



MARZENA SUCHOCKA

marzena_suchocka@sggw.pl



MARTA SIEDLECKA

marta.siedlecka.ms@gmail.com

Szkoła Główna Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie

Roślinność jako ważny element systemu gospodarowania wodami opadowymi na terenach miejskich

Podstawowym, naturalnym źródłem wody występującej na terenach miejskich są opady atmosferyczne. Zarządzanie wodami opadowymi stało się dużym wyzwaniem, z którym jesteśmy zmuszeni zacząć sobie radzić w sposób inny niż dotychczas. Ludzie w znaczący sposób wpłynęli na zmiany w procesie cyrkulacji wody opadowej. Procesy, które występują w środowisku naturalnym, w miastach zostały zaburzone. Duże zagęszcze-

nie infrastruktury (m.in. komunikacyjnej), zabudowywanie znacznych powierzchni miast, pokrywanie ziemi warstwami nieprzepuszczającymi wody opadowej, wszystko to przyczyniło się do zwiększenia spływu powierzchniowego wody w miastach – wody, która w środowisku naturalnym infiltrowałaby w glebę. Skalę problemu niedostatecznej przepuszczalności gruntu obserwować można na przykładzie Warszawy. Obecnie stosunek powierzchni nieprzepuszczalnych, uszczelnionych do całkowitej powierzchni danej zlewni w centrum miasta wynosi ok. 0,9, natomiast na obrzeżach miasta 0,4–0,7 [21]. W trakcie opadów deszczu, względnie w okresie roztopów, woda spływa po zabudowanej powierzchni gruntu, elementach infrastruktury drogowej, skrajnie powodując podtopienia. W teorii podtopieniom zapobiegać miała budowa systemów kanalizacji deszczowej oraz ogólnospławnej, które jak wykazuje to praktyka nie są w stanie sprostać współczesnym wyzwaniom. Kanalizacja miejska, zaprojektowana oraz wykonana w czasach, kiedy miasta były znacznie mniejsze, często nie nadąża za postępującą urbanizacją, pomimo że projektowana była z dużym marginesem bezpieczeństwa. Odprowadzanie wody z powierzchni miasta często skutkuje potęgowaniem suszy miejskiej. Wskutek odprowadzania wody systemem kanalizacyjnym odbieramy ją środowisku naturalnemu. Nasila się zjawisko miejskich wysp ciepła, poza tym obniża się poziom wód gruntowych i powierzchniowych, pogorsza się stan zieleni miejskiej, co w znacznym stopniu wpływa na pogorszenie warunków życia mieszkańców [21].

Zrównoważone budownictwo miejskie, a szczególnie osiedlowe, powinno uwzględniać potrzebę poprawy małej retencji. Idąc w ślady zachodnich inwestorów, w Polsce

od kilku lat coraz częściej prowadzi się ocenę inwestycji pod kątem rozwiązań opierających się na zrównoważonym rozwoju i budownictwie. Przykładem takiego programu jest Low Impact Development (LID), stawiający nacisk na projektowanie przyjazne środowisku. W LID ważne jest zachowanie lub jak największe zbliżenie się procesów występujących w środowisku naturalnym. Jednym z istotnych elementów ocenianych w tym właśnie systemie jest sposób gospodarowania wodą opadową. W praktyce polega to na zaprojektowaniu i wykonaniu rozwiązań pozwalających na istnienie niezakłóconego lokalnego obiegu hydrologicznego. Jest to możliwe dzięki różnorodnym działaniom zmniejszającym spływ powierzchniowy oraz redukującym zagrożenia z nim związane, takie jak zanikanie wód powierzchniowych, obniżenie poziomu wód gruntowych czy przeciążenia kanalizacji deszczowej powodujące podtopienia i zalania. Budynki nazywane „eko” magazynują wodę deszczową pochodzącą z połaci dachowych. W praktyce rzadko system ten jest wykorzystywany w zabudowie mieszkaniowej, raczej do potrzeb podlewania terenów zielonych oraz utrzymania porządku.

Dążenie do przywrócenia naturalnego cyklu obiegu wody na terenie zabudowanym nie powinno polegać tylko na budowie i instalacji sztucznych systemów drenażu czy retencji – zarówno tych konwencjonalnych i alternatywnych. Każda forma roślinności wykorzystuje wodę deszczową, przyczyniając się do zmniejszenia spływu do kanalizacji burzowej oraz polepszenia mikroklimatu, np. dzięki zwiększeniu wilgotności powietrza i eliminacji wysp ciepła.

W dalszej części artykułu opisano pozytywny wpływ, jaki na gospodarowanie wodami opadowymi w miastach ma obecność dużych drzew, zbiorowisk roślinności buforowej, roślin rosnących w pojemnikach oraz „zazielenionych” ścian i dachów budynków. W kontekście małej retencji wymienione formy, jak również wszelka obecność roślin na terenie miejskim jest bardzo pożądana.

