

Monika NOWAKOWSKA, Andrzej KOTOWSKI, Bartosz KAŻMIERCZAK *

WYBÓR PILOTOWEJ ZLEWNI DESZCZOWEJ DO BADAŃ SYMULACYJNYCH DZIAŁANIA KANALIZACJI WE WROCŁAWIU

W pracy przedstawiono system kanalizacyjny Wrocławia z monitoringiem opadów i strumieni ścieków. Na potrzeby modelowania hydrodynamicznego kanalizacji, do wstępnego rozpoznania parametrów hydrologicznych i hydraulicznych, wytypowano dwie zlewnie obejmujące dzielnice: Gądów Mały oraz Tarnogaj wraz z Gajem. Dokonano inwentaryzacji i opisu obu zlewni. Na podstawie przyjętych kryteriów, wybrano do badań pilotowych zlewnię deszczową dzielnic Gaj i Tarnogaj. Za wyborem tej zlewni przemawiały: większa powierzchnia zlewni (około 3,9 km²), dłuższe kolektory (około 3 km), w tym na preferowanym kierunku W – E, dłuższe czasy przepływu ścieków w kolektorach (około 50 minut) oraz mniejsza liczba wylotów kolektorów (2) do opomiarowania strumieni ścieków deszczowych, a więc mniejsze koszty instalacji przepływomierzy (3 szt.).

1. WSTĘP

Niezawodność działania systemów odwodnień terenów (kanalizacji deszczowej bądź ogólnospławnej) nie jest w pełni możliwa do osiągnięcia ze względu na losowy charakter opadów. Dążyć należy zatem do bezpiecznego ich wymiarowania, tzn. gwarantującego osiągnięcie współcześnie wymaganego standardu odwodnienia terenów zurbanizowanych, wg zaleceń normy PN-EN 752 z 2008 r. [14] i wytycznych ATV-A118 2006 r. [1] - również w przyszłości. Wymaga to dostosowania systemu kanalizacyjnego do przyjęcia maksymalnych - prognozowanych strumieni wód opadowych, o częstości występowania równej dopuszczalnej (akceptowalnej społecznie) częstości wystąpienia wylania na powierzchnię terenu.

* Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wroclawska, Zakład Naukowy Usuwania Ścieków, pl. Grunwaldzki 9, 50-377 Wrocław, monika.nowakowska@pwr.edu.pl.

Nasilające się, zwłaszcza w ostatnich latach, ekstremalne zjawiska przyrodnicze, takie jak gwałtowne bądź długotrwałe opady i związane z nimi powodzie, czy wylewy z kanalizacji, powodują znaczne straty gospodarcze. Zmuszać to nas powinno do ciągłego doskonalenia zasad projektowania i wymiarowania systemów kanalizacyjnych. Do wymiarowania systemów kanalizacyjnych w Polsce zalecana jest obecnie metoda maksymalnych natężeń (MMN) wykorzystująca polskie modele opadów maksymalnych z okresów pomiarowych 1960-1990-2009 (wzorowana na niemieckiej metodzie współczynnika opóźnienia) [6, 7, 8]. Przepustowość hydrauliczną tak zwymiarowanych kanałów i obiektów, zwłaszcza w zlewniach deszczowych o powierzchni powyżej 2 km², zaleca się obecnie weryfikować na drodze symulacji hydrodynamicznych np. przy użyciu oprogramowania SWMM (*Storm Water Management Model*), przy różnych scenariuszach obciążenia zlewni opadami stacjonarnymi lub nie stacjonarnymi, zmiennymi w czasie i przestrzeni. Scenariuszami tymi są jak dotychczas opady modelowe deszczy tworzone z lokalnych krzywych IDF (*Intensity-Duration Frequency*) lub DDF (*Depth-Duration Frequency*), bądź też rzeczywiste serie intensywnych opadów z wielolecia.

