

PROJEKT KONCEPCYJNY SYSTEMU ZAGOSPODAROWANIA WÓD OPADOWYCH DLA OSIEDLA JEDNORODZINNEGO W BIELSKU-BIAŁEJ

Ewa Suchanek-Gabzdyl¹

¹ Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała

e-mail: esuchanek@ath.bielsko.pl

STRESZCZENIE

Jednym z podstawowych narzędzi służących ochronie ilości wód odprowadzanych z terenu zlewni jest uwzględnienie potrzeb wykonywania rozwiązań technicznych pozwalających zwiększyć retencję wód opadowych w miastach. Celem pracy było zaprojektowanie systemów do odwodnienia poprzez budowę systemu tzw. „zielono-niebieskich” rozwiązań. Część badawcza pracy zawiera projekt koncepcji odwodnienia obszaru osiedla jednorodzinne, znajdującego się w Bielsku-Białej, poprzez zastosowanie dwóch rozwiązań: zbiorników do gospodarczego wykorzystania wód oraz systemów retencyjno-infiltracyjnych (ogród deszczowy, mulda chłonna). Oba systemy zostały ze sobą połączone i stworzyły rozbudowany układ. Dla potrzeb badań zostały obliczone ilości wód opadowych (wg modelu Błaszczyka oraz na podstawie lokalnych danych o opadach), określono warunki gruntowo-wodne, zaprojektowano zbiorniki do gospodarczego wykorzystania wód opadowych (według niemieckich wytycznych – DIN 1989-1:2002-04) oraz wymiarowano urządzenia retencyjno-infiltracyjne według niemieckiej normy (DWA-A 138). Dokonano również analizy działania zbiorników (o objętościach 3, 4 i 5 m³) przy obciążeniu deszczem rzeczywistym (lokalne dane) oraz opadem modelowym Błaszczyka.

Słowa kluczowe: wody opadowe, systemy retencyjno-infiltracyjne, zbiorniki na wodę opadową, mulda chłonna, ogród deszczowy, błękitno-zielona infrastruktura

CONCEPTUAL DESIGN OF RAINWATER MANAGEMENT SYSTEM FOR A SINGLE-FAMILY HOUSING ESTATE IN BIELSKO-BIAŁA

ABSTRACT

One of the basic tools for the protection of resources flowing from the catchment area is mindful, needed to use technical functions enabling retention playback. The aim of the work was to design drainage systems by building a system called “Green-blue” solutions. The research part of the work contains a draft concept for drainage of a single-family housing area located in Bielsko-Biała, by using two solutions: reservoirs for the economic use of water and retention and infiltration systems (rain garden, absorbent hummock). Both systems were connected with each other and created an extensive system. For the purposes of the study, the amounts of rainwater were calculated (according to the Błaszczyk model and based on local rainfall data), soil and water conditions were determined, tanks for the economic use of rainwater were designed (according to German guidelines – DIN 1989-1: 2002-04) and dimensioned retention and infiltration devices according to German standard (DWA-A 138). The analysis of reservoir operation (with volumes 3, 4 and 5 m³) under real rain load (local data) and Błaszczyk model rainfall were also performed.

Keywords: rainwater, retention and infiltration systems, rainwater tanks, absorbent body, rain garden, blue-green infrastructure

WSTĘP

Zagadnienie wody deszczowej na terenach mniej lub bardziej zurbanizowanych jest złożone i należy je rozpatrywać w szerokim kontekście. Jeśli woda opadowa ma możliwość wsiąkania bezpośrednio w ziemię, stanowi istotny element ochrony przeciwpowodziowej i pełni kluczową rolę w zapobieganiu suszy. W przeciwnym wypadku (szybki spływ powierzchniowy) może wpływać na nasilenie się powyższych procesów. Woda deszczowa to również istotny elementem w procesie regulacji mikroklimatu miasta, oczyszcza powietrze i powierzchnię z zanieczyszczeń oraz wpływa na obniżenie temperatury, zmniejszając skutki zjawiska miejskiej wyspy ciepła. Podejście zrównoważone i zintegrowane zarządzania wodą, musi kłaść nacisk na kwestie wody w aspekcie całej zlewni, procesów antropogenicznych i naturalnych. Uwzględnia się w nim system cieków i zbiorników wodnych, opady i ich intensywność, budowę geologiczną a także sposób gospodarowania w zlewni. Oznacza to, że kwestie wody opadowej i jej spływu powinny koncentrować się na wykorzystywaniu naturalnych procesów takich jak: infiltracja, retencja czy ewaporacja [Rosiek, 2016].

