

## Katalog zielono – niebieskiej infrastruktury. Część II. Wytyczne i rozwiązania

Budowa i przebudowa kanalizacji deszczowej  
i dostosowanie sieci kanalizacji deszczowej  
do zmian klimatycznych na terenie miasta Bydgoszczy.

Wydanie 1.1 | 31 sierpnia 2017



Idea jest, aby miasto było bardziej odporne na zmiany klimatu, aby funkcjonowało jak "gąbka" - akumulując wodę deszczową i umożliwiając jej wykorzystanie w okresach suszy.

Miejskie Wodociągi i Kanalizacja  
w Bydgoszczy – sp. z o.o.

Autorzy katalogu:

**Dastin Adamowski**

[dastin.adamowski@arup.com](mailto:dastin.adamowski@arup.com)

**Jacek Zalewski**

[jacek.zalewski@arup.com](mailto:jacek.zalewski@arup.com)

**Paweł Paluch**

[pawel.paluch@arup.com](mailto:pawel.paluch@arup.com)

**Tomasz Glixelli**

[tomasz.glixelli@arup.com](mailto:tomasz.glixelli@arup.com)

Ilustracje, opracowanie graficzne, skład:

**Artur Kita**

[artur.kita@arup.com](mailto:artur.kita@arup.com)

Copyrights © 2017 by MWiK w Bydgoszczy and Arup

Wszelkie prawa zastrzeżone

Ove Arup & Partners International Limited Sp. z o.o.

Oddział w Polsce

ul. Przybyszewskiego 56

30-128 Kraków

tel. +48 12 292 2230

[krakow@arup.com](mailto:krakow@arup.com)

[www.arup.com](http://www.arup.com)

Nadrzeczny charakter Bydgoszczy od wieków warunkował jej rozwój. Doświadczenia Bydgoszczy stanowią bogaty katalog dobrych praktyk, związanych z odpowiedzialnym wykorzystaniem potencjału dwóch rzek i Kanalu Bydgoskiego – dla przemysłu, transportu, a także kultury, rozrywki i turystyki.

Jednak sukcesywna rewitalizacja nabrzeży oraz funkcjonalne włączanie obszaru rzek w strukturę zagospodarowania przestrzennego nie wystarczą.

Coraz silniej dostrzegamy i coraz lepiej odpowiadamy, na potrzebę powszechnego stosowania rozwiązań technologicznych, dzięki którym intensywny rozwój urbanistyczny będzie nie tylko respektował potrzeby przyrody, ale wręcz wspierał jej naturalne funkcje.

Katalog zielono-niebieskiej infrastruktury jest zaproszeniem do wspólnego kształtowania miejskiej przestrzeni w symbiozie z wodą, ze szczególnym uwzględnieniem roli wód opadowych. Zaproszenie to adresujemy do osób odpowiedzialnych za własny fragment Bydgoszczy – właścicieli nieruchomości, ogrodów, autorów inwestycji przemysłowych, publicznych, handlowych, komunikacyjnych i mieszkaniowych.

„Ekologia”... „zrównoważony rozwój”... nie są innowacyjnymi hasłami, ale postulatami coraz powszechniej zgłaszanych przez mieszkańców Bydgoszczy. Proponujemy konkretne realizacje, dzięki którym budowlane i architektoniczne koncepcje wpiszą się w ideę „miastogąbki”, wyjdą naprzeciw wymaganiom związanym ze zmianami klimatu i będą pozytywnie kształtować przestrzeń publiczną.

Wierzę, że praktyczny i obrazowy charakter katalogu zachęci Państwa do wzbogacenia własnych planów i projektów o najlepsze dla każdego wzorce gospodarowania wodami opadowymi.



Rafał Bruski  
Prezydent Miasta  
Bydgoszczy

Taki przykład odpowiedzialności – to niewątpliwie powód do zadowolenia. Ale przecież nie dla własnego zadowolenia podejmowaliśmy te wszystkie nowatorskie działania związane z porządkowaniem systemu odwodnienia miasta. Robiliśmy to przede wszystkim z myślą o mieszkańcach mocno już umęczonych sytuacją, w której niemal każda większa ulewa...dosłownie ich zalewa. Mieli tego dość – i słusznie. Dość miało tego także miasto – więc zwróciło się do nas, byśmy sytuację najpierw precyzyjnie zdiagnozowali, a następnie zaproponowali skuteczne przeciwdziałanie.

Rozpoczęliśmy od gruntownej inwentaryzacji tego co jest i dokładnie określiliśmy – w jakim jest stanie technicznym. I nie ma co ukrywać, że w niektórych sytuacjach aż trudno było sobie wyobrazić, że infrastruktura może być tak zniszczona! Znając fakty – najpierw ustaliliśmy, jakie standardy chcemy uzyskać, a następnie po trzech latach żmudnej i ciężkiej pracy, wspomagani przez ekspertów, wprowadziliśmy rozwiązania, których w Polsce nikt wcześniej nie stosował. Stąd śmiało mówimy dziś o nich, że są nowatorskie. Ujęliśmy je w projekcie pn. „Budowa i przebudowa sieci kanalizacji deszczowej i dostosowanie sieci kanalizacji deszczowej do zmian klimatycznych na terenie miasta Bydgoszczy”.

Co przede wszystkim przyświecało nam w założeniach tego projektu? Najważniejsze było znalezienie optymalnego, skutecznego i trwałego rozwiązania odpowiadającego na postępujące zmiany klimatyczne, a jednocześnie akceptowalnego cenowo co do kosztów budowy i utrzymania. Pierwsze co sobie uświadomiliśmy, to to, że niezbędna jest nam wszystkim zmiana schematu myślenia i działania i odejście od założenia, że da się zbudować kanalizację deszczową na tyle dużą, iż będzie ona w stanie odprowadzić każdą ilość wody natychmiast po ulewie. Brnięcie w tym kierunku, że trzeba i można taką kanalizację zbudować – powodowało jedynie coraz większe koszty.

Postanowiliśmy więc zmienić sposób myślenia i zamiast przeciwdziałać skutkom, najpierw zdecydowaliśmy się poszukać przyczyny takiego stanu rzeczy. I tą główną przyczyną okazał się sposób zagospodarowania zlewni i postępujące przez lata jej nadmierne uszczelnianie, głównie poprzez betonowanie i asfaltowanie powierzchni. Złe było także dążenie do jak najszybszego odprowadzenia całej wody opadowej lub roztopowej do rzeki. W efekcie takich działań ten wyścig z naturą wciąż przegrywalismy. Teraz – myślimy inaczej. Wiemy, że należy minimalizować ilość odprowadzanych wód deszczowych poprzez ich



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



źródło: Tomasz Czachorowski



retencjonowanie i wykorzystanie na terenie nieruchomości. Nowe analizy hydrauliczne i symulacje rozlicznych sytuacji wskazały na konieczność wypracowania rozwiązań polegających na budowie licznych małych zbiorników retencyjnych i instalacji do wtórnego wykorzystania wody deszczowej czyli renaturalizacji starych, wyschniętych oczek wodnych. Nazwaliśmy to mianem „rozproszonej retencji”.

Projekt, który powstał obejmuje ostatecznie renowację blisko 90 km starych kanałów (bo po wprowadzeniu retencji ich przepustowość okazała się wystarczająca) i budowę zaledwie 14 km kanałów nowych. Jego głównym założeniem jednak jest budowa aż 66 zbiorników retencyjnych! Dalsze analizy i rozważania wykazały potrzebę wieloletnich systematycznych działań w obszarze pozainwestycyjnym. Dlatego zainspirowaliśmy władze miasta, by przyjęły program tzw. zielono-niebieskiej infrastruktury, który umożliwi stosowanie nowych rozwiązań likwidujących proste odprowadzanie wód deszczowych do kanalizacji i dających możliwość ich wykorzystania do podlewania na terenie każdej nieruchomości. Taką nową filozofię działania Miasto zamierza również stosować w planowaniu przestrzennym, w określonych warunkach zagospodarowania dla nowych terenów inwestycyjnych, jak i dla terenów rekultywowanych.

Dalej, wspólnie z Miastem, planujemy działania edukacyjne, których efektem ma być większe osobiste

zainteresowanie mieszkańców propagowaniem i stosowaniem zielono-niebieskiej infrastruktury. Włączenie społeczeństwa Bydgoszczy w ten projekt jest naszym zdaniem warunkiem osiągnięcia założonych celów, czyli przede wszystkim zagospodarowania wód deszczowych i uzyskania trwałych, skutecznych rozwiązań w postaci uczynienia Miasta odpornym na zmiany klimatyczne.

Katalog rozwiązań, który oddajemy do Państwa rąk niech posłuży za przysłowiowy elementarz wiedzy i stanowi praktyczną pomoc w tworzeniu miasta-gąbki. Jego powstanie, moim zdaniem, ma charakter przełomowy w całym procesie porządkowania „deszczówki”.

Bo naprawdę nie musi wcale tak być, że ...co ulewa, to nas zalewa. Tyle, że w tym nowym myśleniu, nie możemy się oglądać tylko na innych. Sami też musimy sobie umieć pomóc.



**Stanisław Drzewiecki**  
Prezes MWiK  
Bydgoszcz

Oddając w Państwa ręce drugą część „Katalogu rozwiązań zielono-niebieskiej infrastruktury” liczymy, że stanie się on inspiracją i pomocą dla urbanistów, planistów, architektów i inwestorów. Marzy nam się Bydgoszcz tonąca w zieleni, z parkami, zielonymi skwerami, ale i poprzetykanymi zielenią chodnikami i placami, połączonymi z Brdą i Kanałem Bydgoskim w zielono-niebieską sieć. Proponujemy w Katalogu 20 różnych rozwiązań, które przechwytyując wodę deszczową przeciwdziałają podtopieniom, poprawiają mikroklimat, zwiększają bioróżnorodność i sprzyjają kreowaniu miasta przyjaznego mieszkańcom, miasta, w którym chce się mieszkać i odpoczywać.

Zmienność i nieprzewidywalność pogody obserwujemy na co dzień. Rzadko zdarzają się sytuacje, gdy wody w mieście jest odpowiednia ilość. Na ogół albo jest jej za dużo, wtedy pojawia się problem podtopień, albo za mało, co z kolei widać po suchych trawnikach, zapylonych ulicach czy przedwcześnie żółknących liściach na drzewach. Wielu ekspertów wskazuje jako przyczynę zmiany klimatyczne. Odporność na zmiany klimatu to ważna cecha dobrze zarządzanych miast. Zwiększenie tej odporności w Bydgoszczy to także jeden z celów powstania Katalogu.

Tworzenie rozproszonej infrastruktury zielono-niebieskiej w skali miasta jest mniej kosztowne i skuteczniejsze niż budowa twardej infrastruktury technicznej – sieci rur i zbiorników, gdyż likwiduje problem u źródła. Gdy woda trafi już do kanalizacji deszczowej, jej zretencjonowanie

lub ponowne wykorzystanie staje się bardzo kosztowne. Wiedzą o tym dobrze zarządzający siecią kanalizacji deszczowej w mieście. Mamy nadzieję, że dzięki Katalogowi łatwiej zdecydują się Państwo na przygotowanie projektów z uwzględnieniem potrzeb retencji wody tam, gdzie z deszczem spada ona na ziemię.

Cieszymy się, mogąc podzielić się z Państwem naszą wiedzą i doświadczeniem zarówno z Polski jak i ze świata. Będziemy dumni, jeśli tym sposobem uda nam się przyczynić do powstania kolejnych rozwiązań zielono-niebieskiej infrastruktury w Bydgoszczy.



**Jacek Zalewski**  
Lider biura Arup  
w Krakowie



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



# Wstęp

## O celach „Katalogu”

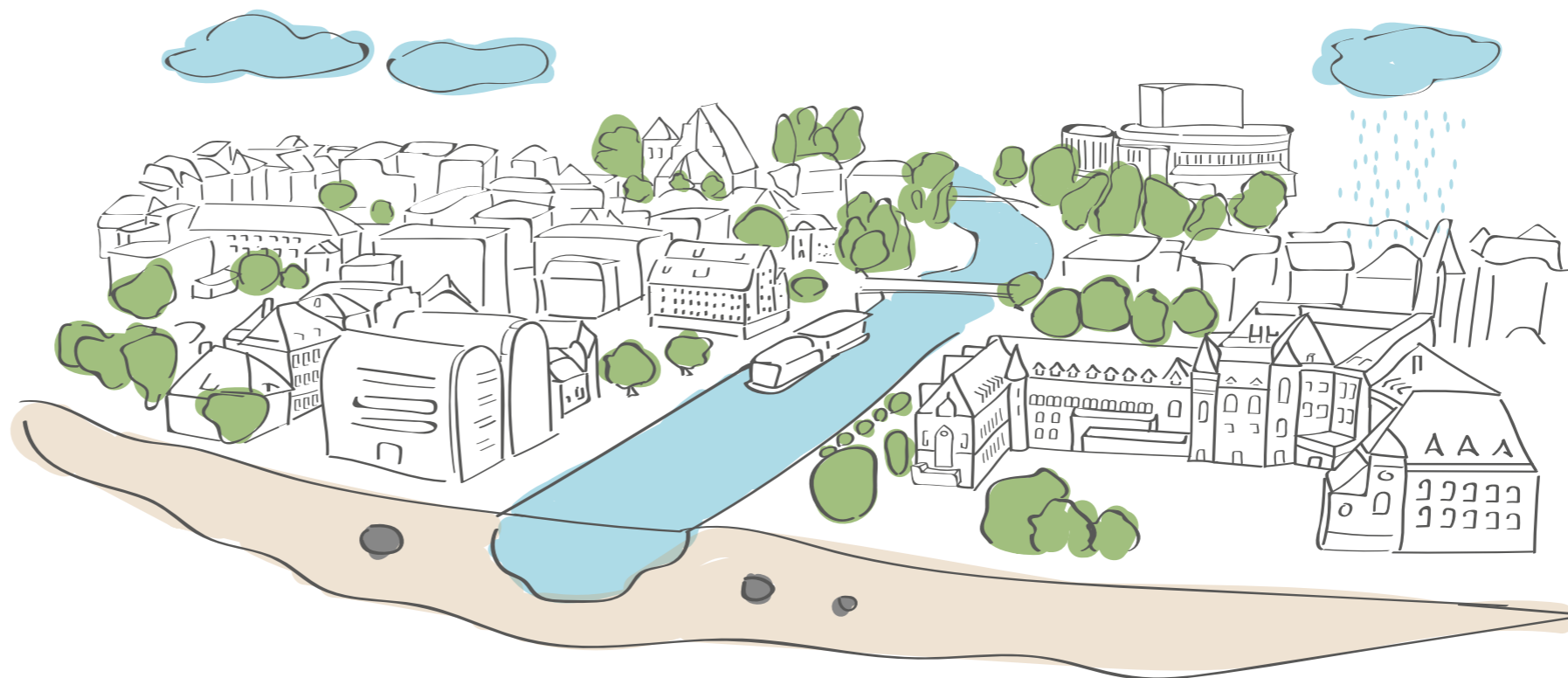
Bydgoszcz jak każde większe miasto w Polsce boryka się ze skutkami zagęszczającej się zabudowy mieszkaniowej, przemysłowej i usługowej. Intensywna zabudowa oraz uszczelnianie powierzchni przepuszczalnych i biologicznie czynnych powodują zwiększenie spływu powierzchniowego, przeciążenia kanalizacji oraz odbiorników, kanałów lub rzek i problemy z podtopieniami. Ta tendencja nakłada się na coraz częstsze ekstremalne zjawiska klimatyczne, przede wszystkim powódzie, ale także susze. Sytuacja staje się dwubiegunowa: raz wody jest za dużo, a za chwilę - za mało. Skutkiem są poważne straty ekonomiczne, obniżony komfort życia, a bywa, że i zagrożenie dla życia i zdrowia mieszkańców.

Aby odwrócić ten niekorzystny trend, miasto rozpoczyna promowanie tworzenia „zielonej” lub też „zielono-niebieskiej” infrastruktury w celu retencji wód opadowych. Pod tym nośnym hasłem kryją się odpowiednio zaprojektowane parki, ogrody deszczowe, naturalne zbiorniki retencyjne, zrewitalizowane ciekły wodne, rowy przydrożne, a także rozwiązania do zastosowań indywidualnych - przydomowych.

Dzięki odpowiedniemu planowaniu przestrzennemu połączonemu z analizą warunków dla zagospodarowania wód deszczowych możliwe jest maksymalne wykorzystanie potencjału terenów zielonych.

**Z problemem podtopień najlepiej radzić sobie w miejscu, gdzie znajdują się jego przyczyny, czyli tam gdzie dochodzi do uszczelnienia powierzchni.**

Ideałem jest połączenie w ramach tworzonej inwestycji różnorodnych funkcji: obok podstawowej, dla której tworzony jest projekt (na przykład handlowej, komunikacyjnej, mieszkaniowej, rekreacyjnej), także funkcji gromadzenia i zagospodarowania wód opadowych lub ich infiltracji, przeciwdziałania powstawaniu wysp ciepła, zwiększenia bioróżnorodności, a przy tym poprawy estetyki obszarów poddawanych zabudowie.



**W ten sposób kształtowane są miasta przyjazne dla mieszkańców, w których zagospodarowanie przestrzeni i infrastruktura wspiera funkcje społeczne. W zamierzeniu pomysłodawców „Katalog zielono-niebieskiej infrastruktury” ma pomóc w tworzeniu takich właśnie przestrzeni.**

W jego części pierwszej przedstawiono motywy działania, potencjał wdrażania oraz zestaw możliwych rozwiązań wraz z ich wadami i zaletami. Druga część skupia się na wybranych rozwiązaniach i przeznaczona jest dla planistów, urbanistów, architektów czy też pracowników wydziałów miasta i inwestorów.

Planuje się kolejne części, zawierające przykładowe wdrożenia i ich specyfikacje.

Promując te rozwiązania wierzymy, że edukacja zarówno jednostek odpowiedzialnych za planowanie przestrzenne, jak i mieszkańców czy inwestorów oraz podkreślenie wagi wspólnej odpowiedzialności za warunki życia w Bydgoszczy sprzyjać będzie powstawaniu takich przyjaznych i przynoszących szereg korzyści rozwiązań.

## Trendy w rozwoju miast czyli „miasto jak gąbka”

Miasta coraz częściej dostrzegają problem związany ze zbyt szybkim odprowadzaniem nadmiernej ilości wód opadowych z terenów zurbanizowanych, będący skutkiem nadmiernego uszczelnienia powierzchni miejskich oraz krótkotrwałych intensywnych opadów deszczu. Na etapie planowania przestrzennego inwestycji kładzie się nacisk na stosowanie przez inwestorów takich metod redukcji bądź opóźniania spływu wód opadowych, aby inwestycja nie doprowadzała do przeciążenia układu kanalizacji, a nawet by jej wpływ był obojętny. W tym przypadku zagospodarowanie wód opadowych musi równoważyć zwiększony odpływ wynikający z uszczelnienia. Zintegrowane podejście do rozwoju infrastruktury miejskiej przyczynia się do zminimalizowania wpływu obszarów zabudowanych na środowisko przyrodnicze.