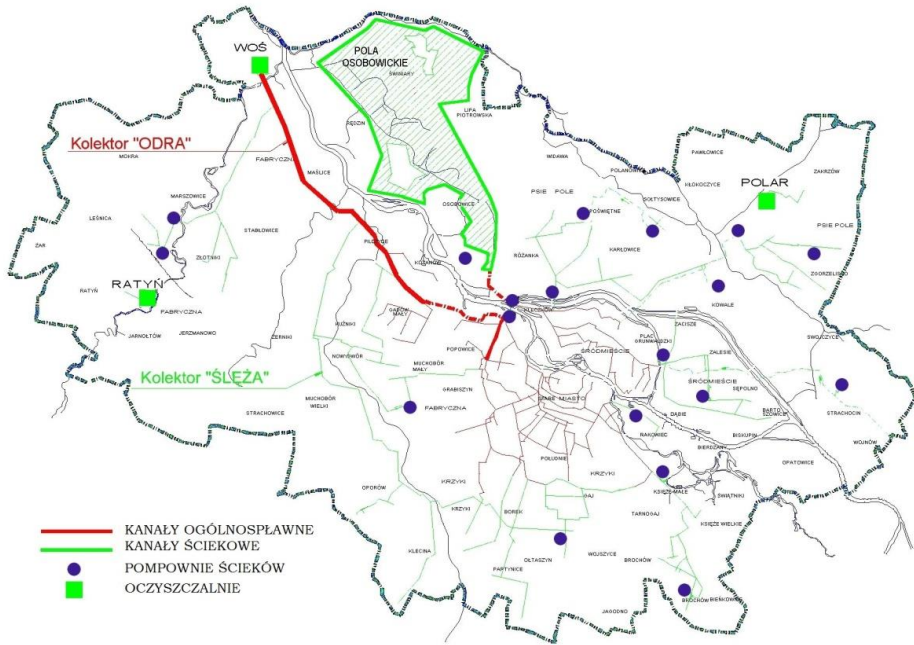
Modelowanie działania systemów kanalizacyjnych, zalecane normą PN-EN 752:2008 [14], a także wymagane prawem - wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z 2006 r. [15] odnośnie weryfikacji częstości działania separatorów burzowych, jest w Polsce jak dotychczas rzadko stosowane z braku niezbędnych danych (modeli opadów, monitoringu sieci i opadów, GIS czy map numerycznych terenu), jak i dostarczonych podstaw metodycznych, które są wciąż rozwijane [2, 8, 9, 13].

2. SYSTEM I MONITORING KANALIZACJI WE WROCŁAWIU

Miasto Wrocław, o powierzchni administracyjnej ok. 293 km², posiada mieszany system kanalizacji - częściowo rozdzielczy i częściowo ogólnospławny. Najstarsze fragmenty sieci kanalizacyjnej pochodzą z 1850 r. Większość systemu kanalizacyjnego Wrocławia powstała w latach 1881-1940. W obrębie Starego Miasta funkcjonuje nadal kanalizacja ogólnospławna. Osiedla powojenne budowane były zarówno w systemach kanalizacji rozdzielczej jak i ogólnospławnej. Nowe osiedla mają już kanalizację rozdzielczą - ściekowa i deszczową. Jedynie osiedla na peryferiach Wrocławia nie posiadają jeszcze sieci kanalizacyjnej. Pod zarządem MPWiK S.A., znajduje się obecnie ok. 1700 km sieci kanalizacyjnej miasta.

Wrocław położony jest na płaskim terenie i z tego względu posiada kilkanaście przepompowni ścieków, zlokalizowanych na obszarze całego miasta (rys. 1). Przepompownie działają automatycznie i są monitorowane przez Centralną Dyspozytornię MPWiK (za wyjątkiem przepompowni Stary Port).

We wrześniu 2010 r. MPWiK S.A. przejęła od Gminy Wrocław zadania związane z zarządzaniem i eksploatacją krytej kanalizacji deszczowej na terenie miasta. Sieć ta odprowadza wody opadowe i roztopowe z terenu miasta do 9 zlewni rzek czy cieków wodnych: Odry, Oławy, Widawy, Dobrej, Ślęzy, Kasiny, Bystrzycy, Brochówki oraz Ługowiny, poprzez 120 wyloty kanalizacyjne. MPWiK zarządza obecnie około 400 km krytej kanalizacji deszczowej miasta Wrocławia.

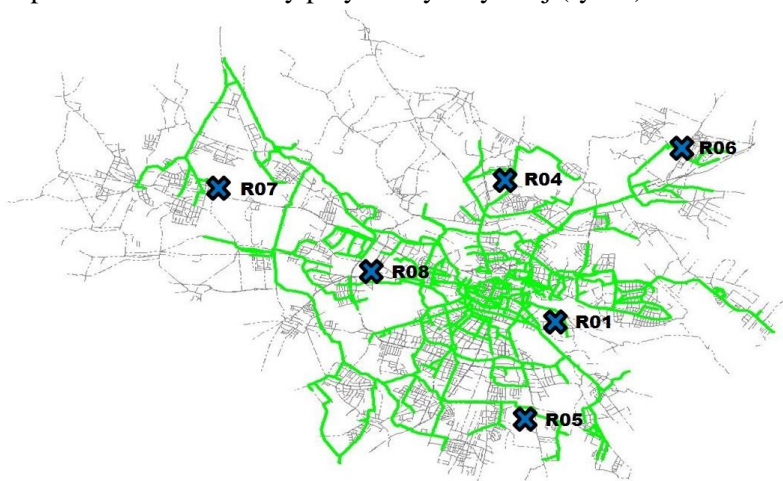


Rys. 1. Schemat systemu kanalizacyjnego Wrocławia [<http://www.mpwik.wroc.pl>]

Od 2012 roku MPWiK prowadzi monitoring strumieni ścieków za pomocą 8 przepływomierzy zamontowanych na głównych kolektorach: Odra, Bystrzyca, Śleza, Północny, Południowy oraz na dopływach do przepompowni ścieków Port Północ i Południe. Podobnie, od 2012 r. MPWiK we Wrocławiu prowadzi monitoring opadów we własnej sieci 6 automatycznych deszczomierzy wagowych (typu TRwS 203 i TRwS 200 firmy MPS). Działania te mają na celu zebranie niezbędnych informacji do stworzenia w przyszłości skutecznego systemu ochrony aglomeracji wrocławskiej przed lokalnymi wylewami z kanalizacji czy podtopieniami terenów, czy też szerzej tzw. powodzią miejską.