Wprowadzenie wody do krajobrazu miejskiego jest w dalszym ciągu tematem świeżym. Coraz częściej propaguje się tworzenie „zielonej” lub też „zielono-niebieskiej” infrastruktury w celu retencji wód opadowych w miastach. Pod tym hasłem ukryte są odpowiednio zaprojektowane: parki wodne, rowy przydrożne, a także wiele rozwiązań do stosowania na miejskich osiedlach i przy budynkach jednorodzinnych.

METODYKA BADAŃ

Metodyka badań obejmuje projekt koncepcji odwodnienia obszaru osiedla jednorodzinnego poprzez zastosowanie dwóch rozwiązań: zbiorników do gospodarczego wykorzystania wód oraz systemów retencyjno-infiltracyjnych (ogród deszczowy, mulda chłonna), które zostały ze sobą połączone i stworzyły rozbudowany układ, tzw. „zielono-niebieską” infrastrukturę. Zbiorniki do gospodarczego wykorzystania wód opadowych zaprojektowano według niemieckich wytycznych – DIN 1989-1:2002-04, a urządzenia retencyjno-infiltracyjne zwymiarowano według niemieckiej normy DWA-A 138. Idea zaproponowanej koncepcji zagospo-

darowania wód opadowych opiera się na prostym, szybkim i tanim sposobie wykonania, przy jednoczesnym maksymalnym wykorzystaniu opadu.

KONCEPCJA ODWODNIENIA

Badany obszar położony jest w aglomeracji miasta Bielska-Białej, w zlewni jednego z dopływów rzeki Białej. Jest to zamknięty kameralnie kompleks wolnostojących budynków jednorodzinnych z garażami. Na zajmowanej powierzchni znajduje się 8 ogrodzonych budynków. W dalszej części posłużono się określeniem „zlewnia” – oznaczającym jeden budynek wraz z ogrodem. W każdej ze zlewni wyodrębniono 3 elementy: ogród (powierzchnie od 555 m² do 847 m²), dach (powierzchnia 80 m²), podjazd pod garaż. Są to takie powierzchnie, z których jest możliwość zebrania i zagospodarowania wód opadowych. W badaniach była uwzględniona powierzchnia dachu oraz ogrodu. Podjazd pod garaż jest podłączony do infrastruktury kanalizacyjnej, a więc woda z tego terenu jest odprowadzana do kanalizacji deszczowej znajdującej się w drodze wewnętrznej osiedla – zgodnie z projektem domu. Nie uwzględniono w obliczeniach tego terenu.

Warunki gruntowo-wodne

Do niezbędnych prac poprzedzających projekt należy zaliczyć przeprowadzenie badań hydrogeologicznych mających na celu określenie warunków gruntowo-wodnych na terenie. Jako reprezentatywne warunki gruntowo-wodne przyjęto wyniki badań odwiertu znajdującego się najbliżej osiedla. Na podstawie wykonanych wierceń stwierdzono, że od powierzchni terenu pod warstwą gleby występują piaski drobne i średnie. W trakcie wykonywania badań w otworach badawczych nawiercono zwierciadło wód gruntowych na głębokości powyżej 2,5 metra.

Wody opadowe

Systemy do zagospodarowania wód opadowych muszą być w stanie odprowadzić/zgromadzić spływające w normalnych warunkach wody opadowe bez wystąpienia szkód w obrębie przyległego terenu. Warunkiem prawidłowego zwymiarowania tego typu systemów jest znajomość wielkości spływu opadów z odwadnianej powierzchni. Ilość wód opadowych do odprowa-

dzenia jest różna i zależy od wielkości, rodzaju i udziału powierzchni szczelnych. Również rodzaj gruntu, rodzaj roślinności oraz ukształtowanie powierzchni odgrywają znaczącą rolę. Poza tym wpływ na przebieg spływu wód opadowych ma również czas trwania oraz intensywność deszczu.

Nie stwierdzono występowania lokalnych modeli opadowych opracowanych dla Bielska-Białej. Zatem w badaniach posłużono się modelem według wzoru Błaszczyka. Do badań wykorzystano także lokalne dane o opadach. Ilość wód została obliczona w oparciu o wzór Błaszczyka. Przyjęto do obliczeń deszcz o czasie trwania:

- dla dachu: $t = 5, 15, 30, 45$ i 60 min;
- dla ogrodu: $t = 10, 15, 30, 45$ i 60 min.