Podstawowymi kierunkami działań, związanymi z planowaniem przestrzennym w miastach, a mającymi na celu redukcję spływu wód opadowych z terenu inwestycji i ograniczenie niekorzystnych skutków powodzi i suszy są przede wszystkim:

- przeznaczenie „zielonych” miejsc dla retencji (np. otwarte stawy i zbiorniki retencyjne zamiast

zbiorników podziemnych, rowy bioretencyjne), zatrzymujących wody opadowe podczas nawałnych deszczy;

- zastosowanie roślinności buforowej, która powoduje zwiększenie powierzchni wsiąkania wody oraz parowania (np. pasy zielenca usytuowane poniżej nawierzchni jezdni i chodnika, rowy, ogródki miejskie, zielone dachy i fasady);
- stosowanie nawierzchni przepuszczalnych na dużych powierzchniach jak parkingi, place, ścieżki drogi (przykładem są tutaj nawierzchnie mineralne, mineralno-żywiczone, hydrofugi, asfalt porowaty, beton przepuszczalny, geokraty lub kraty betonowe wypełnione trawą lub żwirem);
- ponowne wykorzystywanie wód opadowych na terenie inwestycji (podlewanie zieleni, splukiwanie ulic, powtórne wykorzystanie deszczówki w budynkach na przykład do splukiwania toalet);
- wykorzystanie i powiększanie istniejących systemów naturalnego odprowadzania wód deszczowych (np. rowy i niecki infiltracyjne, muldy trawiaste, studnie chłonne, zbiorniki infiltracyjne) zamiast ujmowania wody w rury i kanały;
- ochrona i rewitalizacja miejsc zieleni;
- Równolegle konieczne jest promowanie i stymulowanie legislacyjne lub finansowe powstawania rozproszonej



retencji w obszarach zabudowanych poprzez instrumenty planistyczne, a także sposób wyliczenia opłaty za odprowadzenie wód deszczowych.

Upraszczając można powiedzieć, że idealne rozwiązania niwelują potrzebę ujmowania wód deszczowych w rury i ich odprowadzania poza teren inwestycji.

### Odporność miast i ich adaptacja do zmian klimatu

Wraz z rozwojem miast, zagęszczaniem zabudowy, ale i ich rozlewaniem się na tereny sąsiednie, coraz więcej mówi się o odporności terenów zurbanizowanych na klęski żywiołowe.

**Odporność rozumiana jest w tym kontekście nie jako opór i niezmienne trwanie, lecz jako elastyczna „umiejętność” adaptowania się do zmian lub ograniczania strat wynikających z krótkotrwałego zagrożenia.**

Obok procedur zarządzania kryzysowego coraz większą wagę przywiązuje się do projektowania infrastruktury sprzyjającej adaptacji miast do nagłych zmian pogodowych, ale również przystosowania miast do przewidywanych długotrwałych trendów klimatycznych. Przykładem może być trend związany ze wzrostem temperatury (średniej czy też maksimów dziennych).

Piąty Raport IPCC (ang. *International Panel for Climate Change*) podaje, że główne skutki prognozowanych zmian klimatu będą dotyczyć terenów zurbanizowanych, oraz że jest niezwykle prawdopodobne, że więcej niż połowa obserwowanych wzrostów średnich temperatur jest spowodowana przez działalność człowieka. Piąty Raport IPCC zawiera również zaktualizowane modele klimatyczne, które odzwierciedlają obserwowane trendy zmian klimatu na Ziemi.

**Wyniki długofalowych symulacji potwierdzają trendy zmian, które obserwowane są w rzeczywistości: groźniejsze opady ekstremalne przy często niewielkich zmianach rocznych sum opadów.**

Ważny strategiczny dokument w Polsce - Strategiczny Plan Adaptacji do zmian klimatu (SPA 2020) - jako jeden z instrumentów przystosowania miast wskazuje skuteczny system planowania przestrzennego ograniczający możliwość zabudowy terenów zagrożonych powodzią oraz uwzględniający potencjalne oddziaływanie zjawisk ekstremalnych spowodowanych zmianami klimatu. W dokumencie podkreślono także wagę miejskiej polityki przestrzennej uwzględniającej zmiany klimatu. Do wymienionych działań adaptacyjnych zalicza się między innymi:

- „Rewitalizację przyrodniczą, w tym przywracanie zdegradowanym terenom zieleni i zbiornikom wodnym ich pierwotnych funkcji, ze szczególnym uwzględnieniem

małej retencji w miastach. Wymiana szczelnych powierzchni gruntu na przepuszczalne.

- Uwzględnienie w planach zagospodarowania w miastach konieczności zwiększenia obszarów zieleni i wodnych, korytarzy wentylacyjnych (...)

### Prawo wodne

W nowym, uchwalonym 20 lipca 2017 roku Prawie wodnym, widoczny jest trend zmierzający w stronę retencjonowania wody oraz przeciwdziałania ograniczeniu naturalnej retencji i przeciwdziałania bezpośredniemu odprowadzaniu wody z terenów uszczelnionych. Wprowadzane instrumenty, nawet jeśli jeszcze niedoskonałe, podkreślają wagę rozwiązań zielono-niebieskiej infrastruktury i wartość jaką ma użytkowana woda.

### Woda deszczowa w Bydgoszczy

W planowaniu zrównoważonego rozwoju Bydgoszczy, jako miasta zdolnego do adaptacji do zmian klimatu, jednostki organizacyjne odpowiedzialne za te działania coraz większą wagę przywiązują do wdrażania rozwiązań rozproszonych zielono-niebieskiej infrastruktury.

**Idea jest, aby miasto funkcjonowało jak „gąbka” – akumulując wodę deszczową i umożliwiając jej wykorzystanie w okresach suszy.**

Kształtowanie miasta w tym kierunku to proces rozłożony na wiele lat.

Podejście to towarzyszy wdrażanemu przez Miejskie Wodociągi i Kanalizację w Bydgoszczy projektowi „Budowa i przebudowa kanalizacji deszczowej i dostosowanie sieci kanalizacji deszczowej do zmian klimatycznych na terenie miasta Bydgoszczy”. Jest on zasadniczo odpowiedzią na bieżące potrzeby przebudowy sieci kanalizacji deszczowej w Bydgoszczy i wieloletnie zaniedbania w jej utrzymaniu i rozwoju. Równocześnie jego celem jest przystosowanie miasta do zmiany warunków klimatycznych. Sukces projektu zależy zatem nie tylko od skutecznego przeprowadzenia planowanych inwestycji zwiększających retencję w zlewni i renowacji sieci kanalizacji deszczowej, ale także od odpowiedniego podejścia do planowania przestrzeni miejskiej. Bez tego elementy nakłady inwestycyjne w rozwiązania punktowe (zbiorniki, retencję w kanałach) i sieciowe (rozbudowa i renowacja kanalizacji deszczowej) będą stale rosły, nadmiernie obciążając kosztami ich budowy mieszkańców i inwestorów prowadzących w mieście działalność gospodarczą. Celem projektu jest zatem odpowiedź na potrzeby zidentyfikowane dla sytuacji bieżącej, ale także wprowadzenie rozwiązań zmieniających



źródło: Arup



niekorzystny trend wzrostu zagrożeń i przeciwdziałających zagrożeń w miejscu ich powstawania, czyli zanim wody opadowe znajdą się w kanalizacji deszczowej.

Bydgoszcz stawia realnie na retencję, czyli na zatrzymywanie wody i na myślenie o wykorzystywaniu jej na miejscu, a nie o tym, jak najszybciej pozbyć się jej z miasta.

### Współpraca i inspiracja

„Zazdrościmy Bydgoszczy pasji, determinacji i integracji środowisk, które wyznały sobie wspólny cel”

– takie opinie często wygłaszano podczas zorganizowanej w Hali Pomp w Bydgoszczy w czerwcu 2017 roku konferencji naukowej dotyczącej retencji z perspektywą do roku 2050, podczas której omawiano bydgoskie doświadczenia.

Miasta przystępują do opracowywania modeli hydraulicznych integrujących systemy kanalizacyjne, rzeki oraz pokrycie terenu, dzięki którym można precyzyjnie zrozumieć, jakie problemy w zlewniach są przyczyną podtopień. Zintegrowane modele są doskonałym narzędziem umożliwiającym analizę możliwych rozwiązań i zoptymalizowanie działania całego systemu miejskiego.

Jednym z problemów dużych aglomeracji miejskich jest jednak brak koordynacji i współpracy pomiędzy sektorami odpowiedzialnymi za planowanie przestrzenne oraz za gospodarowanie zasobami wodnymi. Posiadanie przez miasta odpowiednich instrumentów (np. zapisów w miejscowych planach, przewodników dobrych praktyk, zaleceń do stosowania norm branżowych, modeli hydraulicznych) umożliwia skuteczne egzekwowanie stosowania naturalnych metod zagospodarowywania wód opadowych w procesie inwestycji i rewitalizacji struktur miejskich. W literaturze zwraca się także uwagę na późniejsze utrzymanie powstałych rozwiązań, zapewniające trwałość efektów. Choć kluczową rolę odgrywa planowanie przestrzenne, a więc odpowiedzialne za nie władze miasta, warto zauważyć, że woda w mieście „przepływa” pomiędzy różnymi interesariuszami: spada jako deszcz na działkę prywatną lub ulicę, aby przez sieć kanalizacji zarządzaną przez wydziały miejskie lub spółki wodociągowe odpłynąć do

rzeki czy kanału, o które z kolei dbają instytucje rządowe.

Bez współpracy i wprowadzania skutecznych instrumentów stymulujących rozwój zielono-niebieskiej infrastruktury na każdym etapie inwestycyjnym, ale też bez przedstawiania inspirujących dobrych praktyk, osiągnięcie efektów w postaci ograniczenia podtopień i powodzi będzie bardzo trudne.

### Część II Katalogu. Struktura dokumentu czyli jak korzystać z Katalogu?

W drugiej części Katalogu przedstawiamy 20 najbardziej przydatnych rozwiązań retencji i gospodarowania wodami opadowymi, które z powodzeniem mogą być stosowane w Bydgoszczy: od rozwiązań przydomowych, ogrodów deszczowych, przez muldy chłonne, skrzynki rozsączające, stawy hydrofitowe aż po zbiorniki powierzchniowe i podziemne.

Rozwiązania te mogą być stosowane w różnych miejscach w mieście. Niektóre dostosowane są do zabudowy jedno rodzinnej, rozproszonej, inne sprawdzą się najlepiej przy drogach, jeszcze inne są najlepsze dla zwartej zabudowy miejskiej. Dlatego zebraliśmy je w 6 kategorii:

- I. domy jednorodzinne
- II. drogi/ciągi komunikacyjne
- III. osiedla
- IV. parki
- V. zabudowa zwarta
- VI. parkingi, place, obiekty handlowe

Dzięki temu można najpierw odnaleźć interesujący nas obszar, w którym zlokalizowany ma być projekt, a następnie zapoznać się z typowymi dla tego obszaru rozwiązaniami.

Przy każdym rozwiązaniu, obok opisu i charakterystycznych wymogów technicznych określano także, w pięciostopniowej skali jego cechy takie jak: wysokość nakładów inwestycyjnych, potrzeby związane z utrzymaniem, potencjał rozwiązania dla potrzeb retencji wody, podczyszczania i infiltracji.

	ZASTOSOWANIE					
	Place Parkingi	Drogi	Parki	Osiedla	Zabudowa zwarta	Domy jednorodzinne
Powierzchnie przepuszczalne	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lokalne obniżenia z bioretencją	✓	✓	✓	✓	✓	
Korytka spływowe	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rowy chłonne	✓	✓	✓	✓		
Muldy chłonne	✓	✓	✓	✓		
Rewitalizacja cieków miejskich			✓	✓		
Deszczówka przy domu				✓	✓	✓
Ogrody deszczowe			✓	✓	✓	✓
Pasaże roślinne			✓	✓		✓
Stawy hydrofitowe	✓	✓	✓	✓		✓
Powierzchniowe zbiorniki infiltracyjno-retencyjne	✓	✓	✓	✓		
Niecki filtracyjne	✓	✓	✓	✓		
Podziemne zbiorniki szczelne	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Powierzchniowe zbiorniki retencyjne szczelne	✓	✓	✓	✓		✓
Skrzynki rozsączające	✓	✓		✓	✓	✓
Skrzynie korzeniowe	✓	✓		✓	✓	
Zielone i niebieskie dachy				✓	✓	✓
Fontanny z retencją	✓		✓	✓	✓	
Place wodne	✓		✓	✓	✓	
Biomimetyka (naśladowanie natury)			✓	✓	✓	✓

# I DOMY JEDNORODZINNE

## Skrzynki rozsączające:

Umiejscowione pod ziemią skrzynki, o objętości retencyjnej kilkukrotnie większej niż w rowach żwirowych. Przyjmują wodę z dachów i powierzchni utwardzonych oraz wspomagają infiltrację w grunt.

## Powierzchniowe zbiorniki retencyjne szczelne:

Element architektury ogrodowej, idealne miejsce wypoczynku. Posadzone rośliny lub dobrane dekoracje mogą nadać atrakcyjny charakter zbiornika, maskując jego elementy konstrukcyjne.

## Zielone i niebieskie dachy:

Niebieskie działające jak zbiorniki retencyjne, zielone przypominające trawnik czy łąkę z kwiatami lub brunatne – ekstensywne, dachy o najmniejszych wymagach utrzymaniowych. W dużych miastach rekompensują utratę zieleni, sprzyjają przywróceniu równowagi przyrodniczej oraz poprawiają mikroklimat.

## Powierzchnie przepuszczalne:

Wspomagają infiltrację wód opadowych na powierzchniach utwardzonych.

## Pasaże roślinne:

Odpowiednio ukształtowany teren obsadzony gęstą roślinnością wodolubną nie tylko podwyższa walory estetyczne ogrodu, ale przede wszystkim posiada dużą zdolność do oczyszczania wód deszczowych.

## Korytka spływowe:

Odprowadzenie wody z powierzchni dachów nie musi kończyć się pod ziemią. Otwarte korytka można budować z fantazją, kierując odpływ do oczek wodnych.

## Podziemne zbiorniki szczelne:

Budowane w postaci skrzynek mogą być łączone w moduły. Na rynku dostępne są modele zawierające specjalne filtry oczyszczające, dzięki czemu zebrana woda może być wykorzystana również do prania lub spłukiwania toalet.

## Stawy hydrofitowe:

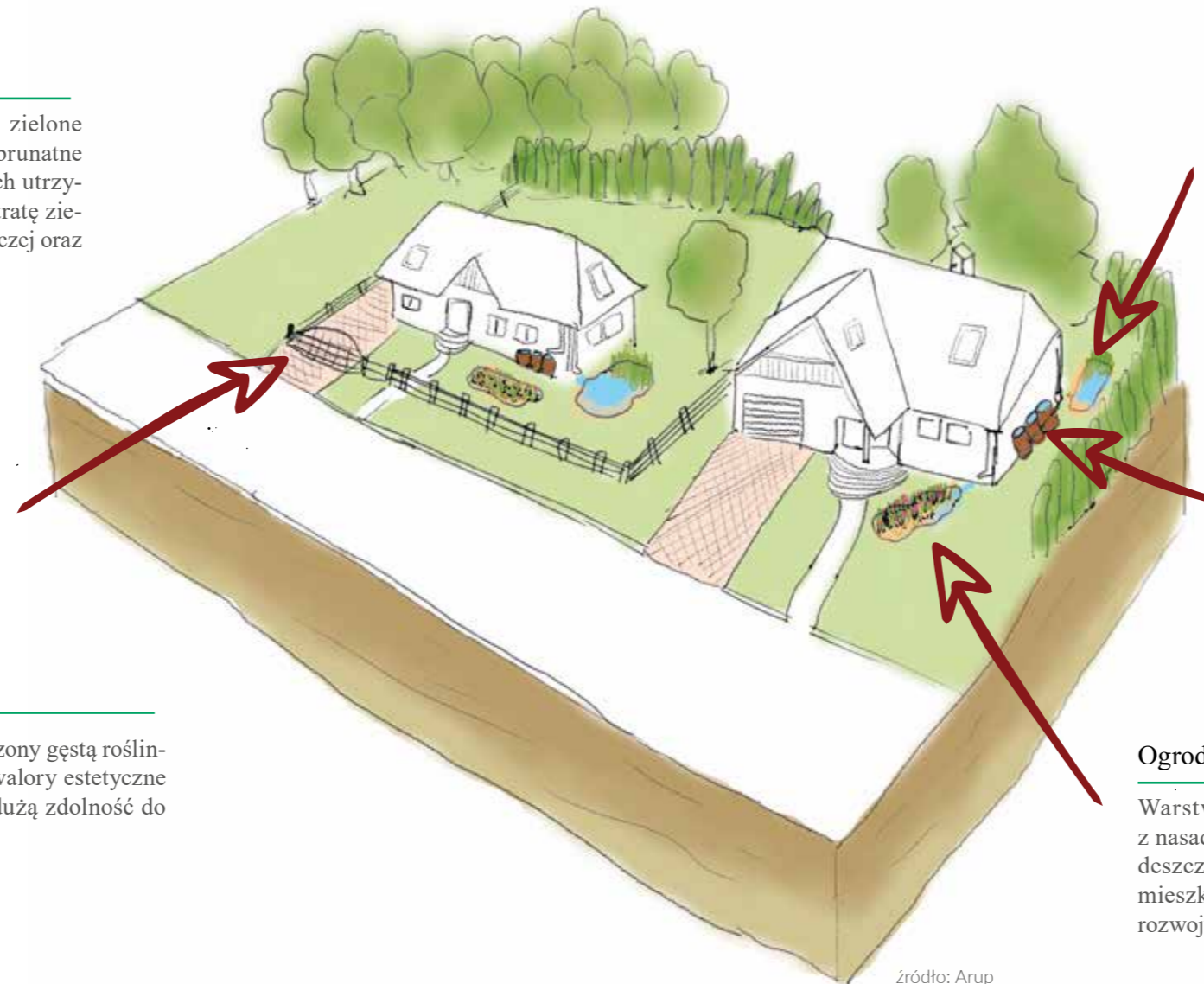
Obfitują w rośliny wodne lub bagienne skutecznie usuwające zanieczyszczenia. Bywają też częścią przydomowych oczyszczalni ścieków. Duża pojemność retencyjna stawów stanowi efektywne zabezpieczenie przed podtopieniami podczas nagłych spływów deszczu.

## Deszczówka przy domu:

Odzysk deszczówki można przeprowadzić na wiele sposobów, między innymi poprzez zamontowanie w rurze spustowej zbieracza deszczówki i wykonanie instalacji zbiornikowej. Deszczówka idealnie sprawdza się przy codziennej pielęgnacji kwiatów, trawników i roślin.

## Ogrody deszczowe:

Warstwy drenażowe wkomponowane w teren wraz z nasadzeniami roślin o zdolnościach oczyszczania wody deszczowej. Proste rozwiązanie, dzięki któremu każdy mieszkaniec może przyczynić się do zrównoważonego rozwoju otoczenia.



źródło: Arup



## II DROGI

### Powierzchniowe zbiorniki retencyjne szczelne:

Łagodzą ekstremalne przepływy burzowe, ale także na ogół stanowią ważny element krajobrazu miejskiego, podnosząc jego wartość przyrodniczą.

### Podziemne zbiorniki szczelne:

Duża pojemność zbiorników oraz dostępność produktów prefabrykowanych stoją za popularnością tego rozwiązania szczególnie w projektach odwadniania dużych powierzchni drogowych w zwartej zabudowie.