Deszczomierze zlokalizowane są w następujących obiektach MPWiK: R01 - Zakład Produkcji Wody przy ul. Na Grobli, R04 - Przepompownia ścieków „Poświętne” przy ul. Milickiej, R05 - Przepompownia ścieków przy ul. Terenowej (od 16.08.2012 przeniesiony z Hydroforni przy ul. Krynickiej), R06 - Przepompownia ścieków „Do-

bra” przy ul. Przedwiośnie, R07 - Przepompownia ścieków przy ul. Jagniątkowskiej, R08 - Pompownia strefowa wody przy ul. Bystrzyckiej (rys. 2).

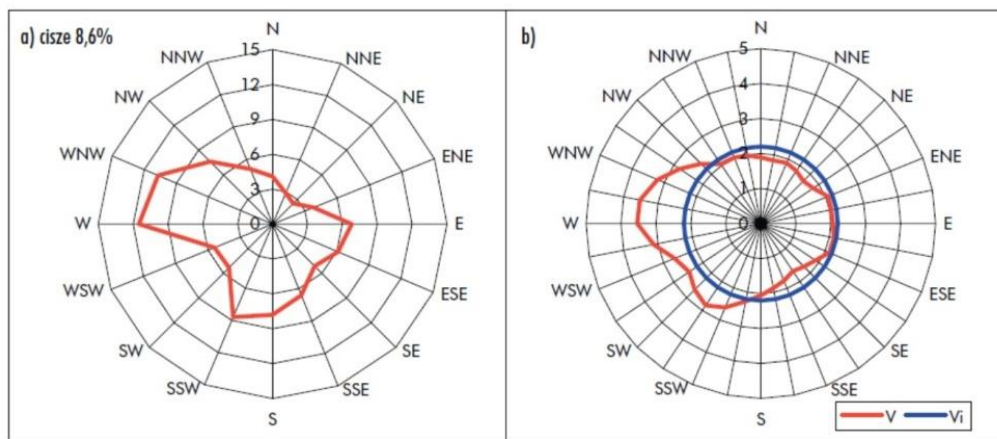


Rys. 2. Sieć monitoringu opadów MPWiK S.A. we Wrocławiu [3]

Na potrzeby modelowania systemów kanalizacyjnych, w tym zwłaszcza kalibracji modeli hydrodynamicznych, pomiary opadów powinny być prowadzone z zachowaniem odpowiedniej rozdzielczości czasowej oraz przestrzennej. Miarą rozdzielczości czasowej pomiarów deszczu jest krok czasowy, z którym rejestrowane są przyrosty wysokości opadu w czasie. Zwykle są to interwały od 1 do 5 minut [6, 8, 13]. Deszczomierze sieci MPWiK umożliwiają rejestrację zjawisk opadowych z krokiem czasowym 1 minuty, co spełnia wymagania kalibracyjne modelowania zlewni miejskich [5, 8, 10]. Miarą rozdzielczości przestrzennej pomiarów opadów jest natomiast liczba stacji pomiarowych na badanym obszarze. Gęstość sieci pomiarowej powinna być dostosowana do skali przestrzennej zmienności opadów, którą rozpatruje się zwykle w aspekcie statycznym lub dynamicznym. W pierwszym przypadku charakteryzuje ją zasięg opadu stacjonarnego, niezmienny w czasie, w drugim zaś zasięg opadu niestacjonarnego, który jest uwarunkowany kierunkiem i prędkością przemieszczania się opadu nad zlewnią. W przypadku Wrocławia, zbyt mała gęstość/liczba deszczomierzy sieci MPWiK może nie gwarantować wystarczającej dokładności kalibracji i walidacji modeli spływu (1 deszczomierz przypada na około 50 km² powierzchni zlewni).

W przypadku modelowania hydrodynamicznego systemów kanalizacyjnych ważną jest znajomość zmiennej w przestrzeni charakterystyki lokalnych opadów [11]. Zgodnie z wynikami rozważań teoretycznych, prowadzonych przy wykorzystaniu opadów syntetycznych, deszcz przemieszczający się w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu ścieków, wywołuje mniejszy szczytowy odpływ, niż w przypadku gdy deszcz przemieszcza się w kierunku zgodnym z kierunkiem przepływu ścieków

[16, 17]. W celu poznania lokalnego zjawiska przemieszczania się opadów nad obszarem danej zlewni należy uwzględnić dane dotyczące kierunków i prędkości przemieszczania się stref opadu. Według danych z Obserwatorium Uniwersytetu Wrocławskiego z lat 1981÷2000, we Wrocławiu przeważają wiatry z sektorów zachodniego i południowego (rys. 3) - odpowiednio 28% i 23% dni w roku [4]. Średnia roczna prędkość wiatru dla wielolecia wynosi około 3,5 m/s.