Duże drzewa a zwiększenie małej retencji

Bardzo ważną rolę wspomagającą małą retencję na terenach zurbanizowanych pełnią drzewa. Szczególnie drzewa rosnące wzdłuż ciągów komunikacyjnych tworzące pionową barierę pomiędzy pieszymi a pojazdami. Wpływają na estetykę miejsca, poprawiają samopoczucie mieszkańców, zwiększają bioróżnorodność. Znacząco poprawiają również

mikroklimat – zwiększając wilgotność powietrza, oczyszczając je z mikropyłów i związków lotnych. Badania przeprowadzone w Chicago pokazują, że drzewa przyuliczne, stanowiące tylko 10% wszystkich rosnących na terenie tego miasta, pokrywają koronami prawie ¼ betonowych i asfaltowych powierzchni, zapewniając tym samym cień i zmniejszając zjawisko wyspy ciepła. Dorosłe drzewa pełnią dodatkowo zasadniczą rolę w gospodarowaniu wodami opadowymi. Systemy korzeniowe drzew są w stanie pobierać i transportować ogromne ilości wody opadowej. Wystarczy tylko zaznaczyć, że duże drzewo wyparowuje w upalny dzień w ciągu godziny 350 do 450 l wody [10], [20].

Ze względu na podziemne instalacje techniczne w mieście, obecność drzew powinno się uwzględniać już w początkowym etapie każdego projektu infrastruktury drogowej lub obiektu budowlanego. W przypadku, gdy na terenie nie ma wystarczającej ilości gruntu rodzimego do posadzenia drzew, możliwe jest zmodyfikowanie warstw konstrukcyjnych ciągów komunikacyjnych. Drzewa sadzone są wtedy w podłożach strukturalnych lub innych systemach anty-kompresyjnych, które mogą pełnić funkcje samodzielnych urządzeń wykorzystujących wodę opadową pochodzącą z pokrytych nieprzepuszczalnymi lub przepuszczalnymi nawierzchniami ulic i chodników. W tym celu drzewo sadzi się w specjalnym dole wypełnionym mieszanką kamienno-glebową, pełniącym rolę okresowego zbiornika wodnego, zlokalizowanego pod powierzchnią terenu o wielkości uzależnionej od potrzeb i możliwości. Woda w pobliżu drzew doprowadzana jest grawitacyjnie (wyprofilowanie terenu), za pomocą studzienek lub systemem rur. W przypadku drzew, których pnie otoczone zostały kratownicą, spływ z otaczającego chodnika może odbywać się bezpośrednio w pobliże korzeni. Podłoże powinno charakteryzować się dobrym bilansem powietrzno-wodnym, zapewniającym infiltrację i przetrwanie podczas zalania. Podczas tworzenia mis dla drzew należy pamiętać, by istniała możliwość ewentualnego ograniczenia ilości doprowadzanej do systemu korzeniowego wody. W miejscach, gdzie do odśnieżania używana jest sól drogowa, sadzone gatunki drzew powinny być tolerancyjne wobec zwiększonego zasolenia, ubogich gleb oraz zmiennych temperatur i warunków wodnych. Drzewa sadzone w chodnikach i placach wymagają niewielkiej ilości miejsca na poziomie nawierzchni, są więc doskonałym rozwiązaniem na terenie i w otoczeniu parkingów [10], [19], [20].

Roślinność buforowa

Nie tylko wysoka roślinność wykorzystywana jest do zwiększenia małej retencji. W miejscach, gdzie zabudowa jest luźniejsza, szczególnie w sąsiedztwie dróg, gospodarowanie wodą opadową mogą wspomagać pasy roślinności buforowej. Odpowiednio lekko nachylone powierzchnie, porośnięte trawą i niską roślinnością, powodują powolny, boczny i poziomy spływ wód opadowych z terenów przyległych. Trawiaste pasy buforowe skutecznie usuwają stałe zawiesiny i zanieczyszczenia, dlatego wykorzystywane są jako spowalniające i podczyszczające obszary, kierujące

wody opadowe do kolejnych urządzeń, np. niecek infiltracyjnych [6].

Podczas projektowania elementów urbanistycznych i zielonej infrastruktury należy pamiętać, aby tereny retencjonujące i infiltrujące znajdowały się nieco poniżej ciągów komunikacyjnych – chodników, ulic, placów, parkingów. Dzięki odpowiedniemu wyprofilowaniu ulic oraz obniżeniu części krawężnika, woda gromadząca się na nawierzchniach nieprzepuszczalnych może swobodnie spływać na niżej położone tereny roślinne, gotowe ją odebrać i zagospodarować [21].

Zielone dachy

Istotnym działaniem służącym odtworzeniu naturalnego cyklu wody w miastach jest zwiększanie powierzchni biologicznie czynnej. Na terenach intensywnie zabudowanych, gdzie tradycyjne dachy stanowią średnio 40% nieprzepuszczalnych powierzchni, w strategię tę wpisują się dachy obsadzone roślinami [7].

Zielone dachy (ang. *green roofs*), funkcjonujące również pod pojęciem ekodachów (ang. *ecoroofs*), składają się z warstwy wegetatywnej, uprawianej na całej powierzchni lub części dachu. Na dachach poza obszarami pokrytymi roślinnością mamy do czynienia z fragmentami żwirowymi, oczkami wodnymi, miejscami rekreacyjnymi, czy również nawierzchniami przeznaczonymi do ruchu pieszego lub pieszo-jezdnego, przykładowo na dachach garaży podziemnych [25].