Najkrótszy czas trwania deszczu powinien być dobierany w zależności od nachylenia terenu i stopnia jego uszczelnienia. Czasy trwania deszczu miarodajnego są zalecane przez Niemieckie Stowarzyszenie Gospodarki Wodnej i Melioracji [Wałęga i in., 2013]. Przyjęto do obliczeń prawdopodobieństwo wystąpienia deszczu $p = 20\%$ (częstość występowania deszczu $C = 5$ lat). Opad średni roczny dla tego terenu wynosi 950 mm.

Systemy do zagospodarowania wód opadowych

W projekcie koncepcyjnym, dla każdej z ośmiu zlewni, zaprojektowano dwa systemy do zagospodarowania wód opadowych:

- 1) zbiorniki do gospodarczego wykorzystania wód;
- 2) systemy retencyjno-infiltracyjny (ogród deszczowy, mulda chłonna).

Wybór wyżej wymienionych systemów podyktowany był założeniem, że właściciel domu może zagospodarować możliwie jak największą ilość wód opadowych w jak najmniej inwazyjny sposób (bez kopania w ogrodzie sieci drenarskiej lub studni chłonnych) oraz zgodnie z tym, że w pierwszej kolejności należy rozpatrywać możliwość zastosowania systemów powierzchniowych, gdyż są łatwiejsze w eksploatacji.

Zbiorniki do gospodarczego wykorzystania wód opadowych

Do badań przyjęto model instalacji gospodarczego wykorzystania wód opadowych (rys. 1) obejmujący następujące elementy: zbieranie (powierzchnia dachu), gromadzenie (zbiornik do go-

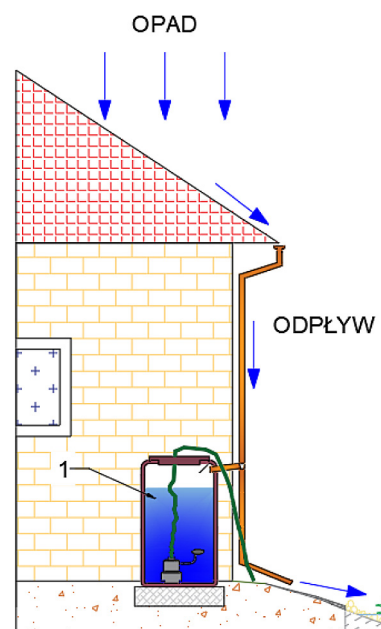
spodarczego wykorzystania wód opadowych), a następnie gospodarcze wykorzystanie wody opadowej – jedynie do nawadniania ogrodu.

Przy formułowaniu modelu działania analizowanej instalacji przyjęto następujący algorytm:

- a) całość spływającej wody deszczowej z dachu podlega gromadzeniu w naziemnym zbiorniku. Zbieracz wody przechwytuje deszczówkę z rury spustowej do momentu, gdy woda w zbiorniku osiągnie poziom na jakim zainstalowany jest zbieracz. Nadmiar wody płynie dalej rurą spustową,
- b) w przypadku przeciążenia tego systemu, woda spłynie rurą spustową i zostanie odprowadzona do ogrodu deszczowego, gdzie podlega infiltracji do gruntu.

W związku z tym, że nie ma polskich wytycznych w zakresie projektowania tego typu urządzeń do gospodarowania wodą opadową, do obliczeń wykorzystano niemieckie wytyczne z normy DIN 1989-1:2002-04.

Analizując otrzymane wyniki dotyczące objętości zbiorników stwierdzono, że w pięciu na osiem zlewni projektowana objętość zbiornika powinna wynosić 4 m³, dla jednej zlewni należy wykonać zbiornik o objętości 3 m³, a dwie zlewnie (o największej powierzchni) powinny zostać wyposażone w zbiornik o objętości 5 m³.