Rys. 3. Róża wiatrów we Wrocławiu: a) kierunek w %; b) średnia prędkość w m/s

W pracy [12] przeprowadzono przykładową analizę przestrzennej zmienności opadu deszczu zarejestrowanego w dniu 1.11.2012 r. w sieci 6 deszczomierzy MPWiK S.A. we Wrocławiu. Dla każdego deszczomierza wyznaczono środek ciężkości hietogramu opadu i ustalono czas przejścia. Następnie wyznaczono uśredniony kierunek przemieszczania się opadu oraz prędkość przemieszczania się frontu opadu. Tego typu badania, jak i inne, znajdują zastosowanie do kalibracji i walidacji modelu symulacyjnego działania kanalizacji w wybranej zlewni deszczowej Wrocławia.

3. KRYTERIA WYBORU ZLEWNI DESZCZOWEJ DO BADAŃ

Na podstawie umowy o współpracy, MPWiK S.A. we Wrocławiu zaproponowało do badań identyfikacyjnych parametrów hydrologicznych, w tym meteorologicznych, hydraulicznych i hydrogeologicznych, wybranej zlewni miejskiej Wrocławia na potrzeby modelowania hydrodynamicznego systemu odwodnienia, do wstępnego rozpoznania dwie zlewnie, obejmujące dzielnice: Gądów Mały (zlewnia A) oraz Tarnogaj wraz z Gajem (zlewnia B), co przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Lokalizacja proponowanych do badań zlewni kanalizacyjnych - dzielnic Wrocławia:
A – Gądów Mały; B – Gaj i Tarnogaj

Kierowano się przy tym, następującymi założeniami:

- zlewnia powinna być reprezentatywna dla Wrocławia – o typowym, a zarazem różnorodnym zagospodarowaniu przestrzennym,
- zlewnia powinna być położona możliwie jak najbliżej deszczomierzy sieci MPWiK,
- zlewnia powinna być położona możliwie blisko „środka ciężkości” systemu kanalizacyjnego Wrocławia,
- średnice kolektorów deszczowych czy ogólnospławnych większe od 1,0 m,
- ze względów metodycznych, pożądanym jest układ głównych kolektorów z zachodu na wschód (W – E z różnymi wiatrami dla Wrocławia), a także czas przepływu ścieków, co najmniej 30 minut (co praktycznie oznacza długość kolektora minimum 2 km),
- system kanalizacyjny zlewni powinien być możliwie łatwy do opomiarowania (m.in. mało wylotów).

Przyjęto ze względów naukowych i praktycznych, że powierzchnia rozpoznawanych zlewni powinna zawierać się w granicach 2÷4 km². Do opracowania schematów sieci kanalizacyjnych w wybranych zlewniach wzięto wstępnie pod uwagę kanały

o średnicach większych bądź równych 0,3 m. Inwentaryzację sieci kanalizacyjnych przeprowadzono na podstawie dostępnych w MPWiK map sytuacyjno-wysokościowych uzbrojenia podziemnego m. Wrocławia, w skali 1:500, 1:750 i 1:1000.

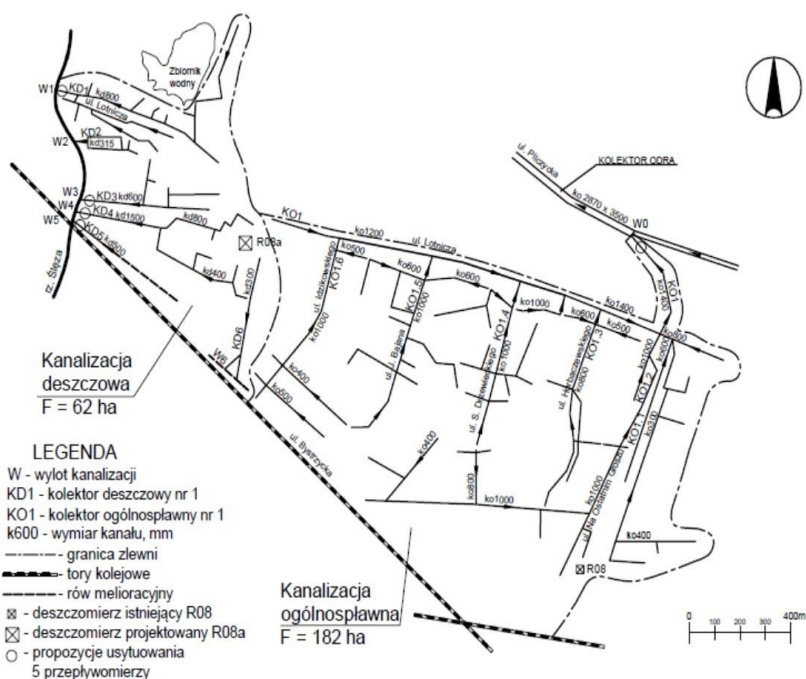
Poniżej przedstawiono opisy inwentaryzacyjne wstępnie wybranych zlewni, z przedstawieniem propozycji ich opomiarowania, odnośnie opadów i strumieni ścieków, wraz z wnioskiem co do ostatecznego wyboru zlewni do przeprowadzenia przedmiotowych badań terenowych.