Ogrody dachowe mogą znacznie usprawniać zarządzanie wodą opadową w mieście, zmniejszając odpływ do kanalizacji burzowej. W zależności od wielkości, konstrukcji oraz intensywności opadu, dachy są w stanie zatrzymywać nawet cały spadający na nie deszcz (zazwyczaj 60–100%). Odpowiedni dobór gatunków roślin może przyczyniać się również do wychwytywania i usuwania zanieczyszczeń z wody deszczowej, w tym azotu, fosforu czy metali ciężkich. Rośliny na dachach poprawiają jakość powietrza pochłaniając dwutlenek węgla oraz podwyższają jego wilgotność poprzez parowanie. Korzyści wynikające z obecności zielonych dachów to także zmniejszenie kosztów związanych z systemami ogrzewania i chłodzenia. Podczas, gdy konwencjonalne dachy pochłaniają ciepło i w okresie letnim ich temperatura może wynosić nawet do 90°C, roślinność cieniuje pokrywą dachową obniżając temperaturę wewnątrz budynku. Powszechne stosowanie dachów zielonych w środowiskach zurbanizowanych może zmniejszyć efekt miejskiej wyspy ciepła – badania prowadzone w Toronto wskazują, że zastosowanie dachów zielonych na 50% powierzchni dachów w centrum miasta może prowadzić do chłodzenia całego miasta nawet o 0,8°C. Zimą zielone dachy zapewniają efekt izolacyjny, zmniejszając straty ciepła budynku i koszty ogrzewania. Roślinność zmniejsza negatywne działanie wahań temperatury i promieniowania ultrafioletowego na pokrycia dachowe, potencjalnie zwiększając ich żywotność do 40–60 lat. Początkowo wyższe koszty wykonania w stosunku do tradycyjnych dachów, okazują się niewielkie podczas wieloletniej eksploatacji. Do zalet należą



Fot. 1. Ekstensywny dach zielony o pow. 8000 m² na budynku Centrum Nauki Kopernik w Warszawie, 2010 r. (www.optigruen.pl)

zwiększenie bioróżnorodności, podwyższenie atrakcyjności i estetyki „betonowych obszarów”, możliwość wykorzystania dachu jako dodatkowej przestrzeni rekreacyjnej. Zwiększenie powierzchni biologicznie czynnej, polegające na budowie dachu zielonego, pozwala na postawienie większego domu, jednocześnie spełniając wymogi zawarte w planie zagospodarowania przestrzennego [18], [21].

Pokrycie dachu ekstensywnego można wykonać na dwa sposoby. Dla szybkiego efektu stosuje się trawnik z rolki (15–22 zł/m²) lub maty rozchodnikowe (60–100 zł/m²). Tańszym rozwiązaniem jest skorzystanie z nasion traw (5 zł/m²) i sadzonek rozchodników (około 4–5 zł/m²), ale tu na efekt trzeba oczekiwać nieco dłużej. Krzewy będą kosztować 8–25 zł/m², drzewa około 40–500 zł/m². Należy pamiętać, iż rośliny pochodzące ze szkółek nie są przystosowane do ekstremalnych warunków panujących na dachach i muszą się dobrze zakorzenić przed okresem zimowym. Koszty wykonania zielonych dachów szacuje się na 100–1000 zł za 1 m² w przypadku wersji ekstensywnej oraz 1000–1600 zł za 1 m² w przypadku intensywnej.

Roczne koszty utrzymania wynoszą od 30–60 zł za 1 m² [3], [4], [16].

Zatrzymanie największej ilości wody opadowej ma w założeniach rodzaj dachu zwany retencyjnym. Może być pokryty żwirem lub obsadzony roślinnością. Jest to rozwiązanie o zdefiniowanym współczynniku retencji, wynoszącym $\geq 80\%$ (magazynowanie wody do 32 l/m²). Maksymalny współczynnik spływu wynosi 0,08 przy nachyleniu 0° oraz 0,17 w przypadku 1° (nachylenie dachu może wynosić 0–5°, tj. 0–9%) [13], [16].

W wielu krajach świata obserwuje się rosnące zainteresowanie budową ekodachów. W Polsce realizowanych jest coraz więcej inwestycji uwzględniających budowę zielonych dachów. Do bardziej znanych należy ogród na dachu Biblioteki Uniwersytetu Warszawskiego, powstały w latach 1996–2001. Spektakularnym, bo ponad 125-letnim obiektem, są zielone warszawskie Filtry. W 2010 roku w Warszawie na budynku Centrum Nauki Kopernik powstał projekt z roślinnością ekstensywną, mający odzwierciedlać naturalny krajobraz i surowe formy skalne (fot. 1).

Warto wspomnieć również o dachu term w Białce Tatrzańskiej, który wizualnie „zlał się” z otaczającymi łąkami i trawnikami [12]. Polskim Portland ma szansę stać się Bydgoszcz – miasto zrealizowało w ciągu ostatnich kilku lat ponad kilkanaście większych inwestycji polegających na zazielenianiu dachów [3].

Zielone ściany

W gęsto zabudowanych obszarach miejskich, gdzie nie ma miejsca na zieleń „poziomą” i niemożliwym staje się zakładanie trawników czy sadzenie drzew, należy pamiętać o roślinach pnących, które wspinają się po ścianach budynków czy, co jest ważne w przypadku dróg i innych ciągów komunikacyjnych, ekranów dźwiękochłonnych, tworząc system zielonych ścian (ang. *green wall*, *vertical garden*) – fot. 2.