### Powierzchnie przepuszczalne:

Ograniczenie udziału powierzchni uszczelnionych w miastach jest jednym z priorytetowych działań dla zatrzymania wody, bowiem od rodzaju pokrycia powierzchni zależy wielkość spływu wód opadowych. Na mniej ruchliwych drogach kostka brukowa i asfalt mogą być zastąpione nawierzchniami przepuszczalnymi.

### Lokalne obniżenia z bioretencją:

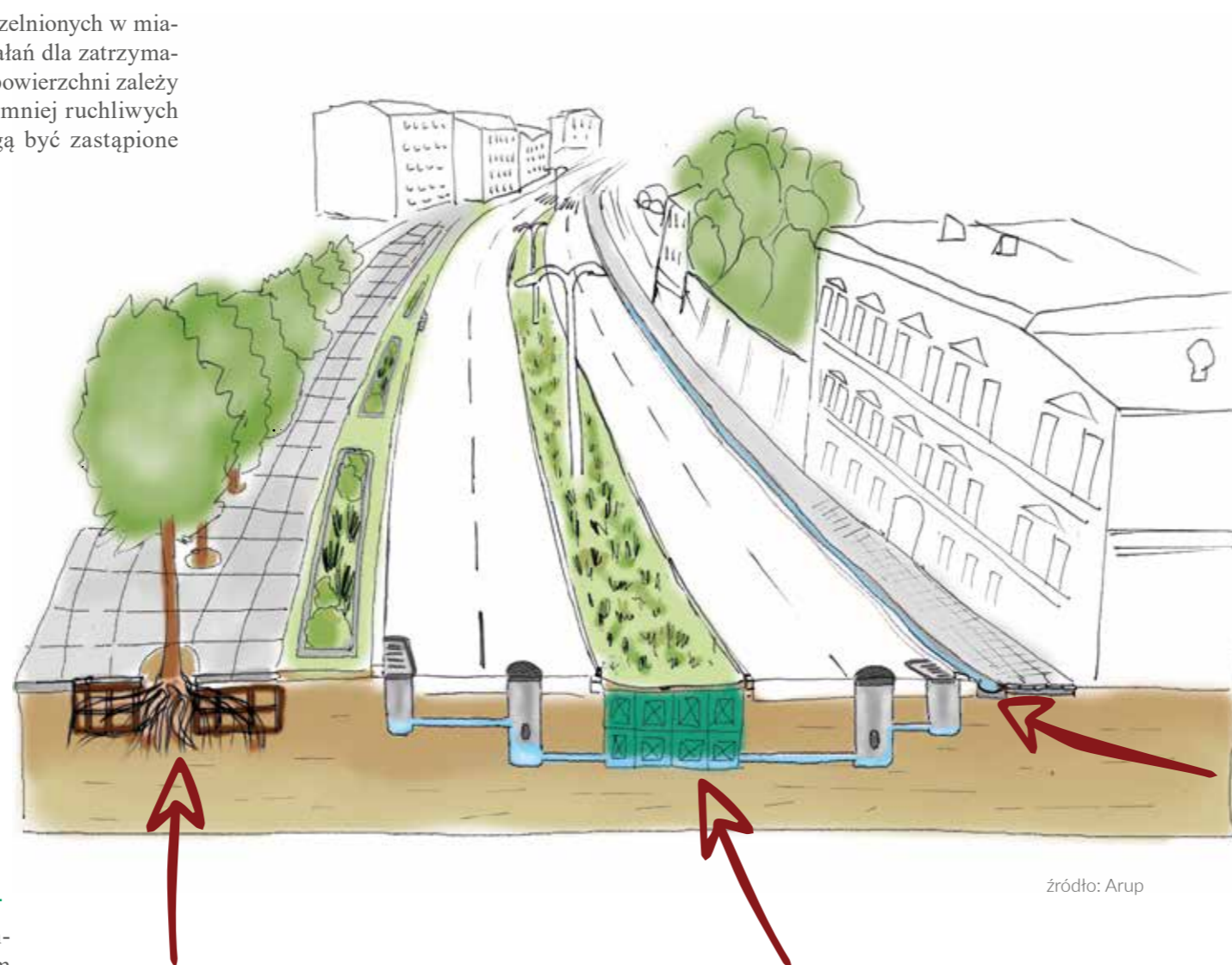
Obniżone w stosunku do niwelety drogi poletka, obsadzone roślinnością rodzimą, przechwytyją nadmiar spływającej wody i działają niczym mikro zbiorniki retencyjne z funkcją podczyszczania.

### Muldy chłonne:

Zmniejszona w wyniku budowy drogi retencja może być odzyskiwana dzięki długim otwartym kanałom opóźniającym odpływ i oczyszczającym wodę z zawieszin. Świetnie sprawdzają się w zabudowie jednorodzinnej i rozproszonej.

### Stawy hydrofitowe:

Te wodne ekosystemy imitujące warunki bagienne, dzięki porastającym roślinom naczyniowym, skutecznie poprawiają jakość zanieczyszczonych wód deszczowych spływających z dróg.



źródło: Arup

### Skrzynki korzeniowe:

Skrzynki korzeniowe umożliwiają nasadzenia w zwartej zabudowie, a dzięki drzewom powstaje naturalna bariera dla hałasu i pyłów, wprowadzając zacienienia i podnosząc jakość życia mieszkańców miasta. Gromadzona woda opadowa umożliwia wzrost drzewom zachowując je w dobrej kondycji.

### Skrzynki rozsączające:

Skrzynki to coraz bardziej popularny podziemny system magazynujący, retencyjny lub rozsączający, wspomagający pracę układów kanalizacyjnych. System taki umożliwia przesunięcie odpływu w czasie oraz zatrzymanie i infiltrację wód deszczowych „u źródła”.

### Rowy chłonne:

Liniowe urządzenia infiltracyjne budowane najczęściej wzdłuż drogi lub chodnika, w których zgromadzona woda opadowa jest częściowo infiltrowana, a nadmiar odprowadzany dalej.

### Niecki filtracyjne:

Łatwość wkomponowania niecek w krajobraz naturalny, ze względu na ich niewielkie zagłębienie i pokrycie roślinnością, powoduje, że stanowią ekonomiczne rozwiązanie odwadniające pobliskie ciągi komunikacyjne.

### Powierzchniowe zbiorniki infiltracyjno-retencyjne:

Odpowiednio zaprojektowane zbiorniki o pojemności dobranej do odpływu ze zlewni, skutecznie chronią przyległe tereny przed zalaniem wodą z uszczelnionych ciągów komunikacyjnych.

### Korytka spływowe:

Łatwe w utrzymaniu odprowadzenie powierzchniowe wód opadowych z niewielkich dróg wewnętrznych pozostawia wiele przestrzeni na wyobraźnię i kreatywność, pozwalając zaoszczędzić na kosztach bardziej skomplikowanej infrastruktury kanalizacyjnej.

## III OSIEDLA

### Place wodne:

W okresach suchych służą rekreacji, a napełniając się deszczówką w czasie opadów, opóźniają jej odpływ.

### Powierzchniowe zbiorniki retencyjne szczelne:

Stanowią szczególne elementy architektoniczne terenu w obrębie osiedli, zwiększając ich atrakcyjność oraz komfort życia mieszkańców. Tworzą naturalne siedliska, magazynują wodę deszczową i pełnią funkcję rekreacyjną.

### Powierzchnie przepuszczalne:

Geokraty dla miejsc postojowych czy materiał mineralny, związany niewielką ilością żywicy epoksydowej, przepuszczają wodę, poprawiając nawodnienie rosnących na osiedlach roślin. Bogata paleta rozwiązań nawierzchni umożliwia tworzenie różnorodnych alejek osiedlowych.

### Skrzynki rozsączające:

Kompaktowy system retencji czy rozsączania wód opadowych. Dzięki podziemnej konstrukcji nie ogranicza powierzchni terenu, oszczędzając ceną przestrzeń miejską.

### Korytka spływowe:

Ożywiający element kształtowania osiedla, ekspozujący spływającą wodę. Korytka mogą krzyżować się z jezdnią i uspakajają ruch uliczny. Na placach tworzą świetne miejsca zabaw dla dzieci.

### Rowy chłonne:

Liniowe odwodnienia wypełnione żwirem, mające zastosowanie w miejscach, gdzie inne urządzenia drenażowe, wymagające większej powierzchni, nie mogą być zastosowane.

### Podziemne zbiorniki szczelne:

Stanowią solidną ochronę przeciw podtopieniom, mogą w stosunkowo krótkim czasie zgromadzić duże ilości spływającej wody deszczowej. Umieszczane pod ziemią, pozwalają zaoszczędzić ceną przestrzeń osiedlową dla innych celów.

### Zielone i niebieskie dachy:

Odpowiednio wykonane filtrują deszczówkę, usuwając z niej zanieczyszczenia, zatrzymując kurz i pyły. Zielone rośliny dodatkowo produkują tlen i opóźniają spływ wód deszczowych, tymczasowo retencjonując wody opadowe.

### Niecki filtracyjne:

Niewielkie zagłębienia o dobrych właściwościach retencyjnych, podczyszczania i łatwe do wkomponowania w zielone tereny osiedla.

### Stawy hydrofitowe:

Rozwiązanie oparte na naśladowaniu naturalnych mechanizmów bagiennych, prowadzących do znacznego polepszenia jakości wód deszczowych. Stawy są jednym z wzorcowych przykładów regeneracji krajobrazu przekształconego przez człowieka.

### Powierzchniowe zbiorniki infiltracyjno-retencyjne:

Nie tylko zapewniają wydajny magazyn gromadzący wodę opadową i umożliwiający rozsączanie nadmiaru wody do gruntu, ale także są miejscem życia roślin i zwierząt preferujących siedliska wodno-ładowe oraz stwarzają możliwości aranżacji na potrzeby wypoczynkowe dla mieszkańców osiedli.

### Ogrody deszczowe:

Przechwytyują wodę opadową i dzięki temu odciążają tradycyjną sieć kanalizacyjną, a jednocześnie kreują atrakcyjną przestrzeń i przyczyniają się do ochrony środowiska.

### Skrzynki korzeniowe:

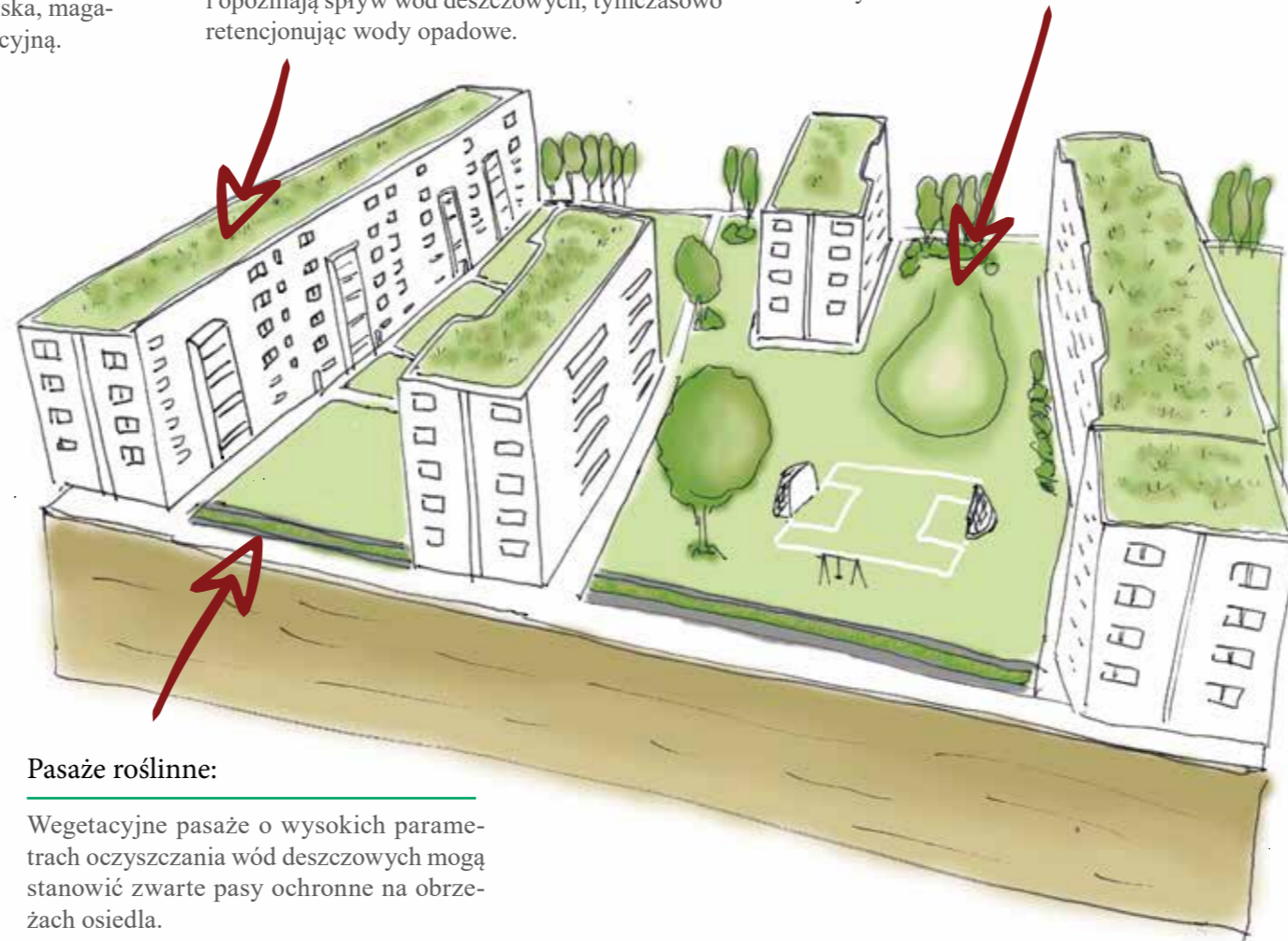
Nowatorskie systemy, których celem jest retencja wody i zapewnienie optymalnych warunków dla wzrostu drzew. Stosowane szczególnie w ciasnych lokalizacjach, gdzie połączenie tych funkcji osobno jest kłopotliwe.

### Deszczówka przy domu:

Woda zebrana z dachów, spływając do powierzchniowych zbiorników, oczek wodnych, stawów, pozwala ograniczyć nakłady inwestycyjne na wspólną infrastrukturę, obniża koszty środowiskowe i zwiększa odpowiedzialność mieszkańców za wspólną przestrzeń.

### Fontanny z retencją:

Stanowią ulubione miejsce spędzania wolnego czasu z bliskimi. Woda w ruchu nadaje miejscu wyjątkową atmosferę.



źródło: Arup

### Pasaże roślinne:

Wegetacyjne pasaże o wysokich parametrach oczyszczania wód deszczowych mogą stanowić zwarte pasy ochronne na obrzeżach osiedla.

### Rewitalizacja cieków miejskich:

Odpowiednie ukształtowanie terenu przy cieku w formie możliwie zbliżonej do naturalnej, z pozostawieniem miejsca na meandrowanie lub wykształceniem wielodzielnego koryta oraz dobór szaty roślinnej, pozwalają na odzyskanie utraconego charakteru cieku miejskiego i stworzenie miejsca o wysokich walorach estetycznych, rekreacyjnych czy nawet edukacyjnych. Sieć cieków może tworzyć parki linearne, połączone przybrzeżnymi ścieżkami rowerowymi i spacerowymi.

### Muldy chłonne:

Woda deszczowa nie powinna być chowana w studzienkach i rurociągach. Ich budowa i utrzymanie są kosztowne. Tymczasem trawiaste podłużne zagłębienia, jeśli tylko poprawnie wkomponowane w strukturę zabudowy, doskonale sprawdzają się nie tylko odprowadzając wodę, ale też czyniąc osiedla miejscami przyjaznymi dla mieszkańców.



## IV PARKI

### Ogrody deszczowe:

Każdy z nich jest niepowtarzalny, z odmienną kombinacją roślinną, a przy większej ilości można już mówić o systemie korzystnym dla zasobów wodnych i środowiska.

### Lokalne obniżenia z bioretencją:

Zatrzymanie części warstwy opadów przez glebę i rośliny w tych niewielkich obniżeniach poprawia powiązanie przestrzeni miejskich z terenami zieleni parkowej.

### Korytka spływowe:

Korytka postrzegane są jako element kreowania charakteru miejsca. Zamiast w rurociągach, woda odprowadzana jest na powierzchni, przez co różnicuje i zmienia strukturę nawierzchni umocnionych.

### Rewitalizacja cieków miejskich:

Obniżenie prędkości przepływu wody przez wykształcenie wielodzielnego koryta, na przykład z okresowo zalewaną ścieżką rowerową, często pozwala na rewitalizację cieków i wyraźne zwiększenie bioróżnorodności. Warto pomyśleć o meandrowaniu cieków w ramach koryta przy niskich przepływach.

### Rowy chłonne:

Wypełnione utworami przepuszczalnymi jak żwir, mogą być obsadzone roślinami dobrze znoszącymi nadmiar wody podczas deszczu, jak i jej niedobór w okresie suchym.

### Niecki filtracyjne:

Gromadzące spływ powierzchniowy niecki, wpisane w ukształtowanie terenu, mogą stać się ozdobą przestrzeni parkowej.

### Powierzchniowe zbiorniki infiltracyjno-retencyjne:

Otwarte wody zbiorników wraz z bujną roślinnością brzegową wpływają na zatrzymanie wody opadowej u źródła powstania, a także zwiększają jej czystość. Ruchy fal oraz odbicia światła są niezwykle ożywiającymi elementami parku miejskiego.

### Stawy hydrofitowe:

Wraz z charakterystyczną szatą roślinną stawy wpisane są w układ kompozycyjny alejek i placów parkowych oraz pozwalają stworzyć klimat nadwodnej enklawy. Mogą być zasilane wodą z okolicznych terenów utwardzonych, znajdujących się wokół parku.

### Powierzchniowe zbiorniki retencyjne szczelne:

Mogą stanowić wartościowe elementy krajobrazu, które poza pojemnością retencyjną skutecznie ograniczającą odpływ wody i łagodzącą fale powodziowe, współtworzą atrakcyjne otwarte przestrzenie miejskie, służące rekreacji w okresach bezdeszczowych.