4. ZLEWNIA I KANALIZACJA DZIELNICY GĄDÓW MAŁY

Zlewnia dzielnicy Gądów Mały („A” – wg rys. 4) usytuowana jest w centrum Wrocławia, na północny wschód od Starego Miasta. Obejmuje swym zasięgiem również niewielkie fragmenty sąsiadujących dzielnic: Popowic (rejon ulicy Na Ostatnim Groszu) i Pilczyc (rejon w okolicy zbiornika wodnego). Granice zlewni zarysowują ulice: Lotnicza na północy, ulica Na Ostatnim Groszu na wschodzie, ulica Bystrzycka (wzdłuż torowiska) na południu oraz rzeka Ślęza na zachodzie, co przedstawiono na rysunku 5.

Zlewnia deszczowa dzielnicy Gądów Mały obejmuje łącznie 244 ha powierzchni. Składa się z dwóch podzlewni: kanalizacji deszczowej - w zachodniej części, o powierzchni 62 ha, oraz kanalizacji ogólnospławnej – w centralnej i wschodniej części, o powierzchni 182 ha.

Podzlewnia kanalizacji deszczowej (KD), o trzykrotnie mniejszej powierzchni względem ogólnospławnej (KO), odprowadza wody opadowe do rzeki Ślęzy aż 6 wylotami (W1÷W6), przy czym z wylotu W6 – za pośrednictwem rowu melioracyjnego, usytuowanego wzdłuż torów kolejowych. Do wylotu W1 odprowadzane są ścieki deszczowe z kolektora KD1 (w ulicy Lotniczej), o rozpoznanych średnicach kanałów w zakresie od 0,3 do 0,8 m. Długość kolektora KD1 wynosi 1110 m, a powierzchnia jego zlewni to około 17 ha. Wylot W2 odprowadza wody opadowe z KD2 - kanału o długości 260 m i średnicy 0,3 m, z powierzchni około 3 ha. Wylot W3, z kolektora KD3 o średnicach do 0,6 m i długości 510 m, obejmuje powierzchnię zlewni około 10 ha. Wylot W4 - z kolektora KD4 o średnicach 0,3 do 1,5 m i długości około 820 m, ma zlewnię o powierzchni około 15 ha. Kolektor KD5 i wylot W5 (w sąsiedztwie torowiska) odprowadza wody opadowe z powierzchni około 10 ha, kanałem o średnicy 0,5 m i długości około 200 m (z rowu melioracyjnego). W południowo-wschodniej części podzlewni kanalizacji deszczowej znajduje się też kolektor KD6 o długości około 500 m, z wylotem W6 do rowu zlokalizowanego wzdłuż torowiska. Średnice kanałów KD6 sięgają 0,5 m, a powierzchnia zlewni wynosi około 7 ha.



Rys. 5. Schemat zlewni kanalizacyjnej dzielnicy Gądów Mały

Sumaryczna długość kolektorów deszczowych (KD1÷KD6) wynosi 8250 m.

Ścieki opadowe i bytowe, z podzlewni kanalizacji ogólnospławnej dzielnicy Gądów Mały, trafiają do kolektora KO1 (w ulicy Lotniczej) i odprowadzane są wylotem W0 do kolektora „Odra” (w rejonie ulicy Pilczyckiej). Całkowita długość kolektora ogólnospławnego KO1 wynosi około 2010 m, a zinwentaryzowane średnice wynoszą od 0,3 do 1,4 m. Do kolektora KO1 trafiają ścieki bezpośrednio z powierzchni około 14 ha i pośrednio z 6 kolektorów bocznych: KO1.1÷1.6 (tab. 1).

Sumaryczna długość kolektorów ogólnospławnych KO1 wynosi 8250 m.

Zagospodarowanie urbanistyczne terenu dzielnicy Gądów Mały jest różnorodne, typowo miejskie. Wzdłuż ulicy Lotniczej, w rejonach ulic Idzikowskiego, Bajana, Drzewieckiego i Horbaczewskiego, występuje głównie luźna zabudowa wielorodzinna, zlokalizowane są sklepy wielko powierzchniowe, szkoły, zieleńce, boiska sportowe, nieużytki (wzdłuż torów kolejowych), itp. W rejonie ulicy Na Ostatnim Groszu, z trasą obwodnicy śródmiejskiej, przeważa również luźna zabudowa, głównie bloki wielorodzinne, szkoły i boiska sportowe, sklepy, obiekty usługowe, parkingi, place składowe, tereny ogródków działkowych, itp.