Rys. 1. Schemat elementów wchodzących w skład modelu instalacji zbiornika na wodę deszczową (1 – zbiornik na wodę)

Fig. 1. Diagram of elements included in the model rainwater tank installation (1 – water tank)

OCENA DZIAŁANIA ZBIORNIKA

Dokonano oceny działania zbiorników (o objętościach 3, 4 i 5 m³) przy obciążeniu deszczem rzeczywistym (lokalne dane) oraz opadem modelowym Błaszczyka. Deszcze modelowe są zalecanym typem obciążenia opadem atmosferycznym do prowadzenia obliczeń sprawdzających projektowane systemy. Ponadto deszcz modelowy jest uznawany za możliwe obciążenie opadem atmosferycznym do obliczania nowo projektowanych systemów kanalizacyjnych oraz wariantów ich renowacji.

Na początku obliczeń konieczne było ustalenie warunków początkowych, to znaczy napełnienia zbiornika w momencie rozpoczęcia opadu. W ujęciu bezwzględny zbiorniki o większej objętości będą charakteryzowały się większą zdolnością retencyjną, niemniej na etapie założeń projektowych, czy też w modelach numerycznych, zasadne jest założenie, że nie więcej niż 50% całkowitej objętości zbiornika będzie dyspozycyjne w czasie intensywnych opadów [Suchanek-Gabzdyl 2017]. W związku z tym założono, że każdy rodzaj zbiornika na chwilę przed opadem jest w połowie pusty.

Do obliczeń przy obciążeniu deszczem modelowym przyjęto opady o czasach trwania 5, 15, 30, 45 oraz 60 min. Aby określić, który deszcz spowodował przełanie wody w którymkolwiek zbiorniku, należało prowadzić obliczenia dla kolejnych długości czasu trwania opadu.

Na podstawie otrzymanych danych stwierdzono, że tylko zbiornik o objętości $V_z = 3 \text{ m}^3$ został przełany przy deszczu $t \geq 45 \text{ min}$. Kolej-

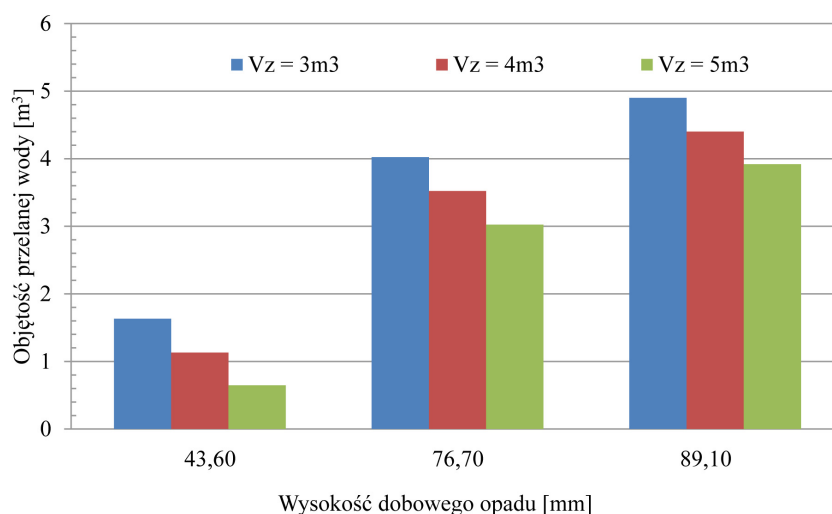
ne dwa zbiorniki, pomimo tego, że były w połowie pełne, zatrzymały opad. Zatem wysokość opadów o czasie trwania z zakresu 5–60 min według modelu Błaszczyka (dla $C = 5 \text{ lat}$) jest niższa od zdolności akumulacyjnej rozważanych zbiorników $V_z = 4 \text{ m}^3$ oraz $V_z = 5 \text{ m}^3$. Wyniki uzyskane dla opadów modelowych wskazują na pozytywne oddziaływanie zbiorników w celu zatrzymania wód opadowych w miejscu ich powstania.

Do obliczeń przy obciążeniu deszczem rzeczywistym wybrano kilka zdarzeń spośród uzyskanych lokalnych danych o opadach. Wartość sumy dobowej w tych zdarzeniach była większa niż 40 mm. Wybrano następujące zdarzenia opadowe:

- 43,6 mm – wg klasyfikacji opadów deszczu w skali Chomicza jest to silny deszcz;
- 76,7 mm – wg klasyfikacji opadów deszczu w skali Chomicza jest to ulewa;
- 89,1 mm – wg klasyfikacji opadów deszczu w skali Chomicza jest to silna ulewa.