Liście działają jak płaszcz przeciwdeszczowy, nie dopuszczając kropeł do ścian. Odprowadzając wodę po warstwie ustawionych jak rybie łuski liści, elewacje pokryte szczelnie zielenią pozostają suche, wbrew powszechnej opinii, że zazielenione ściany są bardziej narażone na wilgoć. System korzeniowy roślin pnących, pobiera wodę i osusza grunt w pobliżu fundamentów budynku. Szczególnie zaleca się obsadzanie starszych budynków po stronie południowej oraz zachodniej [2].



Fot. 2. Woda deszczowa kierowana jest w stronę nawierzchni pół-przepuszczalnej, skąd pobierana jest przez rosnące tam pnącza (<http://24.media.tumblr.com>)

Na odpowiednio przygotowanych ścianach sadi się trawy ozdobne, byliny i niewielkie krzewy. W tym celu wykonuje się specjalne instalacje z wykorzystaniem stelaży. Rośliny sadi się do specjalnie przygotowanego substratu i montuje drenaż. Roślinność może być z powodzeniem zasilana wodą deszczową. Część opadów zostanie od razu zatrzymana na liściach i odparowana, pozostała poprzez system rynien i niewielkich zbiorników będzie nawadniała system korzeniowy.

Jednym z popularyzatorów tego kierunku działania jest Patrick Blanc, francuski botanik, który od 2005 roku projektuje i wykonuje zielone ściany w miastach europejskich, głównie Francji i Wielkiej Brytanii (fot. 3). Jedną ze swoich instalacji wykonał na ścianie pięciokondygnacyjnej paryskiej kamienicy. Projekt obejmował ponad 7500 sztuk roślin z 237 różnych gatunków, z których ułożono fale. Ścianie nadano nazwę L'Oasis D'Aboukir (Oaza Abo-ukir). Inną ciekawą inwestycją było wykonanie wertykalnej ściany na betonowym tunelu drogowym. Poniższe zdjęcia prezentują etapy powstawania ściany (fot. 4) [24], [28].

Zwiększenie liczby zielonych ścian przyczynia się do zmniejszenia zagrożenia powodziowego i pozytywnie wpływa na mikroklimat miejski. Rośliny pełnią funkcję naturalnego filtra



Fot. 3. Zielona ściana wykonana z roślin ozdobnych – traw, bylin, roślin okrywowych i niewielkich krzewów, Paryż, Francja (www.epicgardening.com)

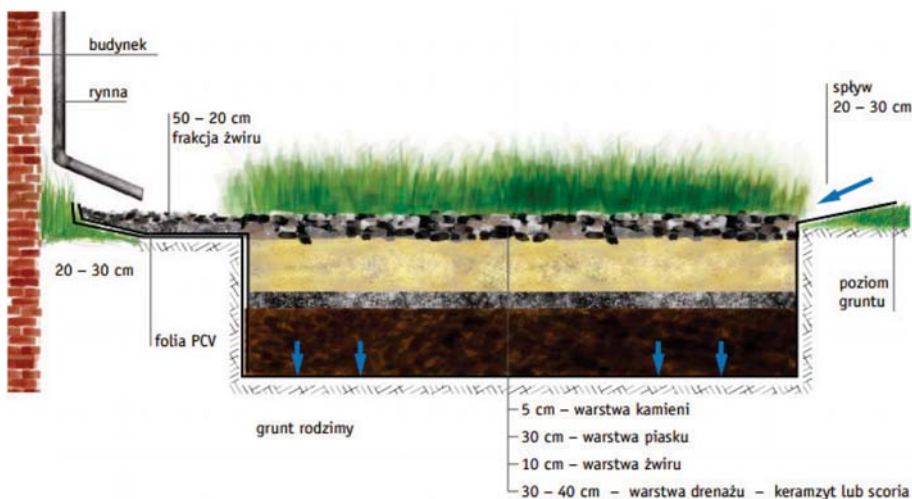
powietrza zatrzymującego mikropyły, regulują temperaturę powietrza, nasycają je wilgocią. Liście mogą w ciągu doby wyparować 5-krotnie swojej wagi. Ponadto zielone ściany zwiększają bioróżnorodność, przyciągają owady, a także poprawiają estetykę i termoizolację budynków [2], [15].

Ogrody deszczowe

Pod pojęciem ogrodu deszczowego (ang. *rain garden*) w literaturze spotyka się opisy różnorodnych nasadzeń



Fot. 4. Zielona ściana nad wjazdem do tunelu na różnych etapach budowy, 2008 r., proj. P. Blanc, Pont Max Juvenal, Aix-en-Provence, Francja [28]



Rys. 1. Przekrój przez ogród deszczowy będący odbiornikiem wód deszczowych z połączeń dachowych i przyległego terenu (<http://ecosrq.com>)

roślinnych, w gruncie lub pojemniku, w otoczeniu których gromadzone są wody deszczowe. Ogród deszczowy rozumiany jest również jako rodzaj ogrodu założonego na powierzchni gruntu (lub w niewielkim zagłębieniu) i zaprojektowany odpowiednio w taki sposób, aby mógł korzystać z wody opadowej pochodzącej z sąsiadujących nieprzepuszczalnych powierzchni. Ogród taki powinien być zatem zarówno estetyczny, jak i funkcjonalny.