Tabela 1. Parametry inwentaryzacyjne kolektorów bocznych KO1

Nazwa kolektora	Ulica/rejon	Długość kolektora, m	Średnice kanałów, m	Powierzchni zlewni, ha
KO1.1	Na Ostatnim Groszu - od wschodu	1250	0,3÷0,8	21
KO1.2	Na Ostatnim Groszu - od zachodu	1840	0,3÷1,0	39
KO1.3	Eugeniusza Horbaczewskiego	830	0,3÷0,8	20
KO1.4	Stefana Drzewieckiego	620	0,3÷1,0	24
KO1.5	Jerzego Bajana	790	0,3÷1,0	31
KO1.6	Idzikowskiego	910	0,3÷1,0	33

Sumaryczna długość kolektorów ogólnospławnych KO1 wynosi 8250 m.

Zagospodarowanie urbanistyczne terenu dzielnicy Gądów Mały jest różnorodne, typowo miejskie. Wzdłuż ulicy Lotniczej, w rejonach ulic Idzikowskiego, Bajana, Drzewieckiego i Horbaczewskiego, występuje głównie luźna zabudowa wielorodzinna, zlokalizowane są sklepy wielko powierzchniowe, szkoły, zieleńce, boiska sportowe, nieużytki (wzdłuż torów kolejowych), itp. W rejonie ulicy Na Ostatnim Groszu, z trasą obwodnicy śródmiejskiej, przeważa również luźna zabudowa, głównie bloki wielorodzinne, szkoły i boiska sportowe, sklepy, obiekty usługowe, parkingi, place składowe, tereny ogródków działkowych, itp.

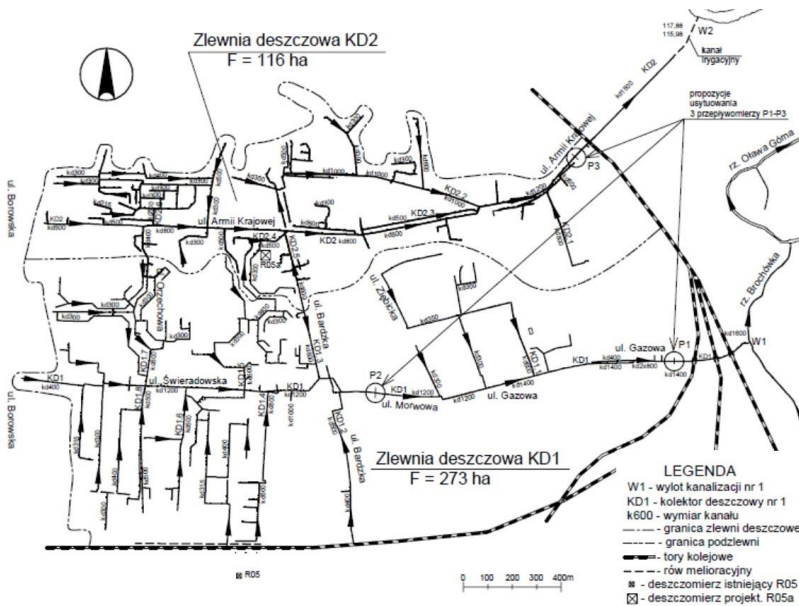
Koncepcję opomiarowania strumieni ścieków i opadów w zlewni dzielnicy Gądów Mały przedstawiono na rysunku 5. Liczba wylotów kolektorów (7) wymusza zainstalowanie co najmniej 5 przepływomierzy – na wylotach większych kolektorów deszczowych: KD1, KD3, KD4 i KD5 oraz co najmniej 1 przepływomierz - na wylocie kolektora ogólnospławnego KO1. Niezbędny jest też montaż dodatkowego deszczomierza (R08a) w rejonie ul. Lotniczej (na pograniczu dwóch podzlewni).

5. ZLEWNIA I KANALIZACJA DZIELNIC GAJ I TARNOGAJ

Zlewnia deszczowa dzielnic Gaj i Tarnogaj („B” – wg rys. 4) znajduje się w południowo-wschodniej części Wrocławia. Jej obszar tworzą dwie podzlewnie kanalizacji deszczowej:

- kolektora KD1 (w części południowej) o powierzchni około 273 ha, oraz
- kolektora KD2 (w części północnej) o powierzchni około 116 ha.

Łączna powierzchnia badanej zlewni wynosi 389 ha (rys. 6).



Rys. 6. Schemat zlewni kanalizacyjnej dzielnic Gaj i Tarnogaj

Kolektor KD1 z wylotem W1 do rzeki Brochówki (w 472 hektometrze), o całkowitej długości 3030 m, przebiega wzdłuż ulic Gazowej, Morwowej i Świeradowskiej do Borowskiej. Granice zlewni kolektora KD1 od wschodu i południa tworzą tory kolejowe, od zachodu ulica Borowska, natomiast od północy graniczy ona ze zlewnią kolektora KD2 – w ulicy Armii Krajowej. Zinwentaryzowane średnice kolektora deszczowego KD1 wynoszą od 0,3 do 1,4 m. Do kolektora KD1 trafiają wody opadowe i roztopowe bezpośrednio ze zlewni o powierzchni około 113 ha i pośrednio z 8 kolektorów bocznych: KD1.1÷1.8 (tab. 2).