Wykres na rysunku 2 obrazuje, że jeżeli przed intensywnym opadem zbiornik jest w połowie pełny to nie jest on w stanie zretencjonować całego spływu z dachu. Oczywistym jest, że im większy zbiornik tym mniejsza objętość opadu się przelewa.

Gdyby zasymulować, że tuż przed każdym opadem dyspozycyjność wszystkich zbiorników jest 100%, wtedy dla opadu o wysokości 43,6 mm tylko zbiornik o $V_z = 3 \text{ m}^3$ przełany się o 0,13 m³. W przypadku ulewy zbiornik o $V_z = 3 \text{ m}^3$ przełany się o ~80% swojej objęto-



Rys. 2. Objętość przelanej wody w trzech zbiornikach dla kilku wariantów opadu
Fig. 2. Volume of poured water in three tanks for several rainfall variants

ści, zbiornik o $V_z = 4 \text{ m}^3$ o $\sim 40\%$, a zbiornik o $V_z = 5 \text{ m}^3$ tylko o 10% swojej objętości. Silna ulewa spowodowałaby przełanie zbiornika o $V_z = 3 \text{ m}^3$ o $\sim 110\%$, zbiornika o $V_z = 4 \text{ m}^3$ o 60% , a największego zbiornika o $\sim 30\%$ swojej objętości. Efektywność działania zbiorników jest stosunkowo duża. Zbiornik o $V_z = 5 \text{ m}^3$ potrafi prawie w całości zretencjonować objętość wody w przypadku ulewy. Zbiornik o $V_z = 4 \text{ m}^3$ retencjonuje silny deszcz.

Analizując powyższe wyniki, należy mieć na uwadze, że to powierzchnia ogrodu, który jest do nawodnienia, a także rodzaj gruntu, bezpośrednio wpływają na objętość zbiornika. Co w kolejnym etapie oznacza, że wielkość opadu wraz z powierzchnią dachu determinują objętość wody, która nie została zretencjonowana.

Zatem w celu poprawnego zwymiarowania zbiornika należy mieć dobrze rozpoznane następujące elementy: powierzchnię ogrodu, rodzaj gruntu, powierzchnię dachu oraz dane o opadach.

SYSTEMY RETENCYJNO-INFILTRACYJNE

W projekcie koncepcyjnym zaprojektowano następujące systemy retencyjno-infiltracyjne:

- ogród deszczowy;
- mulda chłonna.

Zarówno ogród deszczowy jak i mulda chłonna to zagłębienia terenu porośnięte roślinnością. Prawidłowe funkcjonowanie opisanych wyżej systemów wymaga odpowiedniego doboru roślin. Sadzone są w nich szczególne rośliny hydrofitowe (znoszące okresy suszy i zalewania).

Wymiarowanie urządzeń retencyjno-infiltracyjnych przedstawione jest w wytycznej niemieckiej DWA-A 138. Zgodnie z nią podstawą do wymiarowania tego typu urządzeń jest wytyczna – DWA-A 117. Parametrem projektowym systemów retencyjno-infiltracyjnych jest pojemność retencyjna V_R , którą określono na podstawie zależności:

$$V_R = \left[(F_{red} + F_f) \cdot 10^{-7} \cdot q_{T,c} - \frac{k_f}{2} \cdot F_f \right] \cdot t \cdot 60 \cdot f_z$$

gdzie: V_R – pojemność retencyjna urządzenia chłonnego [m^3];

F_{red} – powierzchnia zredukowana zlewni [m^2];

F_f – powierzchnia czynna urządzenia chłonnego [m^2];

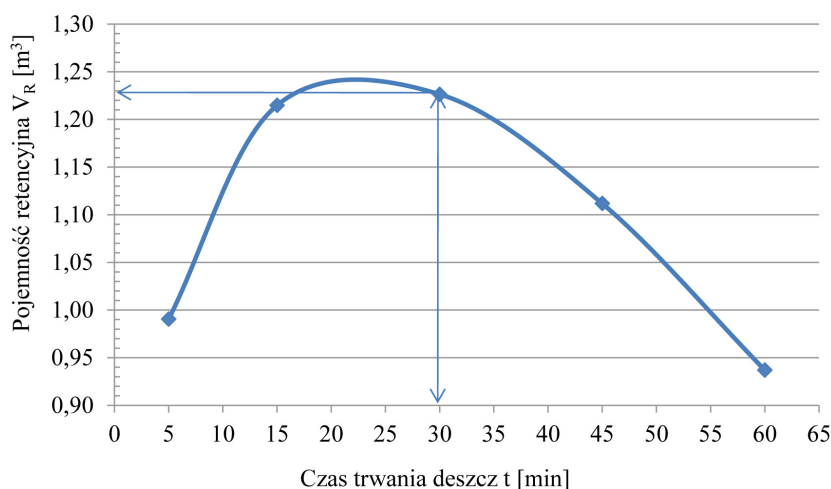
$q_{T,c}$ – natężenie deszczu miarodajnego [$\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$];