### Podziemne zbiorniki szczelne:

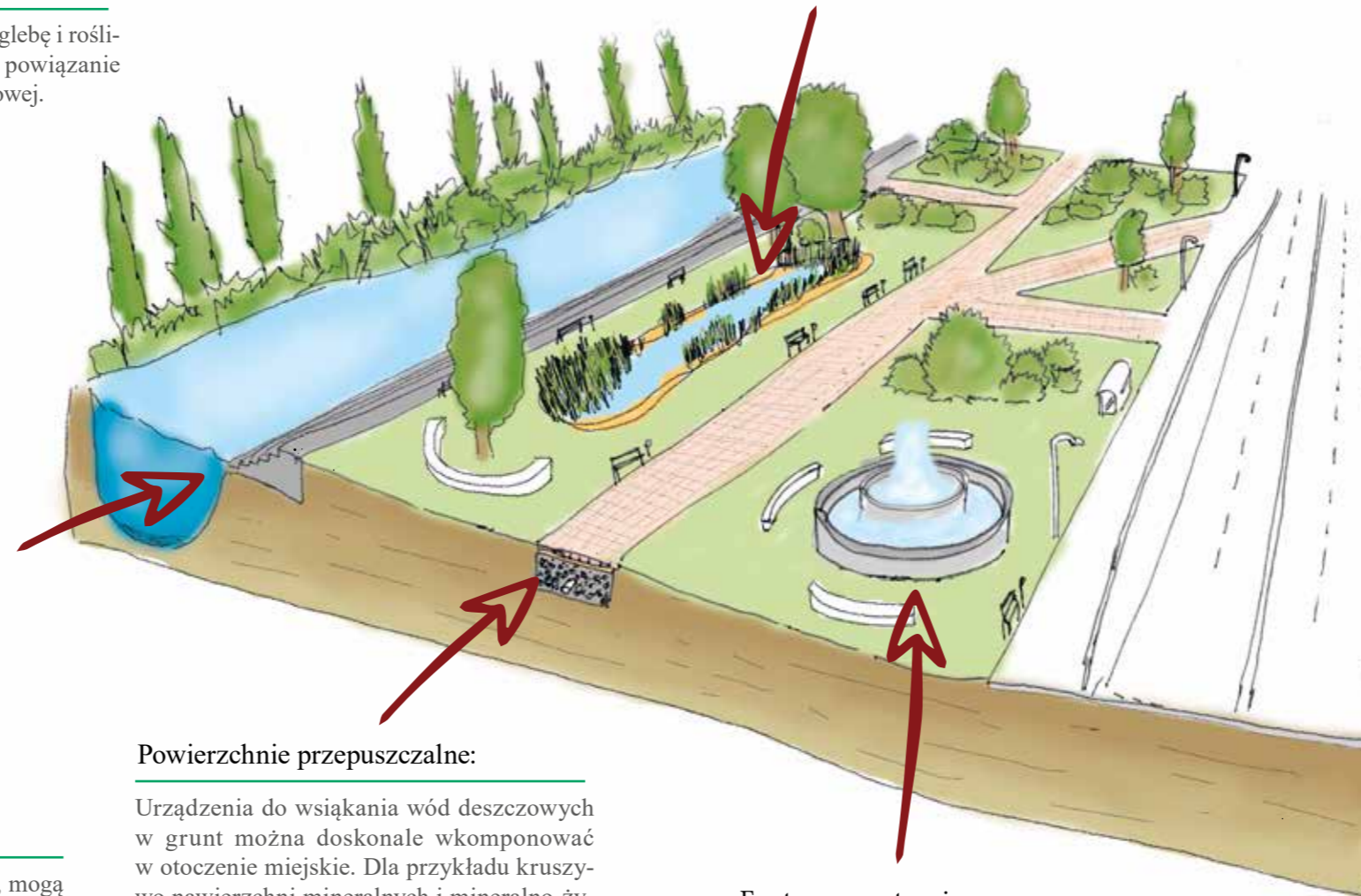
Ukryte pod powierzchnią terenu wpływają na ograniczenie niejednokrotnie katastrofalnych skutków powodzi opadowych – błyskawicznych, a w okresach suchych stanowią rezerwuuar wody dla celów nawadniania zieleni miejskiej.

### Muldy chłonne:

Zastosowanie przegród w formie nasypów skalnych lub palisad nadaje swoistego charakteru tym nieckowatym zagłębieniom, łącząc odprowadzanie wód opadowych z jednoczesnym oczyszczaniem i wsiąkaniem.

### Place wodne:

Boisko sportowe i zbiornik przeciwpowodziowy w jednym? To właśnie jest możliwe w zintegrowanym planowaniu przestrzennym i zarządzaniu wodami opadowymi w mieście.



### Powierzchnie przepuszczalne:

Urządzenia do wsiąkania wód deszczowych w grunt można doskonale wkomponować w otoczenie miejskie. Dla przykładu kruszywo nawierzchni mineralnych i mineralno-żwicznych może mieć różne kolory, co stanowi alternatywę dla asfaltu lub kostki brukowej.

### Fontanny z retencją:

Szumiąca w fontannie woda ułatwia relaks, i działa kojąco. Fontanna często stanowi rdzeń i punkt centralny parku miejskiego.

źródło: Arup

### Pasaże roślinne:

Wpływają korzystnie na estetykę zagospodarowania terenu, często stając się kluczowym ogniwem systemu oczyszczania wód deszczowych i spójności parków i skwerów.

# V ZABUDOWA ZWARTA

## Powierzchnie przepuszczalne:

Odzyskanie utraconej retencji poprzez rozszczelnienie powierzchni w obrębie gęstych zabudowań ma duże znaczenie dla zrównoważonego funkcjonowania miasta i jego zwartej zabudowy.

## Zielone i niebieskie dachy:

Zmniejszają efekt miejskiej wyspy ciepła wśród gęstej zabudowy, poprawiają stan aerosanitarny i zatrzymują nawet 90% wody deszczowej w okresie letnim.

## Fontanny z retencją:

Poprawiają wizualnie miejską przestrzeń, magazynują nadmiar opadu, a tryskająca woda w promieniach słońca przełamuje szarość i surowość zwartej zabudowy.

## Lokalne obniżenia z bioretencją:

Kształtowanie mocno zagospodarowanej strefy miejskiej w sposób oszczędzający wodę możliwe jest właśnie dzięki zdecentralizowanym rozwiązaniom, na przykład elastycznym w zaadaptowaniu, niewielkim poletkom bioretencyjnym.

## Place wodne:

Co zrobić, gdy zabudowa w centrum miasta osiągnęła maksimum intensywności, a obszar narażony jest na uciążliwe podtopienia? Rozwiązaniem może być zbiornik otwarty w formie zagłębionego placu wodnego, dodatkowo zagospodarowanego jako obiekt sportowy – boisko, plac zabaw.

## Korytka spływowe:

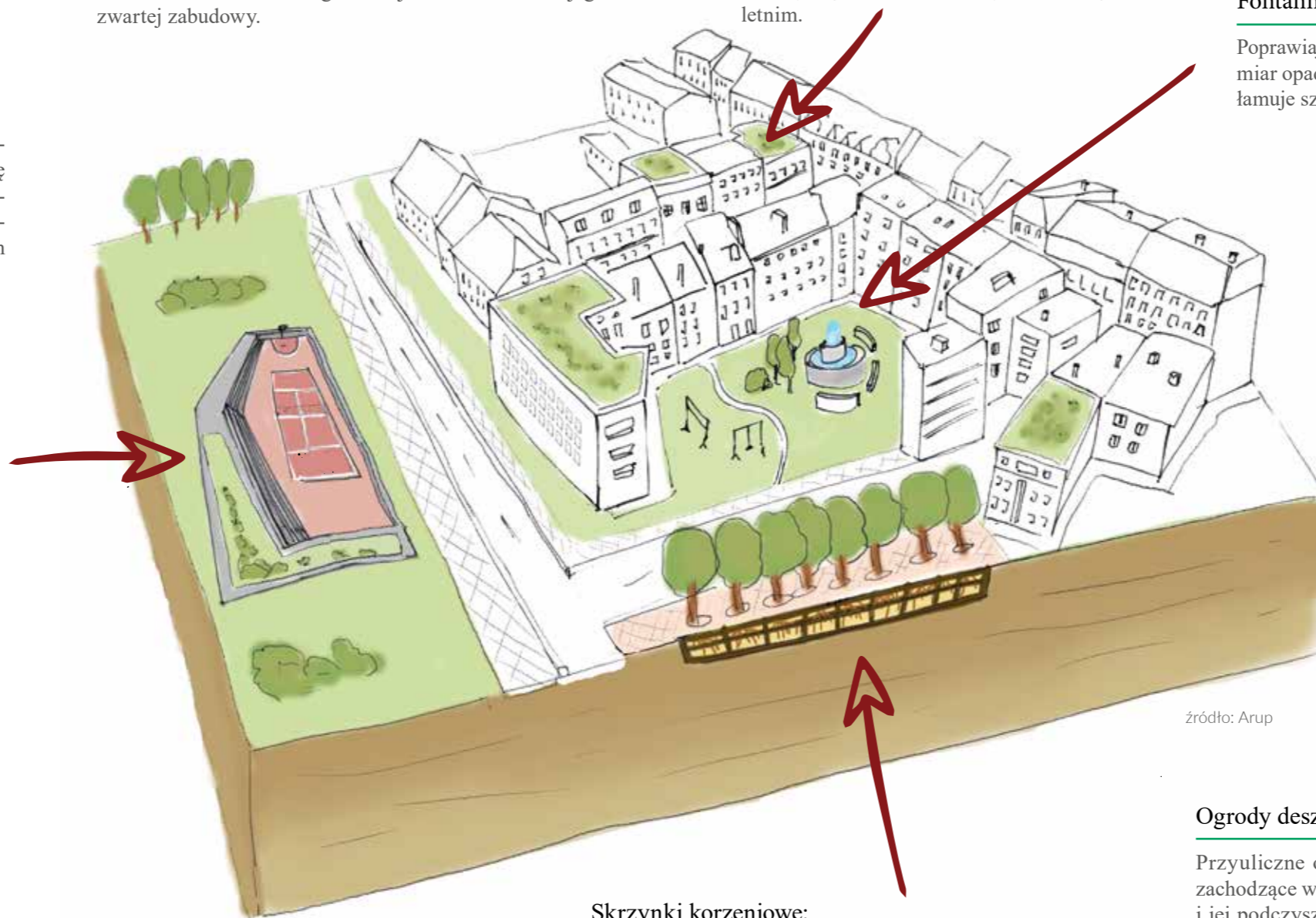
Spływająca nimi woda współgra z wiatrem i światłem, a wygląd koryt zmienia surowy, techniczny charakter miejskiego krajobrazu.

## Podziemne zbiorniki szczelne:

Skuteczne zwłaszcza tam, gdzie występują tereny o niskim współczynniku filtracji lub na terenach o dużej powierzchni zainwestowania, a ilość wód opadowych jest na tyle wysoka, że retencja przez tereny zielone jest niewystarczająca.

## Skrzynki korzeniowe:

Znane również pod pojęciem „zawieszane chodniki”, łączą dążenie do tworzenia coraz to nowych ciągów komunikacyjnych z pozostawianiem wolnej przestrzeni dla rozwoju zdrowych drzew, kontrastujących z szarością gęstej zabudowy.



źródło: Arup

## Deszczówka przy domu:

Aktywny udział społeczeństwa i wyposażenie budynków w ogólnodostępne rozwiązania do gromadzenia deszczu, może mieć sumarycznie duże znaczenie dla odciążenia kanalizacji deszczowej, usprawnienia jej pracy i minimalizacji ryzyka wystąpienia miejskich powodzi.

## Skrzynki rozsączające:

Nowoczesna kombinacja dużej wytrzymałości i pojemności magazynowania z rozsączaniem deszczówki. Ich odmianą mogą być proste w wykonaniu komory drenażowe.

## Ogrody deszczowe:

Przyuliczne ogrody, wykorzystujące naturalne procesy zachodzące w glebie i roślinach, gwarantują retencję wody i jej podczyszczenie, jednocześnie redukując przepływy często przekraczające przepustowość kanalizacji położonej w obrębie zwartej zabudowy.



## VI PLACE I PARKINGI

### Powierzchniowe zbiorniki infiltracyjno-retencyjne:

Zaburzenie charakteru krajobrazu przez inwestycje uszczelniające zlewnię może złagodzić obecność zbiornika z bogatą w roślinność strefą brzegową, przy jednoczesnym pełnieniu przez zbiornik funkcji retencyjnej, oczyszczającej oraz infiltracyjnej dla przejętego spływu powierzchniowego.

### Powierzchniowe zbiorniki retencyjne szczelne:

Obiekt odwadniający duże powierzchnie nieprzepuszczalne. Odpływ z tych zbiorników często jest dławiony, zapewniając stabilne i racjonowane odprowadzanie nagromadzonej wody do innego odbiornika.

### Korytka spływowe:

Urozmaicają powierzchniowy kontrolowany spływ wody opadowej, wprowadzając ją do większych urządzeń retencyjnych.

### Rowy chłonne:

Podłużne, wąskie i relatywnie płytkie wykopy z wypełnieniem żwirowym są efektywnym rozwiązaniem kompensującym utraconą w wyniku uszczelniania terenu infiltrację.

### Powierzchnie przepuszczalne:

Najwięcej problemów z niekontrolowanym spływem powierzchniowym sprawiają rozległe, wybetonowane i pozbawione roślinności powierzchnie. Do ich konstrukcji można wykorzystać materiały, które umożliwiają infiltrację wody. Dotyczy to również parkingów o powierzchni nieprzekraczającej 0,1 ha.

### Stawy hydrofitowe:

Rozwiązanie to koncentruje się na roślinach wodolubnych oczyszczających wodę, usuwających z niej metale i substancje biogenne. Zanieczyszczony spływ powierzchniowy z placów i parkingów może być skutecznie oczyszczony w stawach hydrofitowych.

### Muldy chłonne:

Porośnięte otwarte kanały o wysokim potencjale przechwytywania i spowalniania odpływu wód deszczowych, które efektywnie rekompensują powierzchnię biologicznie czynną, utraconą na rzecz budowy placów i parkingów.

### Fontanny z retencją:

W panoramie miasta tryskające wodą fontanny wzbogacają przestrzeń publiczną, oddziałują pozytywnie na samopoczucie mieszkańców, łagodzą skrajne temperatury i nawilżają suche powietrze.

### Place wodne:

Ich przykłady z całego świata prezentują możliwości twórczych przeobrażeń tkanki miejskiej, wydobywając i eksponując nowe, niespodziewane funkcje w gospodarowaniu wodami opadowymi.

### Skrzynki korzeniowe:

Zbyt duża kompakcja warstw gruntu utrudnia lub uniemożliwia prawidłowy wzrost drzew, bez których otoczenie byłoby jałowe i monotonne. Skrzynki korzeniowe są rozwiązaniem tego powszechnego miejskiego problemu.

### Skrzynki rozsączające:

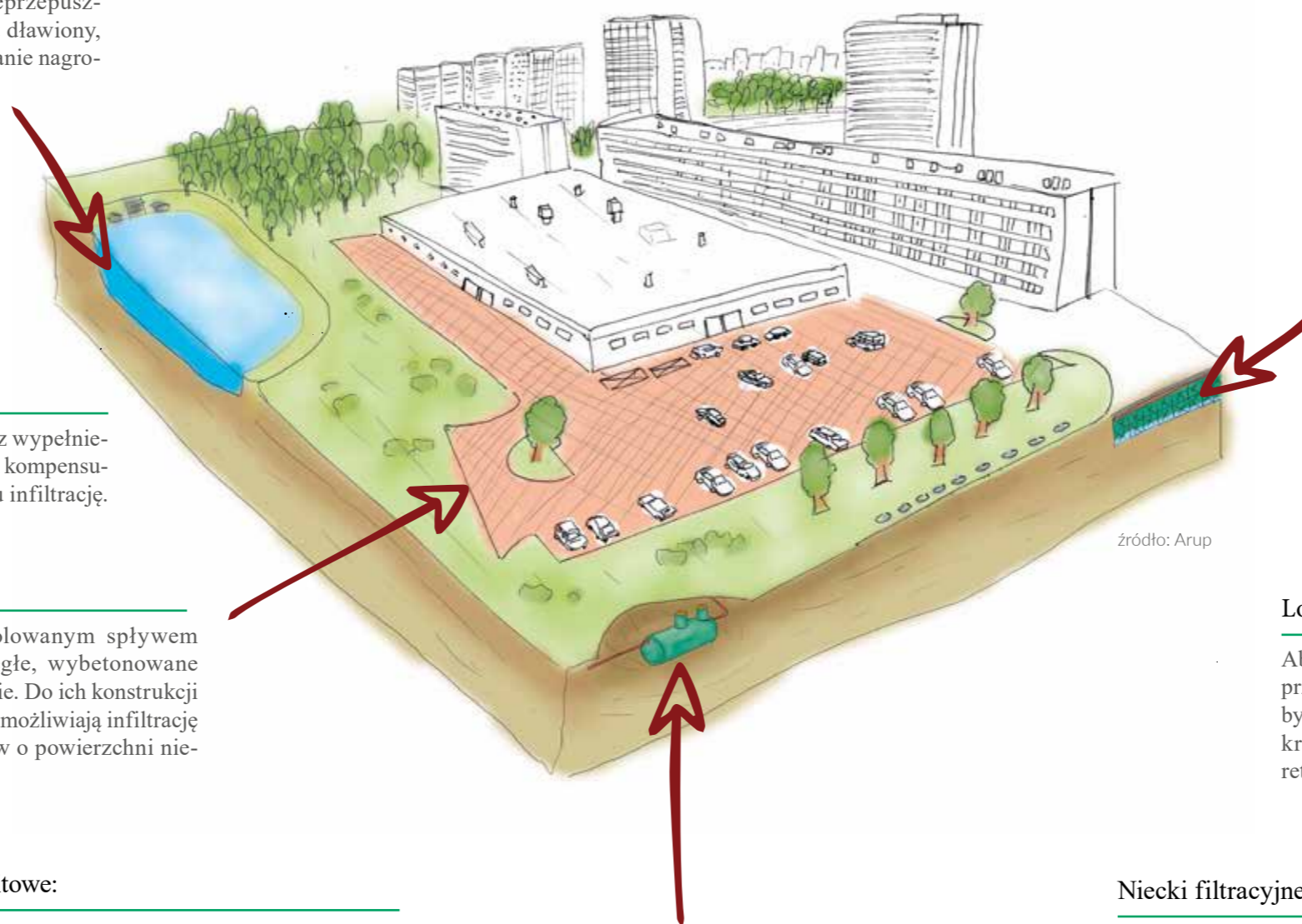
Po uprzednim podczyszczeniu w osadniku oraz separatorze substancji ropopochodnych, modułarny system skrzynek jest podziemnym rezerwuarem zebranej na powierzchni placów czy parkingów wody opadowej, pozwalając na jej kontrolowane wsiąkanie. Podobnie działają proste w stosowaniu komory drenażowe.

### Lokalne obniżenia z bioretencją:

Aby rozwiązania zielono-niebieskiej infrastruktury mogły przechwytywać wodę opadową z ulic i chodników, muszą być usytuowane poniżej ciągów komunikacyjnych. Wysokie krawężniki ograniczające odpływ nie sprzyjają naturalnej retencji, chyba że kierują wodę do obniżen z bioretencją.

### Niecki filtracyjne:

Te płytkie, pokryte roślinnością zbiorniki stanowią pożądaną alternatywę dla konwencjonalnych, betonowych osadników.



źródło: Arup

### Podziemne zbiorniki szczelne:

Niejednokrotnie na obszarach silnie zurbanizowanych najlepszym rozwiązaniem jest budowa zbiorników. Podziemne zbiorniki stanowią solidną ochronę na wypadek naprawę ulewnych deszczy.



Termin *nawierzchnie przepuszczalne* oznacza obszer-  
ną grupę rozwiązań drenażu powierzchniowego,  
polegającego na zastosowaniu materiałów wodoprze-  
puszczalnych, nawierzchni mineralnych, czasem także  
łączonych żywicą, nawierzchni żwirowych lub z war-  
stwy kamienia polnego. Drugą grupę stanowią kostki  
i płyty ażurowe z „fugami” wypełnionymi trawą, drob-  
nym żwirem czy grysem, aż do takich rozwiązań jak  
porowaty asfalt lub beton wylewany na przepuszczal-  
nych podbudowach.