Sumaryczna długość kolektorów deszczowych (KD1 i KD1.1÷KD1.8) wynosi 8945 m.

Druga podzlewnia należy do kolektora deszczowego KD2, biegnącego wzdłuż ulicy Armii Krajowej, z wylotem W2 do rzeki Oława, o całkowitej długości 3110 m i średnicach od 0,3 do 1,5 m. Do kolektora KD2 trafiają wody opadowe i roztopowe bezpośrednio ze zlewni o powierzchni około 37 ha i pośrednio z 6 kolektorów bocznych: KD2.1÷2.6 (tab. 3).

Sumaryczna długość kolektorów deszczowych (KD2 i KD2.1÷KD2.6) wynosi 6795 m.

Zagospodarowanie urbanistyczne terenu dzielnic Gaj i Tarnogaj jest typowo miejskie i różnorodne. Wzdłuż ulicy Armii Krajowej, z trasą obwodnicy śródmiejskiej, występuje głównie luźna zabudowa wielorodzinna, zlokalizowane są sklepy wielko powierzchniowe, szkoły, boiska sportowe, zieleńce, place manewrowe i składowe

(opału), itp. W rejonie ulic Świeradowskiej, Orzechowej i Bardzkiej, koncentruje się również luźna zabudowa, głównie bloki wielorodzinne, szkoły i boiska sportowe, sklepy, zakłady usługowe, parkingi, place składowe, zieleńce, tereny ogródków działkowych, itp. W rejonie ulic Morwowej i Gazowej znajduje się luźna zabudowa wielorodzinna i jednorodzinna, szkoły, boiska sportowe, tereny ogródków działkowych, nieużytki (wzdłuż torów kolejowych), itp.

Tabela 2. Parametry inwentaryzacyjne kolektorów bocznych KD1

Nazwa kolektora	Długość kolektora, m	Średnice kanałów, m	Powierzchnia zlewni, ha
KD1.1	1270	0,3÷0,6	25
KD1.2	700	0,3÷0,5	20
KD1.3	295	0,3÷0,8	6
KD1.4	740	0,3÷0,8	14
KD1.5	810	0,3÷0,5	20
KD1.6	860	0,3÷0,6	25
KD1.7	650	0,3÷0,6	33
KD1.8	590	0,3÷0,5	17

Tabela 3. Parametry inwentaryzacyjne kolektorów bocznych KD2

Nazwa kolektora	Długość kolektora, m	Średnice kanałów, m	Powierzchnia zlewni, ha
KD2.1	430	0,3÷0,8	16
KD2.2	1130	0,3÷1,0	36
KD2.3	525	0,3÷0,5	4
KD2.4	615	0,3÷0,5	5
KD2.5	335	0,3÷0,6	5
KD2.6	650	0,3÷0,5	13

Koncepcję opomiarowania strumieni ścieków i opadów w zlewni dzielnic Gaj i Tarnogaj przedstawiono na rysunku 6. Mianowicie, niezbędne jest zainstalowanie co najmniej 3 przepływomierzy: 2 na wylotach kolektorów deszczowych KD1 i KD2 oraz co najmniej 1 przepływomierz w połowie trasy KD1, ze względu na znaczne zróżnicowanie zlewni tego kolektora. Niezbędny jest też montaż dodatkowego deszczomierza (R05a) w rejonie ulic Armii Krajowej/Bardziej (na terenie hydroforni MPWiK).

6. WNIOSKI

Porównanie parametrów ilościowych i jakościowych proponowanych do badań terenowych zlewni deszczowych, dzielnic Gądów Mały oraz Gaj i Tarnogaj, przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie parametrów inwentaryzowanych analizowanych zlewni deszczowych

Lp.	Oceniane parametry zlewni	Zlewnia dzielnicy Gądów Mały		Zlewnia dzielnic Gaj i Tarnogaj
1	Powierzchnia zlewni (F)	0,62(KD)+1,82(KO)=2,44 km ²		3,89 km ² (KD)
2	Zagospodarowanie urbanistyczne terenu	typowo miejskie, różnorodne		typowe, różnorodne
3	Rodzaj kanalizacji	deszczowa	ogólnospławna	deszczowa
4	Lokalizacja głównych kolektorów	E – W	W – E	W – E
5	Maksymalna długość głównych kolektorów	820 m	2010 m	3030 m i 3110 m
6	Średnice głównych kolektorów	0,3÷1,5 m	0,4÷1,4 m	0,4÷1,4 m i 0,5÷1,5 m
7	Czas przepływu ścieków dla $v = 1$ m/s	14 min	33 min	50 min i 52 min
8	Łączna długość kolektorów ($\sum L$)	3400 m	8250 m	15740 m
9	Wskaźnik jednostkowy: $\sum L/F$	54,8 m/ha	45,3 m/ha	40,5 m/ha
10	Liczba wylotów kolektorów	7		2
11	Niezbędna liczba przepływomierzy	5		3
12	Niezbędna liczba deszczomierzy	2		2

Na podstawie zebranych danych inwentaryzacyjnych (ilościowych i jakościowych - tab. 4), proponowanych do badań terenowych dwóch zlewni deszczowych, zdecydowano o wyborze zlewni dzielnic Gaj i Tarnogaj. Za wyborem tej zlewni przemawiają:

- większa powierzchnia zlewni (3,9 km²),
- dłuższe kolektory (około 3 km), w tym na preferowanym kierunku W–E,
- dłuższe czasy przepływu ścieków w kolektorach (rzędu 50 minut),
- mniejsza liczba wylotów (2) kolektorów do opomiarowania strumienia przepływu,
- mniejsze koszty instalacji przepływomierzy (3 szt.).