k_f – współczynnik filtracji gruntu nasyconego [m/s];

t – czas trwania deszczu miarodajnego [min];

f_z – współczynnik zabezpieczający w zakresie 1,1–1,2 [–].

Do obliczeń przyjęto deszcz krytyczny o czasie trwania t , który powoduje największe napełnienie niecki. Wielkość tę uzyskuje się prowadząc obliczenia dla kolejnych długości czasu trwania opadu t . Krzywa zależności (rys. 3) objętości wód opadowych magazynowanych w niecce w funkcji czasu trwania opadu ma kształt wypukły względem osi czasu i posiada lokalne maksimum odpowiadające czasowi trwania deszczu krytycznego oraz wymaganej pojemności systemu retencyjno-infiltracyjnego [Słyś 2013].



Rys. 3. Przykład wyznaczenia wymaganej pojemności retencyjnej systemów retencyjno-infiltracyjnych
Fig. 3. Example of determining the required retention capacity retention and infiltration systems

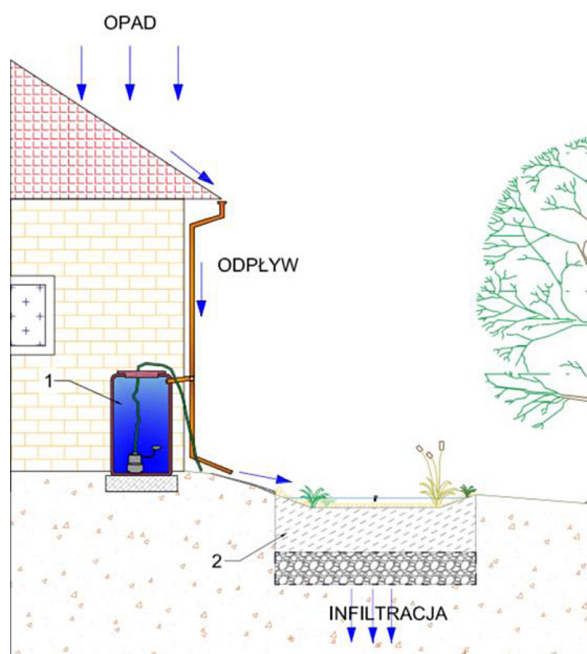
Na podstawie obliczeń stwierdzono, że w przypadku wystąpienia przelania wody przez projektowany ogród deszczowy lub muldę chłoną należy pogłębić dany system i metodą iteracyjną ponownie obliczyć pojemność retencyjną.

Ogród deszczowy

Do badań przyjęto model retencji i infiltracji wód opadowych (rys. 4), który obejmuje następujące elementy: zbieranie (powierzchnia dachu), retencjonowanie (ogród deszczowy – infiltrujący do gruntu) i odprowadzenie wody deszczowej (infiltracja do gruntu).

Przy formułowaniu modelu działania analizowanej instalacji przyjęto następujący algorytm:

1. w przypadku przeciążenia zbiornika, woda spłynie rurą spustową i zostanie odprowadzona do ogrodu deszczowego,
2. woda z ogrodu deszczowego, przedostanie się do gruntu bezpośrednio podczas opadu lub po czasowej retencji, a częściowo poprzez roślinność,
3. nadmiar wód z ogrodu deszczowego spłynie zgodnie z nachyleniem terenu do muldy chłonnej.



Rys. 4. Schemat elementów wchodzących w skład modelu instalacji ogrodu deszczowego (2 – ogród deszczowy)

Fig. 4. Diagram of the elements included in the model of the rain garden installation (2 – rain garden)

Poszczególne etapy tworzenia projektu:

1. Lokalizacja ogrodu deszczowego. Każdy ogród deszczowy zaprojektowano bezpośrednio przy źródle odprowadzającym deszczówkę z dachu, czyli przy wylocie z rury spustowej, dzięki czemu uniknięto inwestycji w rury doprowadzające wodę.