Działanie standardowego ogrodu deszczowego polega na kierowaniu wody z dachów, dróg, parkingów czy placów, za pomocą rynien, rur i spadków terenu, na specjalnie przygotowany obszar roślinny, gdzie jest gromadzona, a następnie powoli infiltrowana do gleby oraz pobierana przez rosnące rośliny. W ten sposób ogrody spowalniają spływ powierzchniowy i zwiększają retencję w krajobrazie, zmniejszając tym samym ilość wody spływającą do kanalizacji burzowej oraz siłę wymywania i erozji. W niektórych przypadkach istnieje konieczność wykonania przelewu przenoszącego nadmiar wody w inne miejsce bioretencji lub za pomocą konwencjonalnego systemu rur do kanalizacji burzowej [9].

W prawidłowo zaprojektowanym ogrodzie deszczowym zachodzą procesy hydrologiczne, naśladujące działanie obszaru leśnego. Korzenie i kłącza roślin hydrofitowych oraz mikroorganizmy glebowe pobierają wodę wraz z azotem i fosforem oraz zatrzymują zawarte w niej zanieczyszczenia, np. metale ciężkie, węglowodory, czy związki białkowo-tłuszczowe. Dodatkowo odpowiednio dobrane podłoże (gleba z warstwą drenującą w postaci żwiru lub piasku) jest w stanie zatrzymać część osadu (rys. 1.). Pobrana przez rośliny woda, niewykorzystana w procesach wzrostu i rozwoju, zostaje wyparowywana przez liście do atmosfery, poprawiając wilgotność powietrza [1].

Ogród bioretencyjny może występować w krajobrazie jako samowystarczalne urządzenie (ang. *self-contained rain garden*), służące do kompleksowego gospodarowania wodą opadową, lub jako odbiornik gromadzący i podczyszczający wodę w bardziej rozbudowanym systemie (ang. *under-drained rain garden*). Obydwa rodzaje są wykorzysty-

wane do poprawy jakości wody deszczowej i zmniejszenia objętości spływu oraz ułatwiają przenikanie oczyszczonej wody do wód gruntowych. Przy wyborze typu ogrodu należy wziąć pod uwagę bilans wodny, warunki glebowe, powierzchnię terenu oraz budżet przeznaczony na inwestycję. W celu zwiększenia możliwości gromadzenia wody należy wykonać system z rozszerzonym podpowierzchniowym podłożem filtracyjnym. Infiltracja in situ nie jest pożądana w przypadku wysokiego poziomu wód gruntowych (gdy pomiędzy średnim poziomem wód a dolną warstwą ogrodu deszczowego jest mniej niż 10 cm gleby) lub jeśli sąsiednie grunty są zanieczyszczone, a oczyszczona woda z ogrodu mogłaby zostać przez kontakt z nimi ponownie skażona.

Idealną sytuacją jest, kiedy ogród deszczowy zostaje opróżniony w ciągu czterech godzin po deszczu dziesięcioletnim. W przypadku ogrodów typu „podsuszającego” czas ten powinien być nawet połowę krótszy. Zaobserwowano, że lepiej swoją rolę na danym terenie spełnia kilka mniejszych rozproszonych ogrodów deszczowych, niż jeden o znacznej powierzchni.

Nad powierzchnią gruntu ogród deszczowy nie musi różnić się w zasadzie od innych form roślinnych występujących w architekturze krajobrazu (fot. 5.). Wymagania stawiane roślinom to tolerancja zmiennych warunków wilgotnościowych (zalanie i susza) oraz wytrzymałość na zanieczyszczenia i ekstremalne stężenia składników pokarmowych znajdujących się w spływającej wodzie (zwłaszcza azotu i fosforu).



Fot. 5. Ogród deszczowy – rabata w sąsiedztwie drogi (www.pinterest.com)

Kryteria dobrze spełniają gatunki łąkowe. Gleby w ogrodach określanych mianem samowystarczalnych dłużej utrzymują wilgoć, dlatego rośliny wybierane do dolnych części ogrodów powinny być szczególnie odporne na za-



Fot. 6. Ogród deszczowy przy Fundacji Anheuser-Busch, Webster University, USA [29]

lanie przez dłuższy okres czasu. Sadzenie roślin zdrowych i młodych zwiększa ich szanse na dostosowanie się do trudnych warunków [14], [17]. Rośliny sadi się najczęściej w podłoże żwirowe lub piaskowe. Na etapie budowy ogrodu należy zwrócić szczególną uwagę, aby gleba była wolna od chwastów i ich nasion. Typowe ogrody deszczowe nie wymagają szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych, tym bardziej jeśli wypełniają je gatunki rodzime, najlepiej przystosowane do lokalnych warunków atmosferycznych. Inne rośliny ozdobne, o ile nie są inwazyjne, mogą okazać się również doskonałym wyborem. Nie wymagają nawożenia ani podlewania, z wyjątkiem długich okresów suszy. Większość ogrodów deszczowych zbudowana jest z bylin, krzewów i drzew. Możliwe jest sadzenie roślin jednorocznych, jednak jest to rzadko spotykane ze względu na główne cele projektu – gromadzenie dużej ilości wody deszczowej i niskie koszty utrzymania – sezonowa estetyka i efekty kolorystyczne schodzą na drugi plan. Niektóre rośliny jednoroczne są dobrymi kandydatami do niższych partii ogrodów deszczowych [5], [8], [21].