Koncepcję lokalizacji 3 przepływomierzy oraz dodatkowego deszczomierza w zlewni dzielnic Gaj i Tarnogaj przedstawiono na rysunku 6.

LITERATURA

- [1] ATV-A118, *Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen*. Gfa, Hennef 1999; DWA, Hennef 2006.
- [2] CAMBEZ M. J., PINHO J., DAVID L. M., *Using SWMM 5 in the continuous modelling of Storm-water hydraulics and quality*, Proc. 11th International Conference on Urban Drainage. Scotland, Edinburgh 2008.
- [3] Dokumentacja Centrum Nowych Technologii i Rozwoju MPWiK S.A. dotycząca sieci deszczomierzy we Wrocławiu, Wrocław 2012.
- [4] DUBICKI A., DUBICKA M., SZYMANOWSKI M., *Klimat Wrocławia*, Informator 2002, <http://www.eko.org.pl/wroclaw/pdf/klimat.pdf>.
- [5] JAMES W., *Rules for responsible modeling*. CHI Publications, Guelph, Ontario 2003.

- [6] KAŻMIERCZAK B., KOTOWSKI A., *Weryfikacja przepustowości kanalizacji deszczowej w modelowaniu hydrodynamicznym*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012.
- [7] KAŻMIERCZAK B., KOTOWSKI A., NOWAKOWSKA M., *Kanalizacja ogólnospławna w modelowaniu SWMM*, Inżynieria Morska i Geotechnika 2012, vol. 33, nr 4, s. 533-541.
- [8] KOTOWSKI A., *Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów*, Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa 2011.
- [9] KOTOWSKI A., KAŻMIERCZAK B., DANCEWICZ A., *Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji*, Wyd. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Studia z Zakresu Inżynierii nr 68, Warszawa 2010.
- [10] LICZNAR P., ŁOMOTOWSKI J., ROJEK M., *Pomiary i przetwarzanie danych opadowych dla potrzeb projektowania i eksploatacji systemów odwodnieniowych*. Wyd. FUTURA, Poznań 2005.
- [11] MAHEEPALA U. K., TAKYI A. K., PEREBRA B. J. C., *Hydrological data monitoring for urban storm water drainage systems*, Journal of Hydrology 2001, vol. 245, pp. 32-47.
- [12] NOWAKOWSKA M., KAŻMIERCZAK B., KOTOWSKI A., *Metodyka analizy przestrzennej zmienności opadów na przykładzie Wrocławia*. Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska (Red. T. M. Traczewska). Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.
- [13] NOWAKOWSKA M., KOTOWSKI A., KAŻMIERCZAK B., *Problemy badawcze w modelowaniu hydrodynamicznym odwodnień terenów*, Forum Eksploatatora 2012, nr 4, s. 72-79.
- [14] PN-EN 752, *Drain and sewer systems outside buildings (Zewnętrzne systemy kanalizacyjne)*. PKN, Warszawa 2008.
- [15] 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 (Dz. U. Nr 137 z dnia 31 lipca 2006 r., poz. 984).
- [16] SINGH V. P., *Effect of spatial and temporal variability in rainfall and watershed characteristics on stream flow hydrograph*, Hydrological Processes 1997, vol. 11, pp. 1649-1669.
- [17] SINGH V. P., *Effect of the duration and direction of storm movement on planar flow with full and partial areal coverage*, Hydrological Processes 2002, vol. 16, pp. 3437-3466.

SELECTION OF PILOT RAINWATER CATCHMENT FOR SIMULATION RESEARCH OF WROCLAW DRAINING SYSTEM OPERATION

The paper presents rain water sewer system in Wrocław with monitoring of rainfall and streams. For the purposes of hydrodynamic modeling of rain water sewer system, for the initial diagnosis of hydrological and hydraulic parameters, were selected two catchments covering the districts: Gądów Mały and Tarnogaj with Gaj. An inventory and description of both catchments were made. On the basis of the adopted criteria, for pilot testing were selected rainwater catchments Gaj and Tarnogaj. For the choice of the catchment areas argued: larger catchment area (approximately 3,9 km²), longer collectors (about 3 km), including the preferred direction W-E, longer times of sewage flow in the collector (about 50 minutes) and a smaller number of the collectors outlets (2) for the metering of rain streams, so the lower cost of installing flowmeters (3 pcs.).