Zgodnie z zaleceniami ogród deszczowy zaprojektowano minimum 5 metrów od budynku, ponieważ woda z ogrodu będzie przesiąkać bezpośrednio do gruntu. Przy lokalizacji ogrodu deszczowego wzięto pod uwagę również:

- nachylenie przyległego terenu – musi mieć kierunek spływu w stronę ogrodu deszczowego oraz nachylenie terenu musi być mniejsze niż 12%;
- ukształtowanie terenu – zalecany jest teren mało zróżnicowany pod względem wysokościowym;
- poziom wód gruntowych powinien znajdować się przynajmniej 1,5 metra poniżej poziomu ogrodu – warunek spełniony ponieważ poziom wód gruntowych na badanych zlewniach wynosił 2,5 metra.

2. Określenie wielkości ogrodu deszczowego. W celu określenia optymalnej wielkości ogrodu deszczowego, należy dokonać pomiaru powierzchni dachu budynku, z której to woda zasili ogród. Wielkość ogrodu powinna wynosić 10% powierzchni dachu. Należy w obliczeniach wziąć pod uwagę rodzaj powierzchni odwadnianej. Aby obliczyć powierzchnię odwadnianą, mnoży się współczynnik spływu przez powierzchnię terenu, z którego odprowadzona będzie woda.

3. Prace ziemne. Głębokość ogrodów deszczowych musi być dostosowana bezpośrednio do ilości odprowadzanych wód opadowych, a pośrednio do wielkości powierzchni spływu oraz rodzaju gruntu znajdującego się na danym terenie. Napełnienie wodą zazwyczaj mieści się w granicach 10–20 cm.

4. Dobór roślinności. Gatunki roślin, które dobrze znoszą warunki panujące w ogrodach deszczowych. Nie zaprojektowano roślin dla ogrodów deszczowych, gdyż ich wybór pozostawiono właścicielom nieruchomości.

Mulda chłonna

Do badań przyjęto model retencji i infiltracji wód opadowych (rys. 5), który obejmuje następujące elementy: zbieranie (powierzchnia ogrodu), retencjonowanie i infiltracja do gruntu wody deszczowej (mulda chłonna).

Przy formułowaniu modelu działania analizowanej instalacji przyjęto następujący algorytm:

1. woda z ogrodu, zgodnie z nachyleniem terenu, spłynie do muldy chłonnej,
2. woda z muldy chłonnej przedostanie się do gruntu bezpośrednio podczas opadu lub po czasowej retencji, a częściowo poprzez roślinność.

Poszczególne etapy tworzenia projektu:

1. Lokalizacja muldy chłonnej. Każdą muldę chłonną zaprojektowano na końcu ogrodu – w najniższym punkcie, tak aby woda opadowa trafiała do muldy zgodnie z nachyleniem terenu. Przy lokalizacji muldy chłonnej wzięto pod uwagę również:
 - odległość od zabudowy nie mniejsza niż 8 metrów;
 - ukształtowanie terenu (zalecany jest teren mało zróżnicowany pod względem wysokościowym).
2. Określenie wielkości muldy chłonnej. Mulda chłonna zwykle ma szerokość 1,5–5,0 metrów.
3. Prace ziemne. Głębokość ogrodów deszczowych musi być dostosowana bezpośrednio do ilości odprowadzanych wód opadowych, a po-