Ogrody deszczowe, będące rodzajem zielonej infrastruktury, można zastosować wszędzie – przy drodze, domu jednorodzinnym, budynku usługowym, szkole, luksusowym hotelu czy parku lub skwerze. Ogrody mogą mieć różne kształty i wymiary, dostosowane do danego krajobrazu. Ich wygląd zależy od wizji projektanta, doboru gatunków, wykonania oraz sposobu pielęgnacji. Koszt wykonania nasadzeń w ogrodzie deszczowym jest porównywalny do „zwykłego” ogrodu. Warto dodać, iż występowanie ogrodów deszczowych zwiększa w miastach liczbę siedlisk motyli i ptaków. Ewapotranspiracja oraz ocienianie terenu znacznie zmniejszają wyspy ciepła na zaludnionych obszarach [22].

Przykładem dużego urokliwego ogrodu deszczowego może być ten wy-

konany pomiędzy ciągiem komunikacyjnym a budynkiem będącym siedzibą Fundacji Anheuser-Busch przy Webster University w USA [29] – fot. 6.

Ogrody deszczowe w pojemnikach

Ogrody deszczowe w pojemnikach to nasadzenia roślinności hydrofitowej, założone w szczelnych zbiornikach, które dzięki odpowiednio dobranym warstwom (mieszanka ziemi z piaskiem oraz piasku ze żwirem), zatrzymują wodę opadającą, jednocześnie ją oczyszczając i wykorzystując [21].



Fot. 7. Przykład ogrodu deszczowego w pojemniku, Łódź, Polska [26]

Zbiorniki te najczęściej zasilane są przez wodę opadającą pochodzącą z powierzchni dachu. Wtedy ustawia się je bezpośrednio przy wylocie z rynny, oddalając o około 30 cm od elewacji budynku (fot. 7.). Powierzchnia pojemnika, przy wysokości 90–100 cm, w warunkach polskich powinna stanowić około 2% powierzchni zlewni, (przykładowo przy



Fot. 8. Przykład ogrodu deszczowego w podłużnej donicy przy wejściu do Muzeum, Düsseldorf, Niemcy [27]

dachu o pow. 50 m², powierzchnia ogrodu w pojemniku powinna wynosić 1 m²). Skrzynia na ogród deszczowy może być wykonana z różnych materiałów. W skrzyni umieszcza się dwie rury – ułożoną horyzontalnie, ale pod lekkim kątem rurę drenującą o śr. 9 cm oraz ustawioną pionowo rurę przelewową. Jeden koniec rury drenującej powinien być szczelnie zamknięty, drugi umożliwi odprowadzenie nadmiaru wody za zbiornika na sąsiadujący teren z roślinnością lub do kanalizacji burzowej [21].

W podłożu sadzone są rośliny znoszące zmienne warunki wodne – zalewanie i okresowe susze. Zaleca się głównie byliny, by uniknąć corocznego sadzenia roślin, naruszającego warstwy drenujące (fot. 8.).

Najkorzystniejszą sytuacją jest ta, kiedy przynajmniej w 50% są to gatunki hydrofitowe, których korzenie i kłącza oczyszczają wodę z zanieczyszczeń – związków tłuszczowych czy metali ciężkich. Do roślin polecanych do ogrodów deszczowych w pojemnikach, uprawianych w polskich warunkach klimatycznych należą m.in. turzyca owłosiona (*Carex hirta*), sit rozpierzchły (*Juncus effusus*), kosaciec żółty (*Iris pseudoacorus*), lobelia szkarłatna (*Lobelia cardinalis*), fiołek błotny (*Viola palustris*). Rośliny należy sadzić gęsto – około 6 roślin/m² [11].

Suchy potok

Suchy potok (ang. *dry creek*) to liniowy obiekt architektoniczny o niewielkiej głębokości i spadku, nierzadko wypełniony materiałem kamiennym. Służy do odprowadzania nadmiaru wody z przelewów stawów i oczek wodnych, fontann czy rynien. Porowate dno umożliwia infiltrację wody do gruntu, natomiast nadmiar wody kierowany jest do miejsca retencji. Rozwiązanie to, dzięki prostej konstrukcji, często znajduje zastosowanie na placach miejskich i w otoczeniu budynków usługowych, gdzie jest jednym z podstawowych urządzeń odprowadzających wodę, a dodatkowo posiada funkcję dekoracyjną [9].



Fot. 9. Suchy potok pełniący funkcję dekoracyjną w otoczeniu budynków biurowych, Atlanta, USA (www.amenityarchitects.com)

W przeciwieństwie do rowów trawiastych, które w okresach bezdeszczowych mogą być pożółkłe i nieestetyczne, doskonale wpisany w otoczenie, wyłożony kamieniami suchy potok zapewni lepszy efekt wizualny (fot. 9). Podczas opadów natomiast, zmieni się w strumień płynącej wody – ciekawy element przestrzeni. Suche potoki wykonuje się obecnie z bardzo różnych materiałów i nadaje różne formy – wijące się lub nowoczesne kształty geometryczne. Niekiedy suche potoki stosuje się w układzie kaskadowym, w celu wizualnego uatrakcyjnienia spływu wody [23].