### Zastosowanie

Wsiąkanie powierzchniowe wody opadowej przez warstwę  
kruszywa stanowiącą podbudowę nawierzchni przepuszc-  
zalnych, zapewnia retencję nim nastąpi całkowite rozsa-  
czenie do gruntu lub powolny odpływ do kanalizacji.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Regularne kontrole przez pierwsze pół roku, oceniające stan techniczny i potencjał infiltracyjny systemu. Później kontrola raz w roku lub po okresie deszczowym.
- Regularne koszenie trawy, standardowa pielęgnacja powierzchni trawiastych – dla kostki z fugami lub płyt ażurowych z zasiewem mieszaną traw.
- Czyszczenie powierzchni porowatych, aby utrzymać ich przepuszczalność (na obszarach o słabszym natężeniu ruchu i mniejszej podatności na osiadanie zanieczyszczeń, proces czyszczenia może przebiegać nawet raz na rok lub rzadziej).

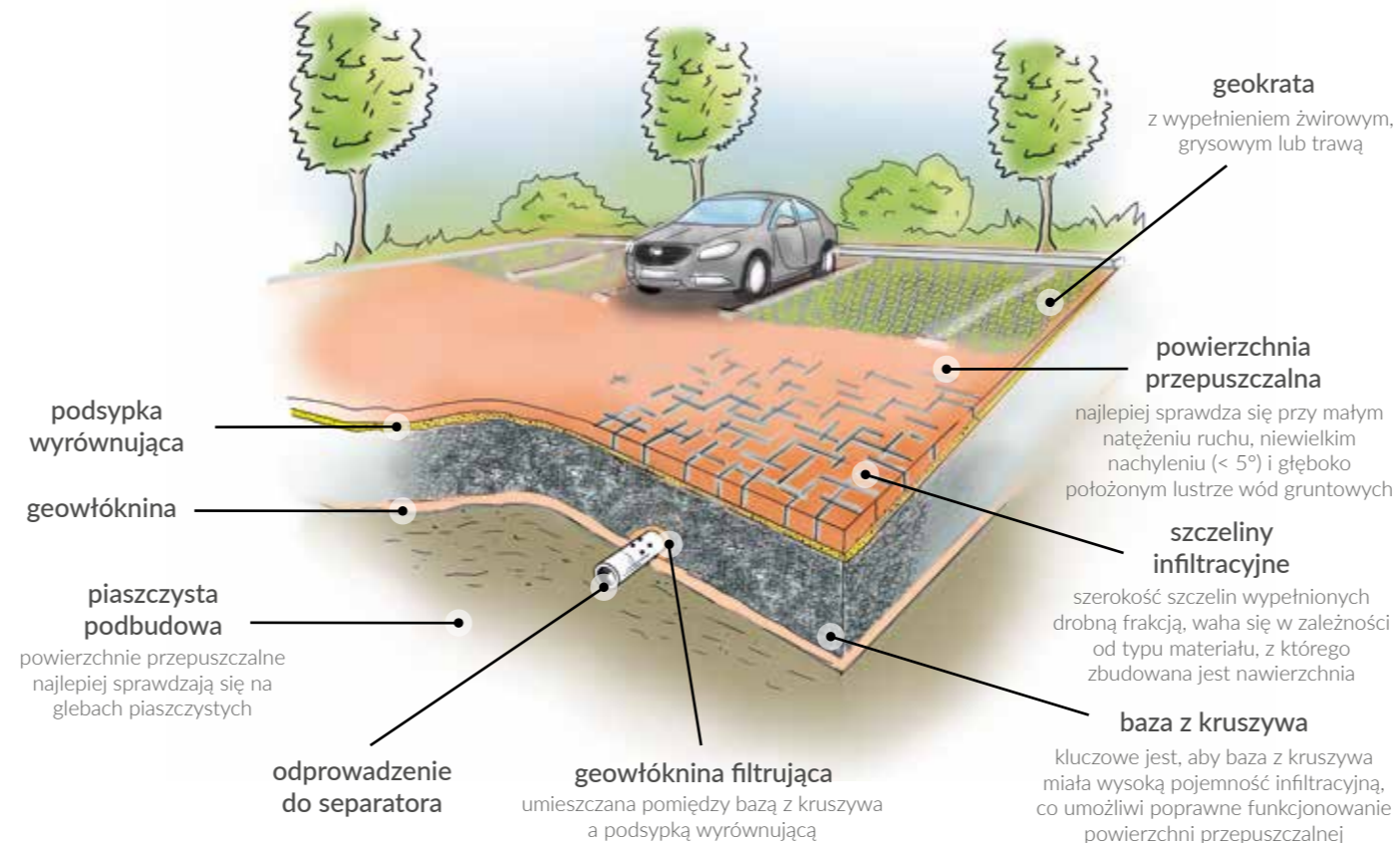
#### Opcjonalne:

- Uzupełnianie ubytków w fugach pomiędzy utwardzonymi elementami nawierzchni przepuszczalnej przy użyciu płukającego żwiru, gysu, kamieni.

#### Zwróć uwagę:

- Otwory powierzchni przepuszczalnych ażurowych mają tendencję do samoistnego zatykania się do głębokości 15-25 mm z powodu nanoszonych przez wodę cząstek organicznych, błota, pyłu i ilu.
- W przypadku powierzchni przepuszczalnych porowatych czyszczenie ciśnieniowe skutkuje udrożnieniem nawet 80% porów w obrębie struktury porowatej systemu.
- Dopływ wody powinien być rozdzielony możliwie równomiernie na całej powierzchni.

## 1. POWIERZCHNIE PRZEPUSZCZALNE UTWARDZONE



źródło: Arup

### Warunki realizacji

**Infiltracyjny:** optymalne jest podłoże o dobrych warunkach infiltracji. W przypadku trudno przepuszczalnych gruntów należy rozważyć wymianę gruntu lub zainstalowanie wspomagającej rury drenarskiej.

**Topograficzne:** maksymalny gradient powinien osiągać wartość do 5% (1:20). Jeśli teren jest bardzo stromy, wtedy należy pogłębić warstwę filtracyjną lub zastosować bloczki oporowe z regulatorami przepływu, ewentualnie powierzchnie przepuszczalne wyposażać dodatkowo w skrzynki rozsączające w najniższym punkcie gromadzenia wody.

**Konstrukcyjne:** obrzeża nawierzchni przepuszczalnych powinny być odpowiednio zabezpieczone przed wypłukiwanymi w czasie deszczu cząstkami gruntu z pobliskich terenów zielonych, grożącymi zatamowaniem fug chłonnych lub obniżeniem efektywności infiltracji.

**Formalne:** wody opadowe i roztopowe, które spływają z nawierzchni trwalej przez jej krawędzie lub filtrują przez perforacje betonowych płyt ażurowych lub inne

przepuszczalne powierzchnie, a nie dochodzi do koncentrowania strumienia za pomocą otwartych lub zamkniętych systemów kanalizacyjnych, nie zobowiązują do uzyskania pozwolenia wodnoprawnego, o ile nie przekroczone są warunki dotyczące wielkości parkingu czy liczby aut na parkingu. Powierzchnie parkingów nieprzekraczające 0,1 ha nie wymagają oczyszczania wód deszczowych.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Arup

*Czy wiesz, że ...*  
Zastosowanie tego typu nawierzchni  
zapewnia, że 7–14% wody opadowej jest  
dostępne dla roślin.

**PODCZYSZCZANIE**

**RETENCJA**

**INFILTRACJA**

**KOSZT**

**UTRZYMANIE**

**ZASTOSOWANIE**

plac parkingowy, drogi, parki, osiedla, zabudowa zwarta, domy jednorodzinne



źródło: Arup



Obniżenia z bioretencją, najczęściej przy chodniku lub drodze, to niewielkie powierzchnie chłonne i retencyjne wykonane w formie obniżenia terenu z zastosowaniem drenażu podziemnego, porośnięte roślinnością.

### Zastosowanie

Gromadzenie wody spływającej z dachów, pasów jezdni lub ciągów pieszych w obniżeniu terenowym obsadzonym rodzimymi gatunkami roślin odpornych na okresowe zalewanie. Sprawdza się też jako integracja retencji i infiltracji podziemnej z wysoką zielenią przyuliczną. Po intensywnych opadach nadmiar wody odprowadzany jest do kanalizacji.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Regularne inspekcje poletka bioretencyjnego, by uchwycić oznaki erozji, zatamowań czy słabej kondycji pokrywy wegetacyjnej.
- Usuwanie chwastów oraz roślin inwazyjnych.
- Usuwanie śmieci blokujących kanały dopływowe lub rury drenarskie.
- Kontrola po okresie deszczowym w celu wykrycia problemu wody stagnującej dłużej niż 2 dni.
- Co 5 lat kontrola infiltracji.

#### Opcjonalne:

- Podlewać nowe nasadzenia w początkowej fazie wzrostu (24 miesiące) lub podczas okresów suchych.
- Uzupełniać humus, tak aby całkowita miąższość warstwy utrzymywała wartość 8 cm.
- Na jesień usuwać zalegające liście, mogące zablokować dopływ spływu powierzchniowego.

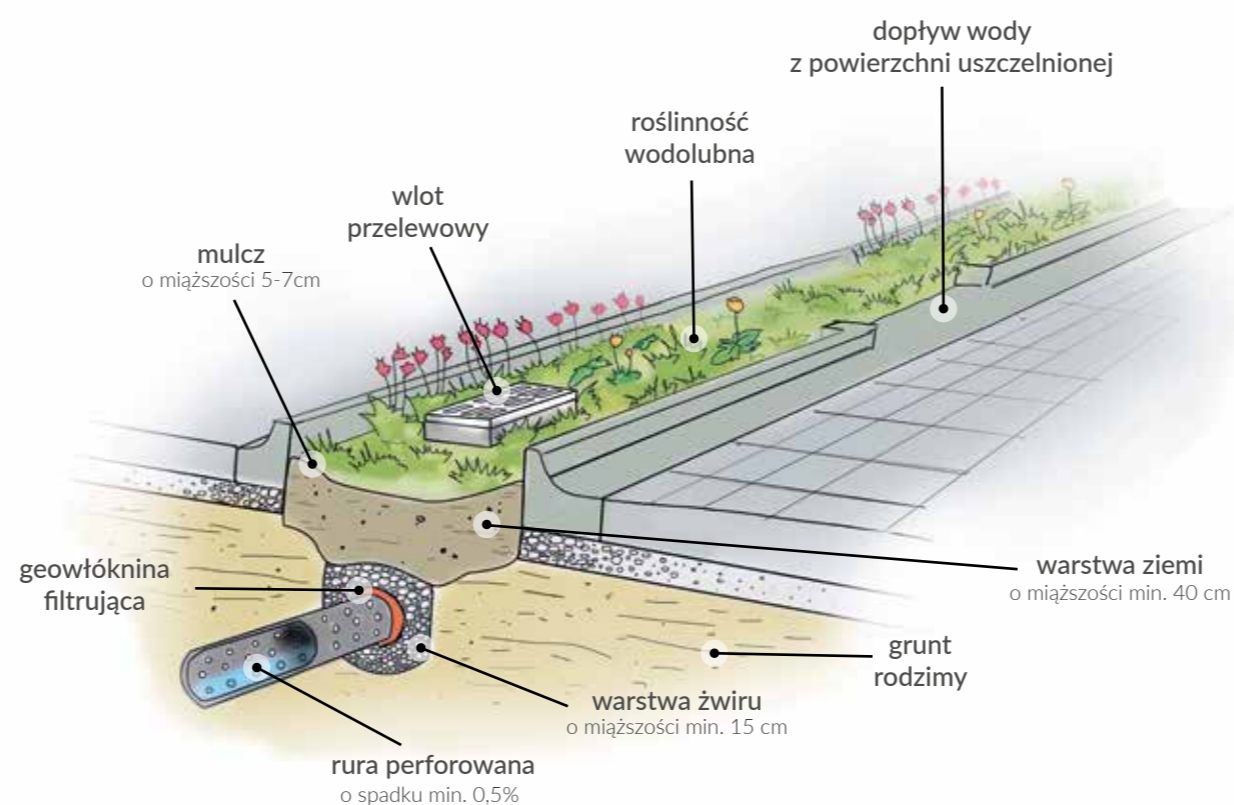
#### Zwróć uwagę:

- Nie stosować nadmiernych ilości soli lub piasku wokół poletka w sezonie zimowym.
- Nie składać śniegu oraz liści w obniżeniu bioretencyjnym.
- Nie stosować nawozów sztucznych oraz środków ochrony roślin.

### Warunki realizacji

**Infiltracyjne:** woda musi wsiąkać wystarczająco szybko (najlepiej nie dłużej niż 2 dni), aby nie doprowadzić do procesów gnilnych lub wylęgu komarów.

## 2. LOKALNE OBNIŻENIE Z BIORETENCJĄ (SADZAWKI DESZCZOWE)



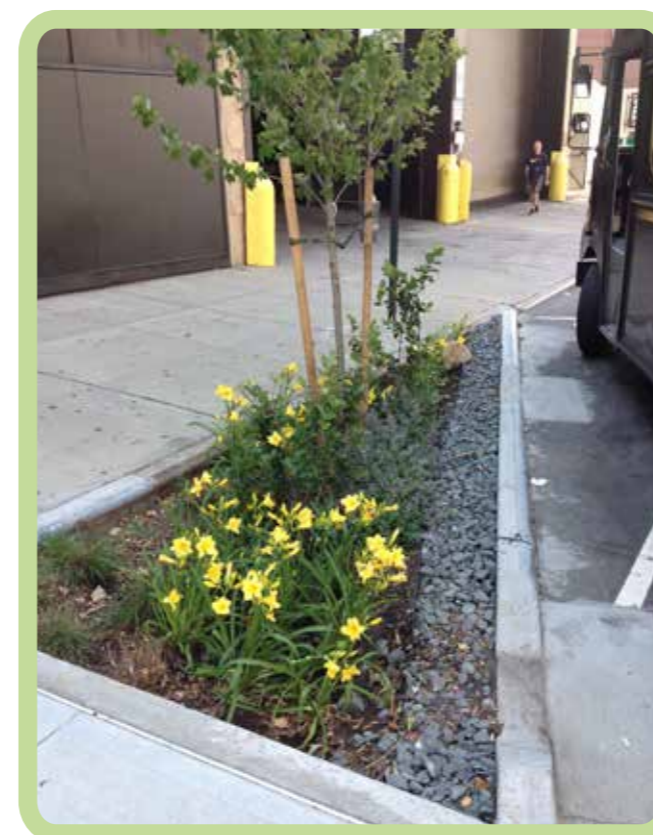
źródło: Arup

**Topograficzne:** teren przylegający do zagłębienia bioretencyjnego powinien mieć spadek 2-5%. Mniejsze nachylenie może nie pozwolić na przechwycenie spływu podczas silnych opadów, z kolei duże przyczyni się do nadmiernej erozji.

**Konstrukcyjne:** najczęściej odwadnianie powierzchni następuje poprzez obniżony fragment krawężnika. Sadzawki lokowane przy terenach piaszczystych mogą wymagać osadnika, aby nie doszło do ich szybkiego zamulenia.

**Formalne:** może wymagać pozwoleń, szczególnie w przypadku koncentracji spływu powierzchniowego. Obniżenie krawężnika powinno być uwzględnione w projekcie drogi lub chodnika.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0

**Czy wiesz, że ...**  
Sadzawki deszczowe są często nazywane „ogrodami deszczowymi w donicy”, jednak różnice są wyraźne ze względu na ich zdrenowanie rurą perforowaną oraz budowanie w pasie zieleni pomiędzy jezdnią a chodnikiem.

**PODCZYSZCZANIE**

**RETENCJA**

**INFILTRACJA**

**KOSZT**

**UTRZYMANIE**

**ZASTOSOWANIE**

place parkingi
  drogi
  parki
  osiedla
  zabudowa zwarta
  domy jednorodzinne



źródło: Center for Neighborhood Technology, BY CC 2.0



**L**iniowe obiekty przyjmujące formę otwartych korytek odprowadzających wodę. Cechuje je często zróżnicowana forma i zmiana struktury nawierzchni utwardzonych. Eksponują wodę deszczową w sposób zaplanowany na placach, ulicach czy w parkach.

### Zastosowanie

Oprócz kształtowania krajobrazu integrującego wodę w przestrzeni miejskiej, pełnią funkcje drenażu kanalizacji transportującej wody deszczowe do większych obiektów retencyjnych. Dzięki korytkom spływowym ułożonym w poprzek drogi można uspokoić ruch uliczny. Warto o nich pomyśleć, gdy budowa kanalizacji jest zbyt kosztowna lub utrudniona.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Usuwanie śmieci mogących utworzyć zator podczas spływu wody deszczowej.
- Kontrola po okresie deszczowym w celu usunięcia naniesionego materiału piaszczystego.

#### Opcjonalne:

- Wymiana uszkodzonych lub zerodowanych elementów korytka.
- Uzupełnianie ubytków w warstwie otoczeków, kamieni, okładziny, zależnie od budowy korytka.

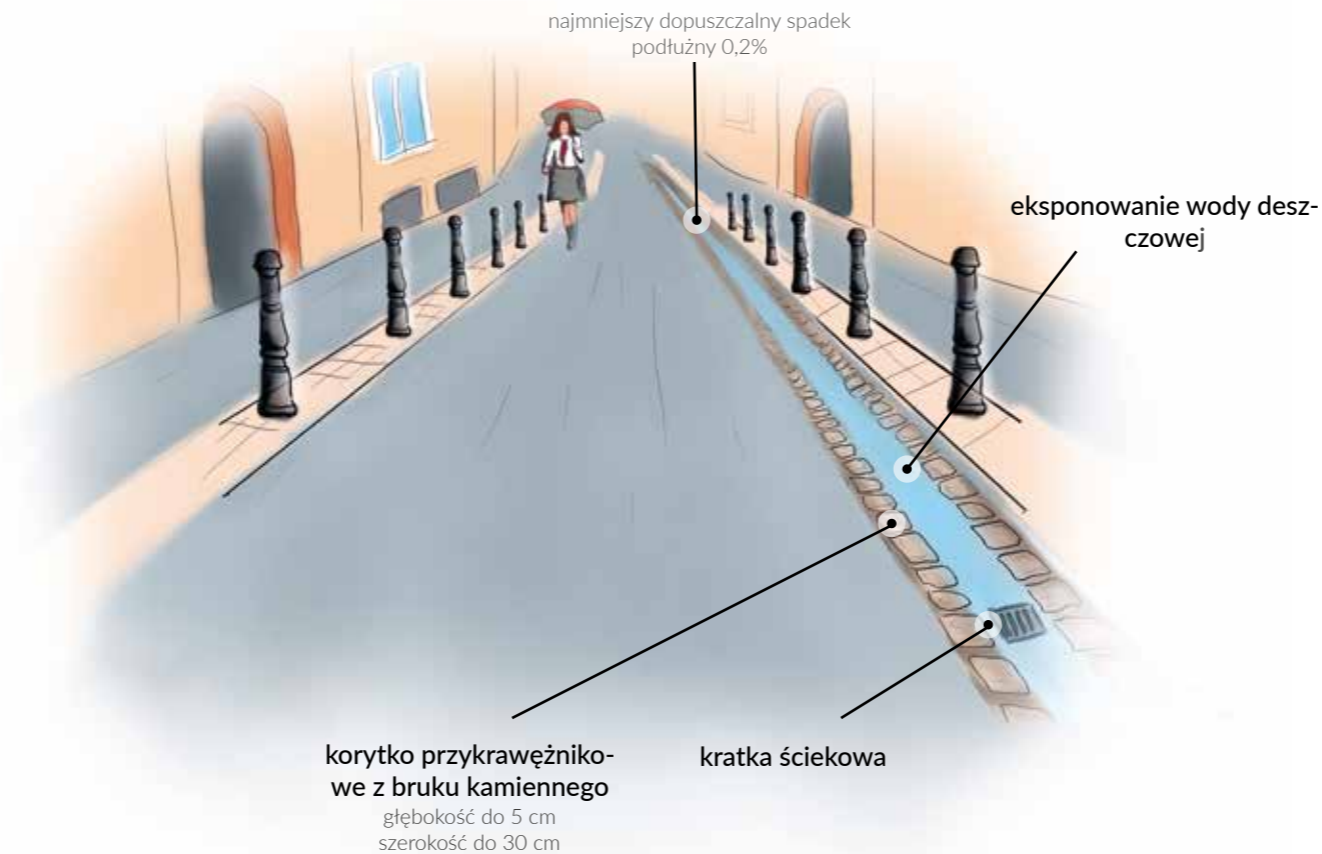
#### Zwróć uwagę:

- Urozmaicone kształty i przekroje korytka spływowego mogą istotnie wpłynąć na warunki utrzymania, generując tym samym konieczność bardziej regularnych inspekcji.
- Wypełnienie korytka kamieniem ozdobnym podniesie estetykę i zredukuje prędkość przepływu, ale kosztem obniżonej pojemności oraz słabiej dostrzegalnego zamulania wolnych przestrzeni.