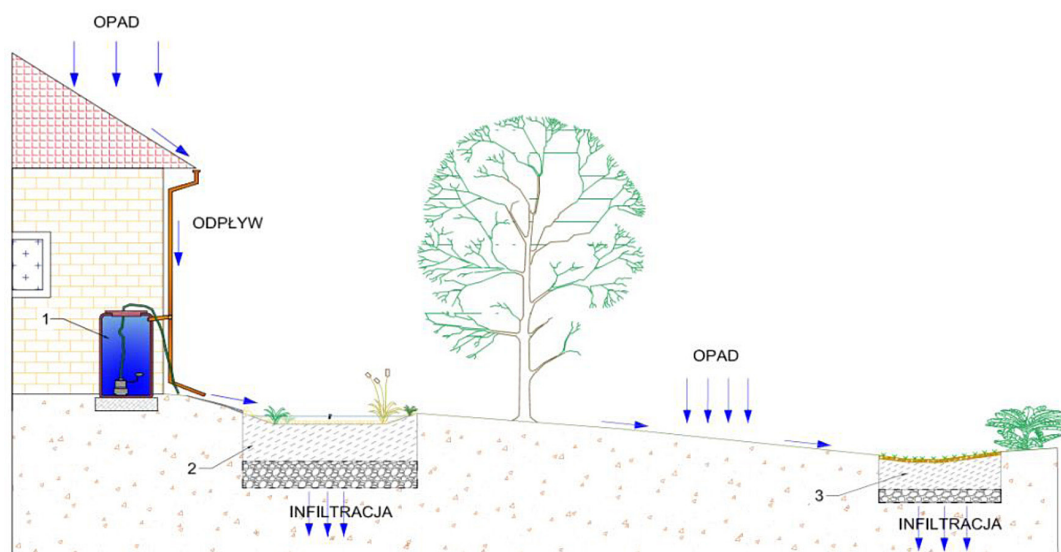
średnio do wielkości powierzchni spływu oraz rodzaju gruntu znajdującego się na danym terenie. Napelnienie muldy chłonnej mieści się w granicach 30–50 cm.

4. Dobór roślinności. Gatunki roślin, które dobrze znoszą warunki panujące w muldach chłonnych. Nie zaprojektowano roślin dla muld chłonnych, gdyż ich wybór pozostawiono właścicielom nieruchomości.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania nabrały szczególnego znaczenia w kontekście obowiązywania w Polsce nowego Prawa Wodnego, które uzależnia wysokość opłat za odprowadzanie wód opadowych do środowiska od wielkości retencji zainstalowanej na zlewni. Tematyka pracy wpisuje się w realizację założeń Ramowej Dyrektywy Wodnej Unii Europejskiej i wskazuje na najbardziej efektywny kierunek rozwoju technologicznego w zakresie odprowadzania wód opadowych z obszarów zurbanizowanych, zgodny z obserwowanymi tendencjami na świecie.

Problemy z gospodarowaniem wodami opadowymi wynikają z zaległości w rozwoju sieci kanalizacji deszczowej, które nagromadziły się na przestrzeni kilkudziesięciu lat. W tym okresie czasu nastąpił wysoki przyrost powierzchni zabudowanych, co zmniejszyło możliwości retencyjne wód opadowych w obrębie miasta. Zważywszy na to, priorytetowym



Rys. 5. Schemat elementów wchodzących w skład modelu instalacji muldy chłonnej (3 – mulda chłonna)
Fig. 5. Diagram of the elements included in the absorbent body installation model (3 – absorbent body)

zadaniem do wykonania wydaje się być tworzenie „zielono-niebieskiej” infrastruktury w celu retencji wód opadowych. Po tym hasłem kryją się m.in. odpowiednio zaprojektowane ogrody deszczowe, muldy chłonne. Należy pamiętać, że możliwości zastosowania danych rozwiązań w dużej mierze zależą od wielkości i ukształtowania dostępnego terenu pod inwestycję, warunków gruntowo-wodnych, wielkości opadów oraz powierzchni zlewni. Z tych względów do każdego projektu należy podejść indywidualnie. Warunkiem uzyskania oczekiwanych efektów odwodnienia jest prawidłowe zaprojektowanie i wykonanie systemu. Z kolei warunkiem sprawnego działania zaprojektowanej instalacji jest jej regularna konserwacja. Dzięki odpowiedniemu planowaniu przestrzennemu połączonemu z analizą warunków dla zagospodarowania wód deszczowych możliwe jest maksymalne wykorzystanie potencjału terenów zielonych.

BIBLIOGRAFIA

1. DIN 1989-1:2002-04 Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung.
2. DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen.
3. DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.
4. Rosiek K. 2016. Wody opadowe jako przedmiot gospodarowania. *Gospodarka w Praktyce i Teorii*. 3(44), 61–76.
5. Słyś D. 2013. Zrównoważone systemy odwodnienia miast. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne Wrocław, ss. 99.
6. Suchanek-Gabzdyl E. 2017. Redukcja zrzutów z przelewów burzowych przy zastosowaniu mikroretencji. *Rozprawa Doktorska*, Politechnika Częstochowska, ss. 73.
7. Wałęga A., Radecki-Pawlik A., Kaczor G. 2013. Naturalne sposoby zagospodarowania wód opadowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego Kraków, ss. 47.