Podsumowanie

Zamieszczone przykłady rozwiązań mogą być zastosowane jako powiązane ze sobą elementy systemu zarządzania wodą opadową łączące ze sobą ciągi komunikacyjne, place, drogi, parkingi, tereny zieleni, również infrastrukturę drogową (mosty, budynki towarzyszące drogom) oraz inne obiekty zlokalizowane poza pasem drogowym jak dachy czy stropy podziemnego garażu. Bardzo istotnym aspektem jest zmaksymalizowanie wykorzystywania wód opadowych poprzez utworzenie systemów, uwzględniających zarówno rozwiązania techniczne (ryny, dreny, kanały), jak i odpowiednio zaprojektowane spadki terenu, pozwalające na gromadzenie, filtrowanie i zatrzymywanie wody przez roślinność.

Gospodarowanie wodami opadowymi w miastach powinno rozpoczynać się na poziomie poszczególnych projektów powstających inwestycji. W opisywanym kontekście wszelka obecność roślin na terenie miejskim jest bardzo pożądana. Jednak zastosowanie przedstawionych rozwiązań w Polsce, jako elementów małej retencji, napotyka wiele barier przy próbach ich wprowadzania a rola roślinności jest niedoceniana, dlatego niezbędna jest popularyzacja ich zastosowania oraz przekazywanie informacji wspomagających możliwości ich wprowadzania.

Bibliografia

- [1] Bannerman R., Considine E., 2003, Rain Gardens, A how-to manual for homeowners, Regents of the University of Wisconsin System
- [2] Baumann R., 1991, Domy w zieleni, Arkady, Warszawa
- [3] Burlin M., Chomowicz A., Cunningham C., Elkin D., Liptan T., Mann L., Meyers A., Winter-Gorsline L., 2010, Portland ECOROF Guide, Environmental Services City of Portland
- [4] Evans D. i in., 2008, Cost Benefit Evaluation of Ecoroofs Report, Portland
- [5] Huber J., 2011, How to Build a Rain Garden, This Old House Magazine, 2/2011
- [6] Januchta-Szostak A., 2012, Usługi ekosystemów wodnych w miastach [w:] Zrównoważony rozwój – zastosowania, Numer 3/2012, Polski poradnik TEEB dla miast, Fundacja Sendzimira, Kraków, s. 91-110.
- [7] Kaźmierczak A., 2013, Deszczówka: jej odzysk i zagospodarowanie w ogrodzie, Regiodom, Polska Press sp. z o.o.
- [8] Kosmala M., 2003, Ogrody deszczowe czyli ogrody retencjonujące wody opadowe – moda czy konieczność [w:] Woda w przestrzeni przyrodniczej i kulturowej, Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG nr 2, SosnowiecKozłowska 2008

- [9] Kozłowska E., 2008, Zrównoważone gospodarowanie wodą – moda czy konieczność, *Architektura Krajobrazu* 2/2008, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, s. 35-40
- [10] McCormick T. [red.], 2014, *City of Philadelphia Green Streets Design Manual*, www.phillywatersheds.org
- [11] Melbourne Waters, 2014, *Planter box rain garden instruction sheet*, www.melbournewater.com.au
- [12] Mioduszevska M. [red.], 2014, Zielone dachy i żyjące ściany – systemowe rozwiązania i przegląd inwestycji w polskich gminach, biuletyn, Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”, Polskiego Stowarzyszenia „Dachy Zielone”
- [13] Optigrün – dachy zielone, katalog techniczny, 2009, Krauchenwies, Niemcy
- [14] Pracka J.M., 2014, Niecki retencyjne ratunkiem dla miast, *Sztuka Krajobrazu*
- [15] Różycka M., 2010, Ocena zdolności do gromadzenia zanieczyszczeń mikrocząstek zawartych w powietrzu przez pnącza zalecane do uprawy na terenach zurbanizowanych, praca magisterska, SGGW, Warszawa
- [16] Rudnicki M., 2012, Dach płaski, *Ładny Dom* 8/2012, Agora SA, s. 52-56
- [17] Shaw D., Schmidt R., 2003, *Plants for Stormwater Design*, Minnesota Pollution Control Agency
- [18] Sobczyk M., Mrowiec M., 2014, Dachy zielone a gospodarka wodami opadowymi na terenach zurbanizowanych, *Rynek Instalacyjny* 9/2014
- [19] Suchocka M., Milanowska, A., 2013, Przegląd technik poprawy warunków siedliskowych dla drzew miejskich pod kątem możliwości zastosowania ich w warunkach polskich, *Człowiek i Środowisko* 32 (3-4) 2008, s. 87-107
- [20] Szczepanowska H.B., 2008, Drzewa w otoczeniu ulic – problemy inżynieryjne, społeczne, ekonomiczne oraz bezpieczeństwa, *Człowiek i Środowisko* 32 (3-4) 2008, s. 87-107
- [21] Wagner I., Krauze K., 2014, Jak bezpiecznie zatrzymać wodę opadową w mieście? Narzędzia techniczne [w:] *Zrównoważony rozwój – zastosowania*, Numer 5/2014, Woda w mieście, Fundacja Sendzimira, Kraków
- [22] Winterbottom D., 2001, *Rainwater Harvesting for Landscape Architects*, *Landscape Architecture*
- [23] www.amenityarchitects.com
- [24] www.epicgardening.com
- [25] www.greenroofs.com
- [26] www.sendzimir.org.pl
- [27] www.uslugiekosystemow.pl
- [28] www.verticalgardenpatrickblanc.com
- [29] www.webster.edu

Z serwisu GDDKiA

Wybrano wykonawcę II jezdni obwodnicy Kobylanki, Morzyczyna i Zieleniewa w ciągu drogi S10

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad wybrała najkorzystniejszą ofertę w przetargu na zaprojektowanie i budowę II jezdni obwodnicy Kobylanki, Morzyczyna i Zieleniewa na drodze ekspresowej S10.