### Warunki realizacji

**Topograficzne:** korytka wykonane w podłożu z gruntu rodzimego lub nasypowego, powinny być wyprofilowane zgodnie z projektowanymi spadkami podłużnymi i poprzecznymi, przy minimalnym nachyleniu niwelety 0,2%. Większe pojemności retencyjne, do których następuje wprowadzenie wody przez korytka, determinują przyjmowane spadki.

## 3. KORYTKA SPŁYWOWE



źródło: Arup

**Konstrukcyjne:** Korytka spływowe można budować z gotowych elementów lub za pomocą bruku klinkierowego lub kamiennego, nadając im dowolne meandrujące kształty. Nieprzepiękliwe płyty należy układać tak, aby ich górna krawędź znajdowała się poniżej krawędzi odwodniającej powierzchni. Szerokość spoin nie powinna przekraczać 10 mm, a po oczyszczeniu spoiny powinny być zamulone piaskiem lub wypełnione zaprawą cementowo-piaskową. Korytka należy wykonać na podbudowie zapewniającej trwałość w przypadku najazdu kołami.

**Formalne:** zależne od warunków całości rozwiązania.

**Ogólne:** warto zadbać o dobór korytek tak, aby promień ich zagłębienia nie był zbliżony do promienia kół samochodowych, co poprawi komfort przejazdu przez korytka. Rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Arup

**Czy wiesz, że ...**  
Otwarte korytka można budować z fantazją. Nie tylko zbierają wodę z umocnionych powierzchni, ale też mogą krzyżować się z jezdnią uspokajając ruch uliczny, a dla dzieci być zaproszeniem do zabawy na podwórku.

### PODCZYSZCZANIE



### RETENCJA



### INFILTRACJA



### KOSZT



### UTRZYMANIE



### ZASTOSOWANIE



źródło: Arup



Odwodnienie wstępne (filtracyjne) w postaci umieszczonej na dnie rowu perforowanej rury drenarskiej w otulinie żwirowej. Szczególną odmianą jest tzw. dren francuski, czyli rów wypełniony warstwą chłonną z kruszywa, oddzieloną od gruntu izolującą geowłókniną filtracyjną i przykryty warstwą przepuszczalnego gruntu.

### Zastosowanie

Linijowe przyjmowanie wód opadowych z powierzchni terenu do warstwy kruszywa grubego, zapewniającej pojemność retencyjną, opóźnienie odpływu oraz infiltrację w grunt.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Regularna kontrola stanu technicznego rowu chłonnego, zwłaszcza po intensywnych opadach.

#### Opcjonalne:

- Uzupełnianie ubytków w wypełnieniu rowu ze względu na wymywanie lub aktywność zwierząt.
- Stojąca woda może oznaczać konieczność wybrania naniesionych osadów, odpadów lub usunięcia blokującej pokrywy roślinnej, a w ostateczności wymianę warstwy filtrującej.
- Nadmierna erozja przyległych stoków może zostać ograniczona przez nadsypanie materiału skalnego, redukującego prędkość spływającej wody.

#### Zwróć uwagę:

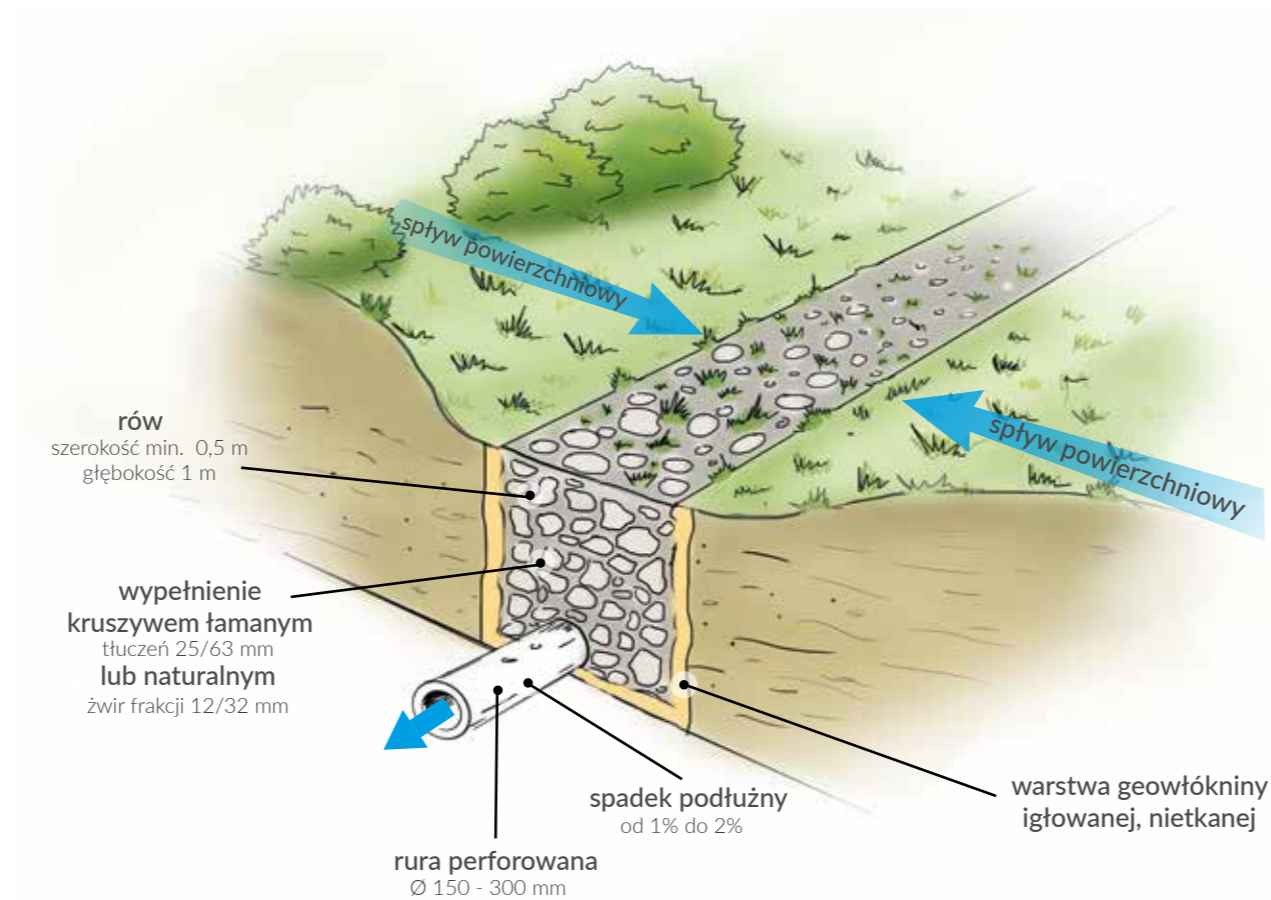
- Należy unikać gromadzenia odpadów zielonych na powierzchni rowów chłonnych.
- Najczęściej dokumentowane problemy związane z utrzymaniem, to redukcja wsiąkania przez uszczelniające drobne frakcje nanoszonych osadów oraz erozja przyległych terenów.

### Warunki realizacji

**Infiltracyjne:** osiągnięcie wysokiej efektywności wymaga podłoża o wsiąkaniu przynajmniej 10 mm/h przy głębokim zaleganiu zwierciadła wód gruntowych oraz skały macierzystej. Uznaje się typowo, że proces rozsączenia wód opadowych przez rowy chłonne nie powinien przekraczać 72 godzin.

**Topograficzne:** odwadniany teren powinien cechować się łagodnym nachyleniem i powierzchnią zabudowy nie przekraczającą 0,8 ha. Lokalizacja rowu powinna uwzględniać

## 4. ROWY CHŁONNE



źródło: Arup

odległość minimum 45 m od punktów poboru wody pitnej, aby zminimalizować ryzyko zanieczyszczenia wód. Standardowa bezpieczna odległość od zabudowy wynosi nie mniej niż 8,0 m.

**Konstrukcyjne:** rzędna dna rowu powinna być zaprojektowana poniżej strefy przemarzania gruntu, tak aby umożliwić rozsączenie wody nawet w okresie zimowym. Rowy chłonne mogą wymagać wstępnego podczyszczenia wody z zawiesiny ciał stałych, aby przeciwdziałać zamuleni.

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Arup

**Czy wiesz, że ...**  
Podziemne rowy chłonne drenażowo-kruszywowe określa się mianem „dreny francuskie” (znane w Niemczech pod nazwą „rigole”). Prawdopodobnie nazwa pochodzi od nazwiska Henry Frencha, farmera i prawnika ze stanu Massachusetts, który w 1859 roku napisał książkę pt. Drenaż rolniczy (Farm Drainage).

<b>PODCZYSZCZANIE</b>					
<b>RETENCJA</b>					
<b>INFILTRACJA</b>					
<b>KOSZT</b>					
<b>UTRZYMANIE</b>					
<b>ZASTOSOWANIE</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
place parkingi	drogi	parki	osiedla	zabudowa zwarta	domy jednorodzinne



źródło: Arup



**M**uldy chłonne to porośnięte niską roślinnością liniowe, szerokie i płytkie kanały otwarte o przekroju poprzecznym w kształcie rozległego półkola.

### Zastosowanie

Pełnią funkcje przyjmowania i transportowania wód deszczowych przy ciągłej filtracji przez system korzeniowy. Szata roślinna zwiększa szorstkość podłoża, co bezpośrednio przekłada się na redukcję prędkości spływu powierzchniowego. Muldy są często podzielone przegrodami na odcinki, dzięki czemu uzyskuje się ograniczenie przepływu wody i jej zatrzymanie na miejscu w celu wsiąkania lub odparowania.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Kontrole drożności i oznak erozji, a po okresie gwałtownych opadów konieczna ocena zamulenia, stanu technicznego muldy i ewentualne przywrócenie pierwotnego kształtu przekroju poprzecznego – w celu zapewnienia zaprojektowanej pojemności retencyjnej.
- Regularne koszenie / przycinanie roślinności porastającej stoki muldy chłonnej.

#### Opcjonalne:

- Podlewać nowe nasadzenia w początkowej fazie wzrostu (3 miesiące) lub podczas suszy.
- Okresowo sprawdzać kondycję przegród (jeśli mulda została w nie wyposażona).
- Raz w roku sprawdzać zdolność infiltracji podłoża gruntowego.

#### Zwróć uwagę:

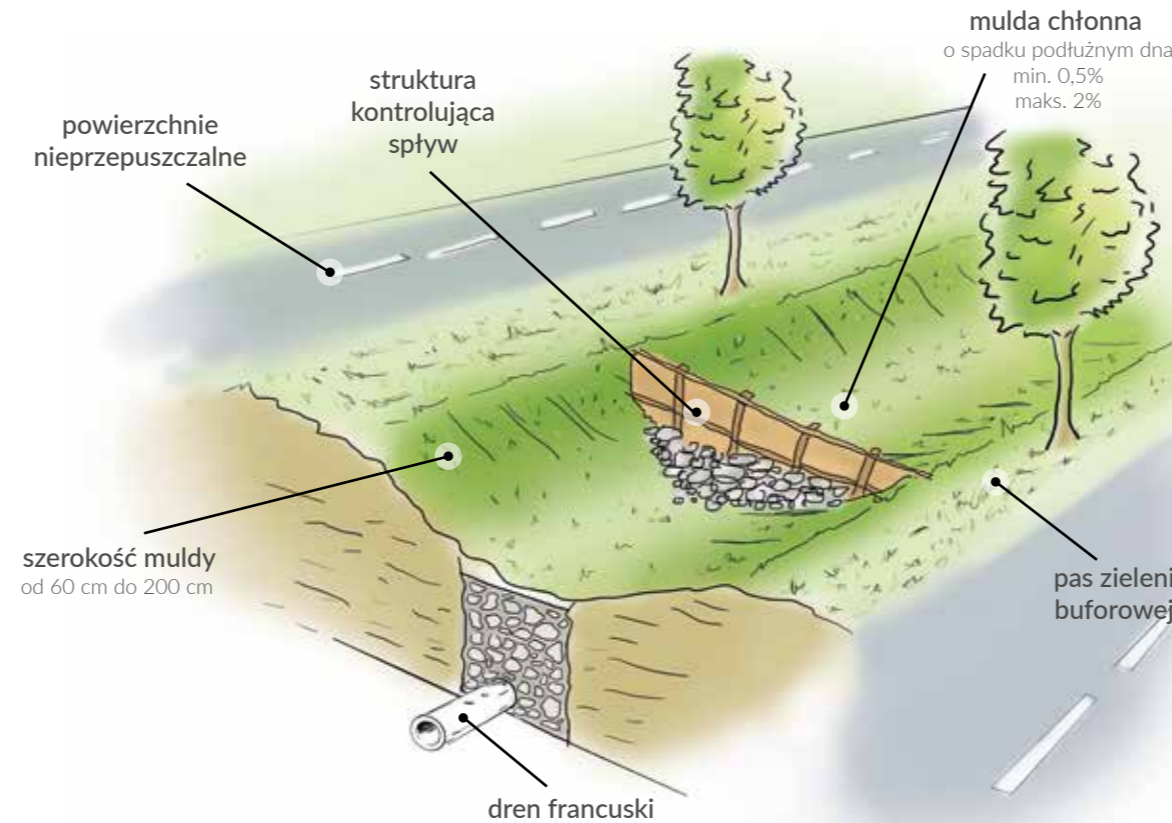
- Niedopuszczanie do zarastania muldy wpływa na utrzymanie pełnego potencjału retencyjnego i podnosi walory estetyczne, lecz kosztem pogorszonego oczyszczania mechaniczno-biologicznego wód płynących oraz obniżonej szorstkości podłoża.

### Warunki realizacji

**Infiltracyjne:** efektywność i zdolności podczyszczania muldy chłonnej są wyższe na obszarach o podłożu dobrze przepuszczalnym. Wszędzie tam, gdzie infiltracja jest niewystarczająca, zaleca się zamontowanie poniżej dna muldy perforowanej rury odciążającej.

**Topograficzne:** muldy są niepraktyczne na terenach płaskich lub cechujących się nachyleniem większym niż

## 5. MULDY CHŁONNE



źródło: Arup

5% i tam, gdzie panuje wysoki poziom zwierciadła wód gruntowych. Zasadniczo powinny służyć do odwadniania obszarów o powierzchni zabudowy do 4 hektarów. Typowa bezpieczna odległość od zabudowy wynosi nie mniej niż 8,0 m.

**Konstrukcyjne:** na terenach o spadkach większych niż 5% zaleca się kaskadowy układ muld, a w przypadku obszarów generujących znaczne spływy powierzchniowe, może być konieczne zainstalowanie obejścia o wysokiej przepustowości i zdolności szybkiego odprowadzenia wód. Aby zwiększyć estetykę muld, przy jednoczesnym spowolnieniu przepływu i wydłużonej retencji, stosuje się przegrody w formie płotków lub nasypów skalnych. W zależności od spadków podłużnych, muldy umacnia się za pomocą darniny, bruku z kamienia naturalnego lub geomatami.

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska. Przy zastosowaniu przy drogach kluczowy jest również „Dział IV. Wyposażenie techniczne dróg” z Rozporządzenia Ministra

Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Arup

**Czy wiesz, że ...**  
 Porośnięte muldy poprawiają jakość spływającej wody poprzez dwa mechanizmy: osadzania większych cząstek zawieszonych oraz oczyszczania przez system korzeniowy. Efekty, jakie można osiągnąć to usuwanie związków metali na poziomie 40%, związków biogenych na poziomie 50%, a dla zawiesiny ogólnej nawet do 80%.

**PODCZYSZCZANIE**

**RETENCJA**

**INFILTRACJA**

**KOSZT**

**UTRZYMANIE**

**ZASTOSOWANIE**

place parkingi
  drogi
  parki
  osiedla
  zabudowa zwarta
  domy jednorodzinne



źródło: Arup



**R**enaturyzacja lub rewitalizacja cieków miejskich polega na zabiegach technicznych, których celem jest nadanie rzekom uregulowanym cech swoistych dla rzek naturalnych lub dążenie do odtworzenia dawnego stanu rzeki.

### Zastosowanie

Działania na rzecz rewitalizacji cieków miejskich sprzyjają poprawie stanu bądź potencjału ekologicznego wód opisanych w Ramowej Dyrektywie Wodnej. Oprócz ochrony i kreowania zasobów przyrody i wysokiej jakości przestrzeni miejskiej, projekty rewitalizacyjne służą ochronie przeciwpowodziowej poprzez zwiększenie możliwości retencyjnych i spowolnienie odpływu.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Zależnie od skali projektu. Przeważnie po okresie pielęgnacji inicjujących nasadzeń zmierza się do powstania naturalnych biocenoz na drodze naturalnej sukcesji; najczęściej wymagana jest regularna kontrola postępów procesu, ewentualnie usuwanie gatunków obcych.

