerezy w fazie opadania dla wezbrania deszczowego (rys. 5b) związany jest ze złożonym charakterem hydrogramu odpływu (rys. 4b) i chwilowym wzrostem wartości przepływów w końcowym etapie wezbrania. Największa różnica ładunku ($\Delta L_{\text{cz.}} \approx 6,95$ g/s) występuje przy natężeniu przepływu $Q = 0,07$ m³/s, gdzie w fazie wznoszenia ładunek zawiesiny ogólnej wynosi $13,47$ g/s, a w fazie opadania odpowiednio $6,52$ g/s.

W przypadku badanego kolektora Si9 zinwentaryzowano odcinek o długości ok. 350 m powyżej przekroju pomiarowego, gdzie nie stwierdzono żadnych przeszkód redukujących przepustowość (osady, korzenie drzew). Zbadanie całej sieci wymagałoby kosztownego kamerowania techniką CCTV. Znaczne ilości osadów zauważalne są natomiast w przykanalich z wpustów ulicznych oraz w komorze rozdziału przy OWD w okresie letnim, szczególnie po dużych wezbraniach spowodowanych deszczami nawalnymi. Podobna sytuacja ma miejsce w okresach odwilży i wiosennych roztopów. W związku z powyższym prezentowane w pracy wyniki badań mogą być zniekształcone wskutek wypłukiwania osadów zalegających w kanałach.

WNIOSKI

Analizowane wezbranie roztopowe charakteryzowało się kilkudziesięciokrotnie wyższymi stężeniami zawiesiny ogólnej niż deszczowe, co związane było z zimowym utrzymanie ciągów komunikacyjnych.

Istotną zależnością, jaką można zaobserwować na podstawie przytoczonych badań jest zauważalny spadek stężeń zawiesiny ogólnej w czasie trwania wezbrania, co jest związane ze stopniowym spłukiwaniem zanieczyszczeń z terenu zlewni w czasie trwania deszczu.

Znacznie większe ładunki zawiesiny ogólnej transportowane są w trakcie przejścia fal roztopowych niż deszczowych, co związane jest nie tylko z dużymi stężeniami zawiesiny osiąganymi w czasie topnienia zalegającego śniegu, ale również przebiegiem i długością czasu trwania wezbrania.

Występuje przesunięcie w czasie trwania wezbrania pomiędzy wartościami maksymalnymi ładunku cząstkowego i natężenia przepływu dla fali roztopowej.

Analizując wykonane pętle histerezy można zauważyć, że w czasie fazy wznoszenia (wzrost przepływu w czasie przejścia fali) ładunki cząstkowe zawiesiny ogólnej mają wyższe wartości niż w czasie fazy opadania (spadek wartości przepływu).

Praca współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Projektu „INWENCJA – Potencjał młodych naukowców oraz transfer wiedzy i innowacji wsparciem dla kluczowych dziedzin świętokrzyskiej gospodarki” o numerze identyfikacyjnym WND-POKL.08.02.01-26-020/1

The Work Co-Funded from the European Social Fund within the Project called INVENTION – Potential of Young Scientists and Transfer of Knowledge and Innovation as a Support for the Key Branches of the Świętokrzyskie Region Economy, nr WND-POKL.08.02.01-26-020/1

LITERATURA

1. BABELSKI Z.: *Ocena zanieczyszczeń ścieków deszczowych z różnych zlewni miejskich*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Nr 11, 12-14, 1999
2. BAŁ Ł., GÓRSKI J., GÓRSKA K., SZELAĞ B.: *Analiza związku między metalami ciężkimi i zawiesiną w wybranych falach kanalizacji deszczowej zlewni miejskiej (Analysis of the relationship between heavy metals and the suspension at selected rainwater waves of the urban catchment area - in Polish, with English abstr.)*. Ochrona Środowiska, Vol. 34, Nr 2, 1-4, 2012

3. DĄBKOWSKI SZ. L., GÓRSKA K., GÓRSKI J., SZELĄG B.: *Wstępne wyniki badań ścieków deszczowych w jednym z kanałów w Kielcach*. Gaz Woda i Technika Sanitarna, Nr 6, 20-24, 2010,
4. KRÓLIKOWSKI A., GARBARCZYK K., GWOŹDZIEJ-MAZUR J., BUTAREWICZ A.: *Osady powstające w obiektach kanalizacji deszczowej*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska P.A.N., Vol. 35, Lublin, 2005
5. OSMULSKA-MRÓZ B., SADKOWSKI K.: *Ochrona wód w otoczeniu dróg*. Materiały Biura Projektowo-Badawczego Dróg i Mostów, Warszawa, 1993
6. SIKORSKI M., GÓRSKA K., GÓRSKI J., GAWDZIK J.: *Charakterystyka jakościowa ścieków deszczowych w świetle badań własnych i literatury*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, Nr 3, 121-126, 2010
7. ZAWILSKI M.: *Prognozowanie wielkości odpływu i ładunków zanieczyszczeń ścieków opadowych odprowadzanych z terenów zurbanizowanych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, Nr 792, 1997
8. XANTHOPOULOS C., Hahn H.: *Anthropogenic pollutants wash-off from street surfaces*. International Conference On Urban Storm Drainage, Victoria BC, Kanada, 1993
9. WOJCIECHOWSKI A.: *Zasady utrzymywania dróg miejskich w okresie zimowym*. Przegląd Komunalny, Nr 9(84), 1998.

THE VARIABILITY OF TOTAL SUSPENDED SOLIDS IN STORM WATER IN THE EXAMPLE OF A CHOSEN CATCHMENT

S u m m a r y

One of the most important parameters, in assessing the contamination degree of rainwater from urban catchments is a total suspension. The number of suspensions of these sewages is highly variable and depends on many factors. They are related mainly to the development of catchments. The aim of the article is to compare the variation of freshet levels and loads of total suspended solids in a specific wave of rain and snow-melt, which are observed in the urban catchment in Kielce.

Key words: rain water, total suspension, raised water