Spośród 5 złożonych ofert została wybrana oferta konsorcjum firm STRABAG Infrastruktura Południe Sp. z o. o. i STRABAG Sp. z o. o. Jeżeli nie będzie odwołań od wyników przetargu, to w III kwartale tego roku powinna zostać podpisana umowa na realizację tej inwestycji. Wykonawca będzie miał 15 miesięcy na wykonanie projektów i uzyskanie niezbędnych decyzji administracyjnych, następnie ruszą prace budowlane. Inwestycja powinna zostać ukończona w IV kwartale 2020 roku.

Inwestycja zlokalizowana jest na odcinku drogi krajowej nr 10 łączącym stolicę województwa – Szczecin ze Stargardem, drugim pod względem liczby mieszkańców miastem tej części regionu. W jej ramach powstanie druga (północna) jezdnia obwodnicy miejscowości Kobylanka, Morzyczyna i Zieleniewo o długości 6,4 km, a istniejąca jezdnia zostanie wyremontowana. Przy realizacji obwodnicy w latach 2005–2007 przewidziano rezerwę na drugą jezdnię, w związku z tym wymagane jest budowa tylko jednego wiaduktu w ciągu nowej jezdni i przedłużenia przepustów. Wybudowana zostanie również łącznica relacji Szczecin – Kobylanka na węźle Kobylanka (Motaniec) oraz równoległa do DK nr 10 droga wspomagająca Niedźwiedź – Zduńowo o długości 3,2 km. Po zakończeniu realizacji tego projektu cały odcinek „dziesiątki” od granicy miasta Szczecina do początku obwodnicy Stargardu zostanie oznakowany jako droga ekspresowa.

03-07-2017

Obwodnica Ostrowa Wielkopolskiego oddana do ruchu

12 lipca 2017 r. oddano do ruchu brakujący, 13-kilometrowy odcinek obwodnicy Ostrowa Wielkopolskiego w ciągu drogi ekspresowej

S11. Nowa trasa pozwala na całkowite wyprowadzenie ruchu tranzytowego z miasta. W przyszłości będzie to fragment drogi S11 łączącej Ślask z wybrzeżem Bałtyku, której przebieg ma kluczowe znaczenie dla rozwoju gospodarczego nie tylko województwa wielkopolskiego ale całej zachodniej Polski.

Obwodnica budowana była w dwóch etapach. W 2009 r. ukończony został pierwszy, 6,2-kilometrowy etap budowy. Na rozpoczęcie II etapu mieszkańcy czekali 5 lat. Budowa obwodnicy Ostrowa Wielkopolskiego to jedna z dziewięciu dużych inwestycji drogowych realizowanych obecnie w Wielkopolsce przez Generalną Dyrekcję Dróg Krajowych i Autostrad przy udziale środków Unii Europejskiej. Realizacja rozpoczęła się pod koniec roku 2014. Koszt robót wynikający z przetargu to prawie 285 mln zł.

Droga ekspresowa uolni prędko rozwijające się miasto od ruchu ciężkiego, a kierowcom podróżującym tranzytem umożliwi szybką i bezpieczną podróż. Nowa trasa jest doskonale skomunikowana z innymi, kluczowymi dla miasta drogami poprzez węzły Ostrow Wielkopolski Wschód i Ostrow Wielkopolski Południe. Komunikację lokalną zapewniają nowe drogi dojazdowe, a bezpieczeństwo ruchu bezkolizyjne rozwiązania komunikacyjne z zastosowaniem 15 obiektów inżynierskich. Powstały urządzenia związane z ochroną środowiska, a także urządzenia zapewniające bezpieczeństwo ruchu drogowego i sprawne odwodnienie jezdni. W ramach projektu zmodernizowano 1,4 kilometrowy fragment drogi krajowej nr 25 stanowiący wyjazd ul. Kaliską w stronę Kalisza. W tym miejscu warto dodać, że dalszy odcinek drogi krajowej nr 25, poprzez Kalisz aż do Konina jest obecnie projektowany.

Badaniami archeologicznymi na trasie budowy drogi ekspresowej S11 na odcinku obwodnicy Ostrowa Wielkopolskiego (etap II) wraz z rozbudową ul. Kaliskiej w ciągu drogi krajowej nr 25 objęto 26 stanowisk archeologicznych o łącznej powierzchni 1515 arów (ponad 15 hektarów). Prace badawcze prowadzono zarówno na etapie przygotowania inwestycji, jak i podczas jej realizacji (na stanowiskach ujawnionych podczas robót budowlanych).

12-07-2017