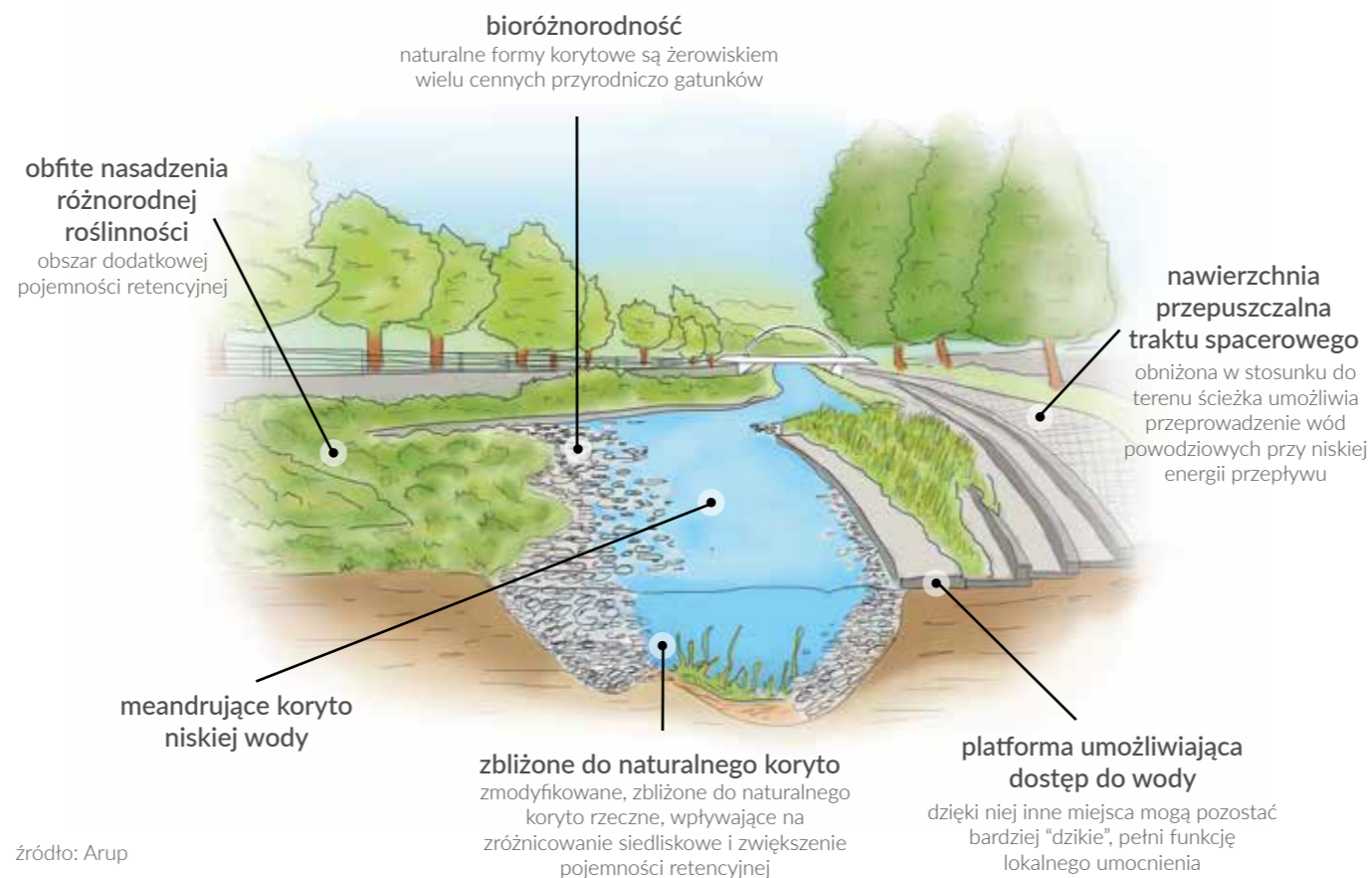
#### Zwróć uwagę:

- Dla utrzymania i poprawy stanu ekologicznego rzek (w tym zdolności retencyjnych), niezależnie od działań z zakresu rewitalizacji, może okazać się konieczne prowadzenie ograniczonych prac utrzymaniowych. Należy zwrócić uwagę, aby stosowane były zasady geomorfologii rzecznej i na przykład nie dochodziło do nadmiernego umocnienia brzegów, budowy dodatkowych progów itp. O ile tylko to możliwe, nie dopuszczać do likwidowania struktur korytowych (wysp, odsypów, namuleń i innych zróżnicowań koryta), zapewniających także krążenie wody w gruncie i jej chłodzenia.
- Płytko nagrzana woda nie służy rewitalizacji. Zwróć uwagę na możliwość jej zacienienia i tworzenie różnorodnego siedliska, także podczas utrzymania.

### Warunki realizacji

**Techniczne:** podstawowym warunkiem rozpoczęcia procesu rewitalizacji (renaturyzacji) koryta rzecznej jest zaprzestanie wszelkich działań regulacyjnych. Rewitalizacja najczęściej wiąże się z przywróceniem naturalnej okrywy roślinnej i usunięciem roślin inwazyjnych. Sama modyfikacja koryta rzecznej ma na celu częściowe odzyskanie

## 6. REWITALIZACJA CIEKÓW MIEJSKICH



podmiotowości cieków i chociaż częściowe uruchomienie procesów geomorfologicznych (tworzenia się wypływających bystrzy i miejsc przegłębień), udrożnienie korytarza migracji dla ryb, zróżnicowanie siedliskowe i zwiększenie retencji wody, zwykle z wprowadzeniem obiektów rekreacyjnych i małej architektury.

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska. Realizacja w ramach utrzymania cieków wymaga mniejszej liczby formalności. Dla większych cieków może wymagać dodatkowych uzgodnień, na przykład powiązanych z realizacją Ramowej Dyrektywy Wodnej lub Dyrektywy Powodziowej w Polsce.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych, hydrograficznych i specyfiki inwestycji, a obok architekta powinno być konsultowane ze specjalistami: hydrologiem, geomorfologiem rzecznej oraz przyrodnikami.



### Czy wiesz, że ...

Symbolem sukcesu w rewitalizacji miast jest strumień Cheonggyecheon w Korei Południowej. Przykryty szeroką na 16 m i długą na 6 km autostradą, został z powrotem odkryty nakładem 280 milionów dolarów, redefiniując zrównoważony rozwój 10-milionowej metropolii. Przedsięwzięcie wielokrotnie zwiększyło bioróżnorodność terenu miejskiego i znacznie wpłynęło na rozkwit turystyki oraz poprawę stanu aerosanitarne. Pomysł jest dziś kopiowany przez władze miejskich na całym świecie.

### PODCZYSZCZANIE



### RETENCCJA



### INFILTRACJA



### KOSZT



### UTRZYMANIE



### ZASTOSOWANIE





Zbieranie wody deszczowej przy domu polega na jej przechwyceniu, przekierowaniu i magazynowaniu w celu późniejszego wykorzystania, racjonalowania odpływu lub odprowadzenia poprzez infiltrację do gruntu. Deszczówka spadająca na powierzchnię zbiorczą, na przykład dach, jest kierowana do zbiornika, beczki, cysterny lub wprost studni z dnem przepuszczalnym.

### Zastosowanie

Zebrana woda może być zagospodarowana zarówno na zewnątrz jak i w środku budynku. Na zewnątrz można nawadniać ogród podczas okresów bezdeszczowych lub użyć wody do mycia powierzchni. Wewnątrz budynku taka woda może być użytkowana jako zasób przede wszystkim do spłukiwania toalet lub mycia podłóg. Zbieranie deszczówki może znacząco zredukować spływ powierzchniowy wody deszczowej.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Systemy zbierania deszczówki powinny przechodzić regularne sprawdzanie co 6 miesięcy w celu ochrony przed zatkaniami liśćmi, patykami itp. Taka kontrola powinna się odbyć na wiosnę i na jesieni. Rynny i rury powinny być sprawdzane pod kątem dziur lub szczelin. Filtry i osadniki powinny być regularnie czyszczone. Pokrywa zbiornika powinna być czyszczona i sprawdzana, aby wykryć ewentualne uszkodzenia.

#### Zwróć uwagę:

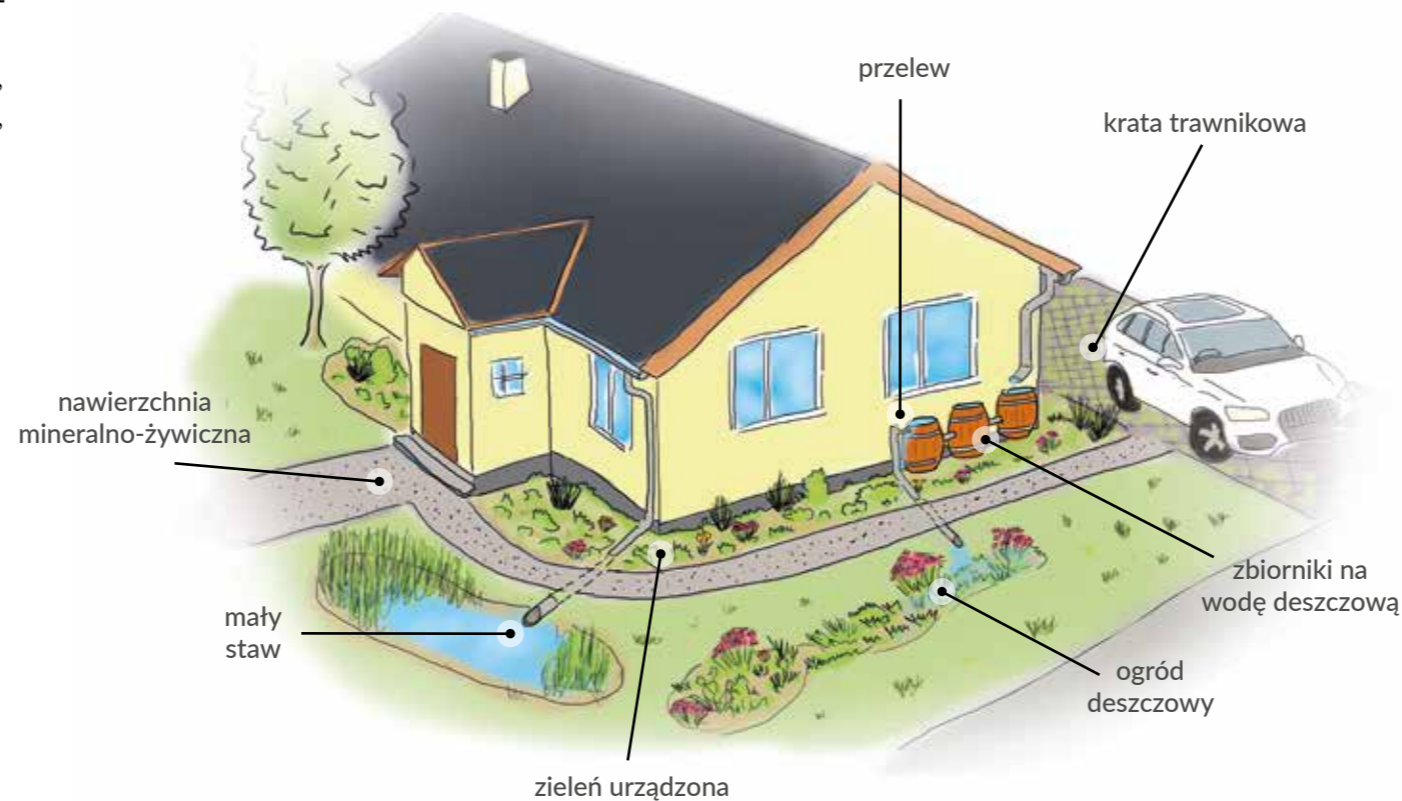
- W zakraplanych zbiornikach powinien znajdować się standardowy otwór włączający umożliwiający utrzymanie. Otwór powinien być zabezpieczony zamkiem przed niepożądanym dostępem.

### Warunki realizacji

**Infiltracyjne:** dno urządzenia rozsączającego powinno być wprowadzone w dobrze chłonny grunt (piaski, żwiry, itp.). Czasami zachodzi konieczność przebicia się przez grunty nieprzepuszczalne.

**Konstrukcyjne:** rynny i rury powinny być zaprojektowane wraz filtrami wychytującymi duże elementy, jak kamyczki czy liście. Rury prowadzące wodę do zbiornika powinny być zakopane poniżej lokalnej granicy zamarzania i mieć spadek dostosowany do średnicy (przeważnie co najmniej 1%). Jeśli zakopanie poniżej granicy zamarzania nie jest

## 7. DESZCZÓWKA PRZY DOMU



źródło: Arup

możliwe, rury powinny być umieszczone wewnątrz budynku (garaż, piwnica) lub wyposażone w przewód grzewczy chroniący przed zamarzaniem. Wszystkie połączenia rynien i rur przewodzących powinny być zabezpieczone przed dostawaniem się małych zwierząt i owadów do zbiornika. System musi być wyposażony w przelew awaryjny, w którym przepływ musi być większy lub równy przepływowi w rurach wlotowych.

**Formalne:** w przypadku bardziej skomplikowanych instalacji, zawierających zbiornik lub elementy infiltrujące, zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej z rozpoznaniem warunków gruntowych i spodziewanego odpływu wód deszczowych ze zlewni, oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0

**Czy wiesz, że ...**

Szacunki wskazują, że wykorzystanie wody deszczowej może zmniejszyć zużycie wody w gospodarstwie domowym nawet o 55%, znacznie redukując przyjmowany średni poziom 150 litrów zapotrzebowania na wodę na osobę dziennie.

**PODCZYSZCZANIE**

**RETENCJA**

**INFILTRACJA**

**KOSZT**

**UTRZYMANIE**

**ZASTOSOWANIE**

place parkingi
  drogi
  parki
  osiedla
  zabudowa zwarta
  domy jednorodzinne



źródło: Arup



Przyjmujące różne kształty oazy roślinności nasadzone w niewielkim zagłębieniu nazywane są ogrodami deszczowymi. Różnorodność kompozycji, wysoka estetyka i wszechstronne zastosowanie nadają ogrodom unikalny charakter.

### Zastosowanie

Oprócz spowolnienia przepływu i retencji, systemy korzeniowe roślin zapewniają biologiczne oczyszczanie deszczówki wraz z jej stopniową infiltracją w głąb odpowiednio dobranych warstw humusu, piasku i żwiru. Cechują je wysokie walory estetyczne.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Regularne inspekcje ogrodu w celu kontroli oznak erozji, nagromadzenia zanieczyszczeń czy słabej kondycji warstwy roślinnej.
- Regularne pielenie i usuwanie chwastów.
- Ewentualnie wymiana 5-7 cm warstwy wierzchniej tzw. mulczu.

#### Opcjonalne:

- Podlewanie nowych nasadzeń rodzimych gatunków roślin w początkowej fazie wzrostu (3 tygodnie) lub podczas okresów suchych.
- Przycinanie roślin ze względów estetycznych.
- W przypadku nadmiernej erozji na obrzeżach ogrodu sugeruje się dodanie kamieni, tłumiących zbyt dużą energię kinetyczną wody.

#### Zwróć uwagę:

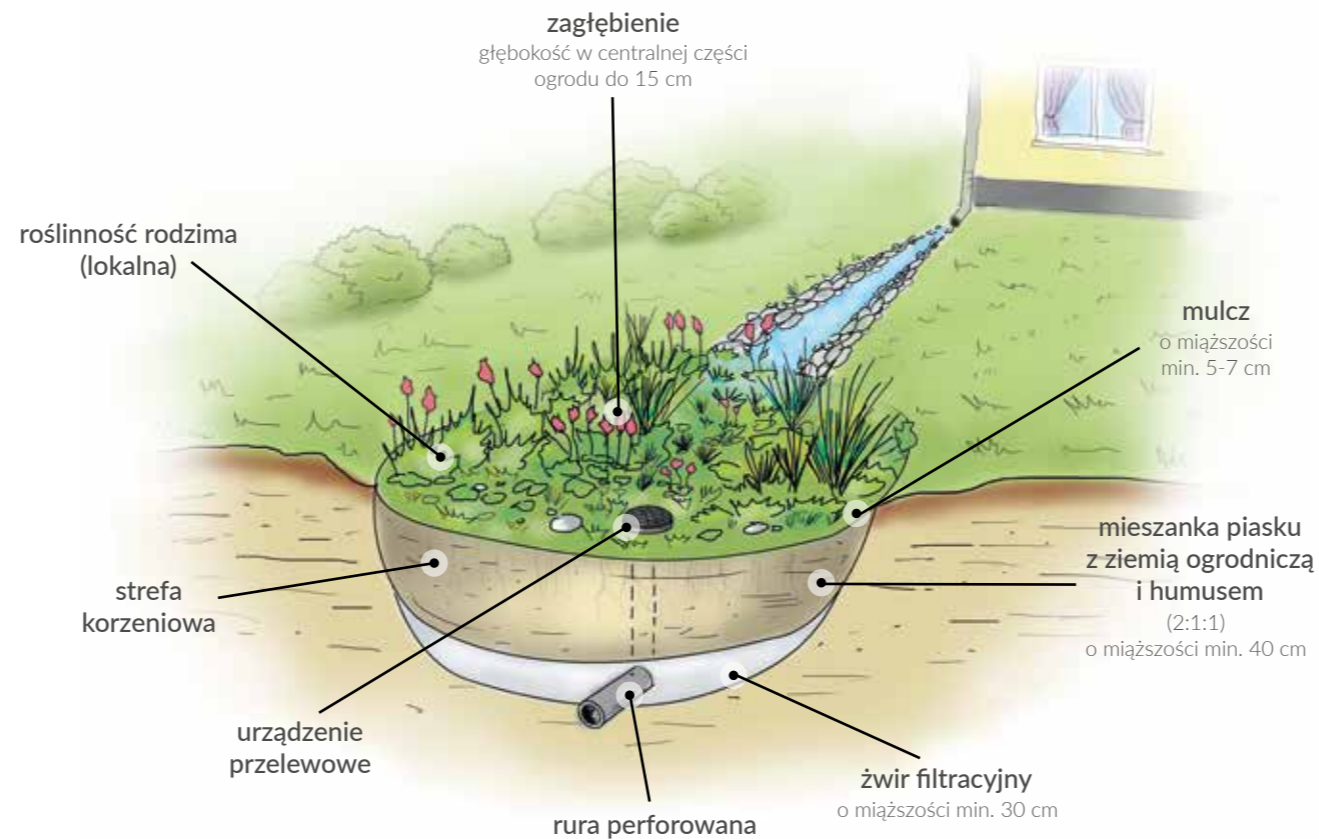
- Jeśli podczas opadów ziemia przemieszcza się poza ogród, może to być oznaka zbyt wolnej infiltracji w stosunku do ilości napływającej wody. Rozważysz należy powiększenie ogrodu.
- Nie stosować nawozów sztucznych oraz środków ochrony roślin – zadaniem ogrodu deszczowego jest oczyszczenie deszczówki przed wsiąknięciem.

### Warunki realizacji

**Infiltracyjny:** ze względu na częstą konieczność przygotowania podłoża, a nawet jego wymiany, ogrody deszczowe mogą być zakładane niemal w każdych warunkach. Istotne jest, aby zwierciadło wód gruntowych znajdowało się przynajmniej 100 cm poniżej poziomu terenu.

**Topograficzne:** teren okalający ogród deszczowy powinien

## 8. OGRODY DESZCZOWE



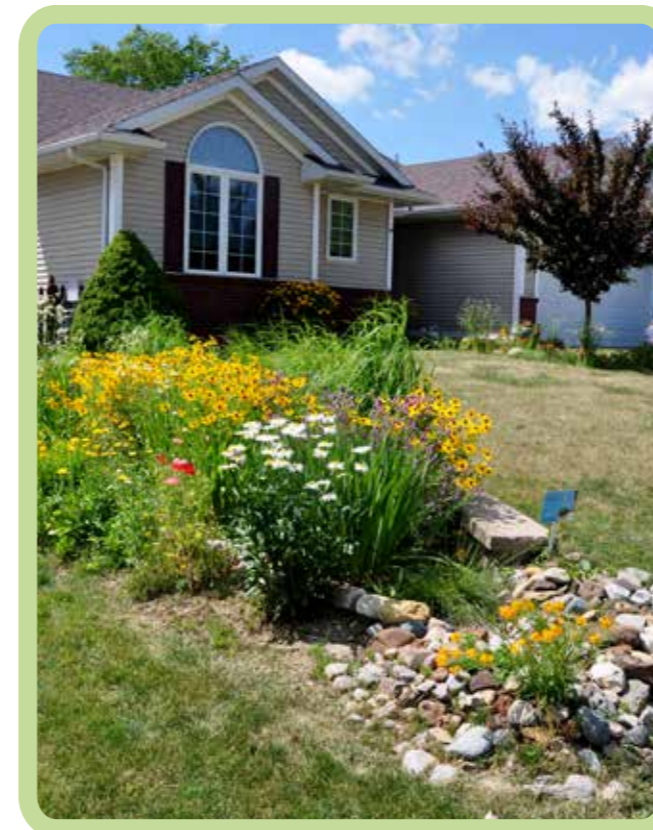
źródło: Arup

mieć łagodne spadki, a przekroczenie nachylenia 12% może wymagać konstrukcji oporowych.

**Konstrukcyjne:** typowy ogród wymaga zagłębienia od 20 do 40 cm, a jego wielkość wyznaczana jest jako 7-20% powierzchni odwadnianego obszaru. Poletko ogrodu deszczowego musi być płaskie i wyrównane, aby dochodziło do równomiernego rozprowadzenia wody deszczowej. Należy przewidzieć system odprowadzenia nadmiaru wód.

**Formalne:** ogród deszczowy przypomina klasyczną rabatę kwiatową i najczęściej stosowany jest na działkach prywatnych właścicieli w ramach zagospodarowania wód deszczowych z posesji. Typowa konstrukcja nie jest obciążona ograniczeniami prawnymi.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Jason Johnson, CC BY 2.0

### Czy wiesz, że ...

W porównaniu do tradycyjnych trawników, ogrody deszczowe oferują o 30% skuteczniejsze wsiąkanie wody w grunt. Cechują się zdolnością do oczyszczania nawet 90% zanieczyszczeń zawartych w wodzie opadowej spływającej z dachów, podjazdów i innych nawierzchni utwardzonych.

#### PODCZYSZCZANIE



#### RETENCJA



#### INFILTRACJA



#### KOSZT



#### UTRZYMANIE



#### ZASTOSOWANIE



źródło: SUSDRAIN



**P**asaże roślinne to podłużne donice lub tereny z ukształtowanym dnem, wypełnione masą ziemi urodzajnej uszczelnionej względem podłoża i gęsto obsadzone roślinnością wodolubną.

### Zastosowanie

Woda deszczowa przepływa w pasażach w kierunku poziomym przez podłoże piaszczysto-gliniaste i dzięki roślinności hydrofilnej następuje oczyszczanie biologiczne tlenowe i beztlenowe. Równoległe następuje mechaniczne odfiltrowanie szkodliwych substancji w gruncie oraz oczyszczenie chemiczne i fizyczne, dzięki wiązaniu zanieczyszczeń na cząstkach gruntu. Pasaże opóźniają spływ wód deszczowych.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Pielęgnacja ogrodnicza całego układu, wymiana obumarłej roślinności.
- Coroczne przycinanie roślin (aby wysokość sięgała najwyżej 30 - 50 cm powyżej powierzchni gruntu).
- Regularna kontrola stanu technicznego na dopływie i odpływie, zwłaszcza po intensywnych opadach.

#### Opcjonalne:

- Uzupełnianie narzutu żwirowego o frakcji od 8 do 32 mm przy dopływie, który pełni funkcję wytlumienia energii wody podczas deszczów nawalnych.

#### Zwróć uwagę:

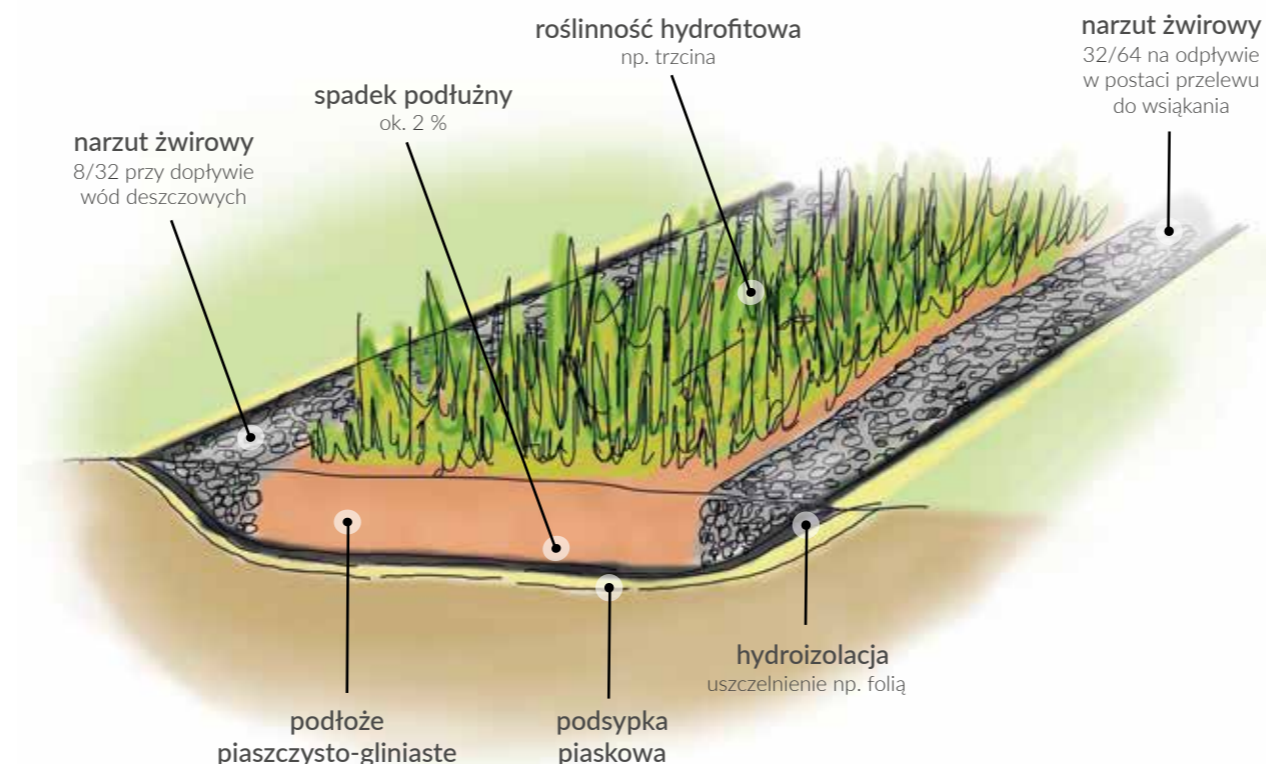
- W pasażach roślinnych osiągalny przepływ jest stosunkowo niewielki, dlatego często pojawia się konieczność poprzedzenia układu pojemnością retencyjną ze zdławionym odpływem, co powiększa zakres cyklicznej kontroli całego systemu.
- Należy zapobiegać zagęszczeniu gruntu (np. podczas zabiegów pielęgnacyjnych roślin).

### Warunki realizacji

**Topograficzne:** pasaż roślinny stosowany jest do oczyszczania wód deszczowych z niewielkich odwadnianych powierzchni, zanieczyszczonych głównie substancjami biodegradowalnymi, rozpuszczonymi. Preferowany spadek podłużny dna w kierunku przelewu do wsiąkania wynosi 2%.

**Konstrukcyjne:** na dnie wykonanego zagłębienia umieszcza się warstwę piasku i całość uszczelnia folią.

## 9. PASAŻE ROŚLINNE



źródło: Arup

Przy dopływie stosuje się narzut żwirowy o uziarnieniu 8–32 mm, dla wytlumienia uderzeń hydraulicznych. Najczęściej filtr roślinny zasiedla się trzcina pospolita na podłożu piaszczysto-gliniastym, z uwagi na rozbudowany system korzeni oraz dużą odporność tych roślin na skrajne temperatury. Ponieważ najwyższa sprawność oczyszczania zapewniona jest przy stałym dopływie, zalecane jest przyłączenie poprzedzających obiektów retencyjnych i oczyszczania mechanicznego. System powinien być dopełniony urządzeniem do wsiąkania.

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska. Przykładowo według typowych standardów wody wypływające z systemu nie mogą zawierać zawiesin ogólnych w ilościach większych niż 100 mg/l i węglowodorów ropopochodnych w ilościach większych niż 15 mg/l, a wprowadzanie wody oczyszczonej do gruntu, w ilości nie przekraczającej 5 m<sup>3</sup>/dobę, nie wymaga osobnych pozwoleń.

**Ogólne:** pasaż roślinny stanowi rozwiązanie zbliżone

do stawów hydrofitowych, lecz ich kształt i konstrukcja pozwalają na łatwiejsze wkomponowanie w miejsca, gdzie spływ powierzchniowy wymaga podczyszczenia. Pasaże każdorazowo wymagają dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji.



źródło: Wiki commons

**Czy wiesz, że ...**  
Stężenie zanieczyszczeń w ściekach opadowych ulega istotnym wahaniom w czasie trwania odpływu, zależnie od natężenia deszczu, wielkości czy sposobu zagospodarowania zlewni. Większość przypadków udowadnia, że najbardziej zanieczyszczona bywa „pierwsza fala spływu”, a stężenie zanieczyszczeń osiąga skrajne wartości podczas początkowych 15–60 minut trwania odpływu.

<b>PODCZYSZCZANIE</b>				
<b>RETENCJA</b>				
<b>INFILTRACJA</b>				
<b>KOSZT</b>				
<b>UTRZYMANIE</b>				
<b>ZASTOSOWANIE</b>				
<input type="checkbox"/> place parkingi	<input type="checkbox"/> drogi	<input checked="" type="checkbox"/> parki	<input checked="" type="checkbox"/> osiedla	<input type="checkbox"/> zabudowa zwarta
				<input checked="" type="checkbox"/> domy jednorodzinne



źródło: SUSDRAIN



Oczyszczalnie hydrofitowe symulują naturalnie podmokłe warunki hydrauliczne i siedliskowe ekosystemów bagiennych. W porównaniu do pasaży roślinnych są zdolne do obsłużenia znacznie większych powierzchni odwadnianych. Rozróżnia się stawy przepływowe o swobodnej powierzchni, pokryte roślinnością pływającą lub złoża z przepływem podpowierzchniowym, porośnięte zakorzonioną roślinnością wodną lub bagienną.

### Zastosowanie

Obok retencji wody, nadrzędną rolą rozwiązania jest oczyszczanie ścieków w wyniku procesu biologicznego zachodzącego przy współdziałaniu mikroorganizmów funkcjonujących w specjalnie zaprojektowanych złożach - filtrach roślinnych - złożonych na przykład z trzciny pospolitej.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Systematyczne wybieranie osadu zgromadzonego na dnie dołu gnilnego (bagrowanie) oraz zbieranie kożucha z taflí ścieków, utworzonego z nagromadzonych tłuszczów i olejów.
- Podlewanie nowych nasadzeń w początkowej fazie wzrostu (co 2 tygodnie przez pierwszy sezon wegetacyjny), a następnie kontrola co kwartał w okresie 24 miesięcy.
- Regularne kontrole, zwłaszcza po deszczach nawalnych, mające na celu sprawdzenie: złoża roślinnego, oznak erozji, właściwego ukierunkowania przepływu, stabilności zboczy, drożności dopływu i odpływu oraz stopnia zaawansowania procesu sedymentacji.

#### Opcjonalne:

- Pielęgnacja roślin zasadzonych w obrębie złoża filtracyjnego - wedle potrzeby podlewanie, plewienie, mulczowanie, wymiana obumarłych nasadzeń w ciągu 3 pierwszych lat.

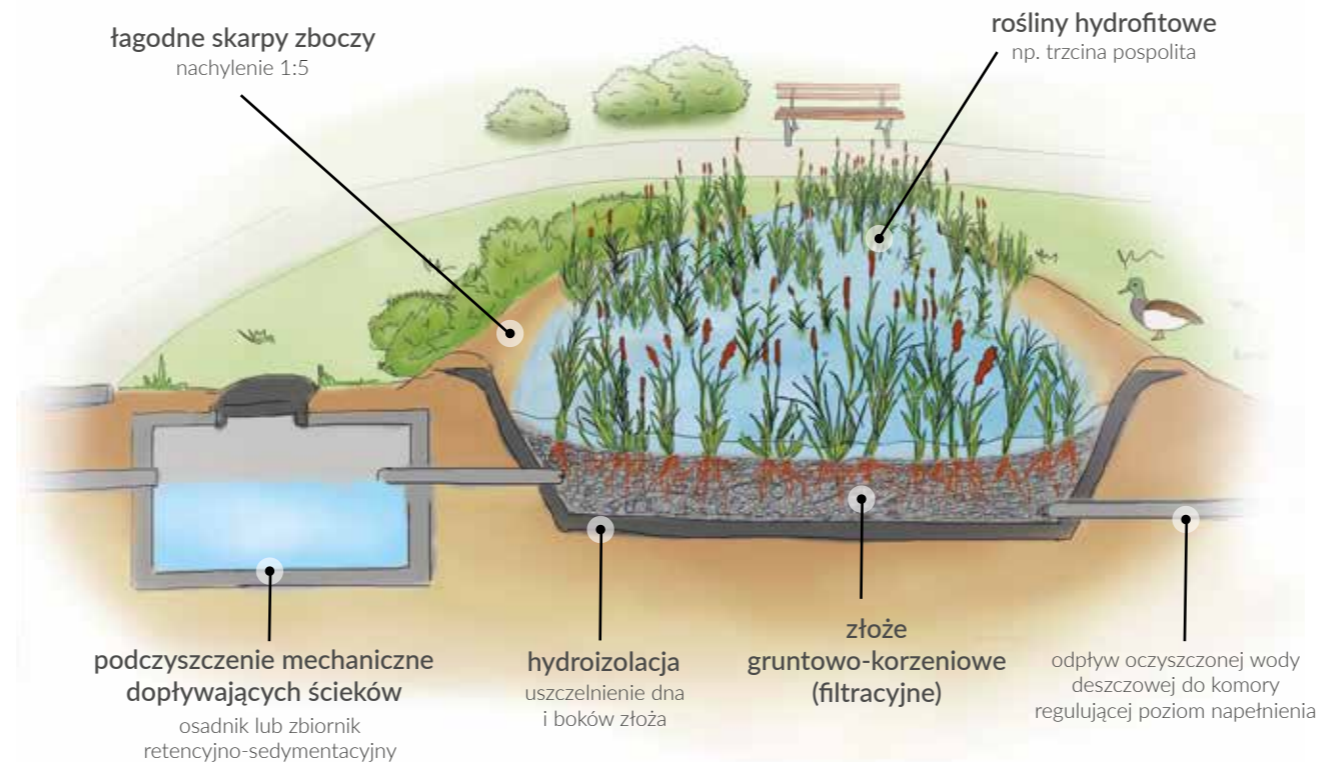
#### Zwróć uwagę:

- Nagła odwilż lub intensywne opady mogą prowadzić do całkowitego nadpiętrzenia, stwarzając ryzyko przepływu omijającego na powierzchni.

### Warunki realizacji

**Topograficzne:** przyjmuje się wartości obciążenia od 15 do 40 litrów/m<sup>2</sup> powierzchni złoża hydrofitowego, w zależności od stopnia zanieczyszczenia wód deszczowych.

## 10. STAWY HYDROFITOWE



źródło: Arup

Oczyszczalnie roślinne pracują w zimie ze skutecznością 50 - 80% skuteczności letniej, dlatego projekt powinien zakładać nieco większą powierzchnię dla zapewnienia całorocznej eksploatacji. Spadek podłużny powierzchni poletka przeznaczanego na staw nie powinien być mniejszy niż 1%. Korzystne jest także wkomponowanie stawu hydrofitowego w otaczający teren, aby wyeliminować konieczność budowy przepompowni i uniknąć towarzyszących jej kosztów eksploatacji.

**Konstrukcyjne:** aby praca złoża hydrofitowego poprawnie symulowała warunki hydrauliczne oraz siedliskowe naturalnych ekosystemów bagiennych, prędkość na dopływie nie powinna przekraczać 0,5 m/s. Większa energia przepływu na wejściu mogłaby powodować mechaniczne uszkodzenia roślin i obniżenie efektywności oczyszczania. Rozprowadzenie strumienia ładunku musi odbywać się równomiernie na całej szerokości stawu, co może zostać osiągnięte dzięki perforowanej rurze wlotowej. Najczęściej obszar nasadzeń – tak zwany filtr roślinny, zasiedla się trzcina pospolita, z uwagi na rozbudowany system korzeni oraz dużą odporność tych roślin na skrajne temperatury.

Należy zwracać szczególną uwagę na kwestię uszczelnienia poletek i trwałość uszczelnień. W przypadku systemów o dużych przepływach i/lub ładunkach należy zaprojektowane powierzchnie dzielić na połączone ze sobą mniejsze poletka. Preferowany jest kształt podłużny całego systemu (stosunek długości do szerokości optymalnie 3:1).

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska. Należy również przewidzieć systematyczne pobory próbek ścieków, dla wykazania spełnienia warunków dotyczących najwyższych dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń albo minimalnego procentu redukcji zanieczyszczeń.

**Ogólne:** hydrofitowe oczyszczalnie mogą stanowić uzupełnienie konwencjonalnych systemów technologicznych albo funkcjonować samodzielnie. Rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji.

### Czy wiesz, że ...

Skuteczność oczyszczania wód deszczowych przez stawy hydrofitowe wynosi średnio 80-90% z zawieszin i zanieczyszczeń organicznych, a sprawność usuwania biogenów sięga 50-70%.

#### PODCZYSZCZANIE



#### RETENCJA



#### INFILTRACJA



#### KOSZT



#### UTRZYMANIE



#### ZASTOSOWANIE



źródło: Arup



Wszelkie powierzchniowe urządzenia w formie ukształtowanych otwartych zbiorników ziemnych o dnie zapewniającym filtrację wody do gruntu.

### Zastosowanie

Głównym zadaniem zbiorników jest wyrównywanie i redukcja natężenia odpływu wód opadowych. Wody opadowe są gromadzone w zbiorniku, rozszczepiane do gruntu oraz odprowadzane w ograniczonej ilości do odbiornika poprzez warstwę filtracyjną. Obsadzenie roślinnością sprzyja oczyszczaniu wody.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Okresowe czyszczenie, a w przypadku wyraźnego zaburzonego wsiąkania należy zebrać i usunąć uszczelniające powłoki osadów dennych.
- Standardowe zabiegi pielęgnacyjne zieleni.
- Regularna kontrola funkcjonowania zbiornika, stateczności skarp, ogólnego stanu technicznego (zawsze jesienią po opadnięciu liści oraz po intensywnych opadach).

#### Opcjonalne:

- Kontrola i serwisowanie poprzedzających urządzeń do oczyszczania lub wydzielonej strefy osadzania, jeśli zbiornik został wybudowany w konfiguracji bardziej złożonej, wieloelementowej.

#### Zwróć uwagę:

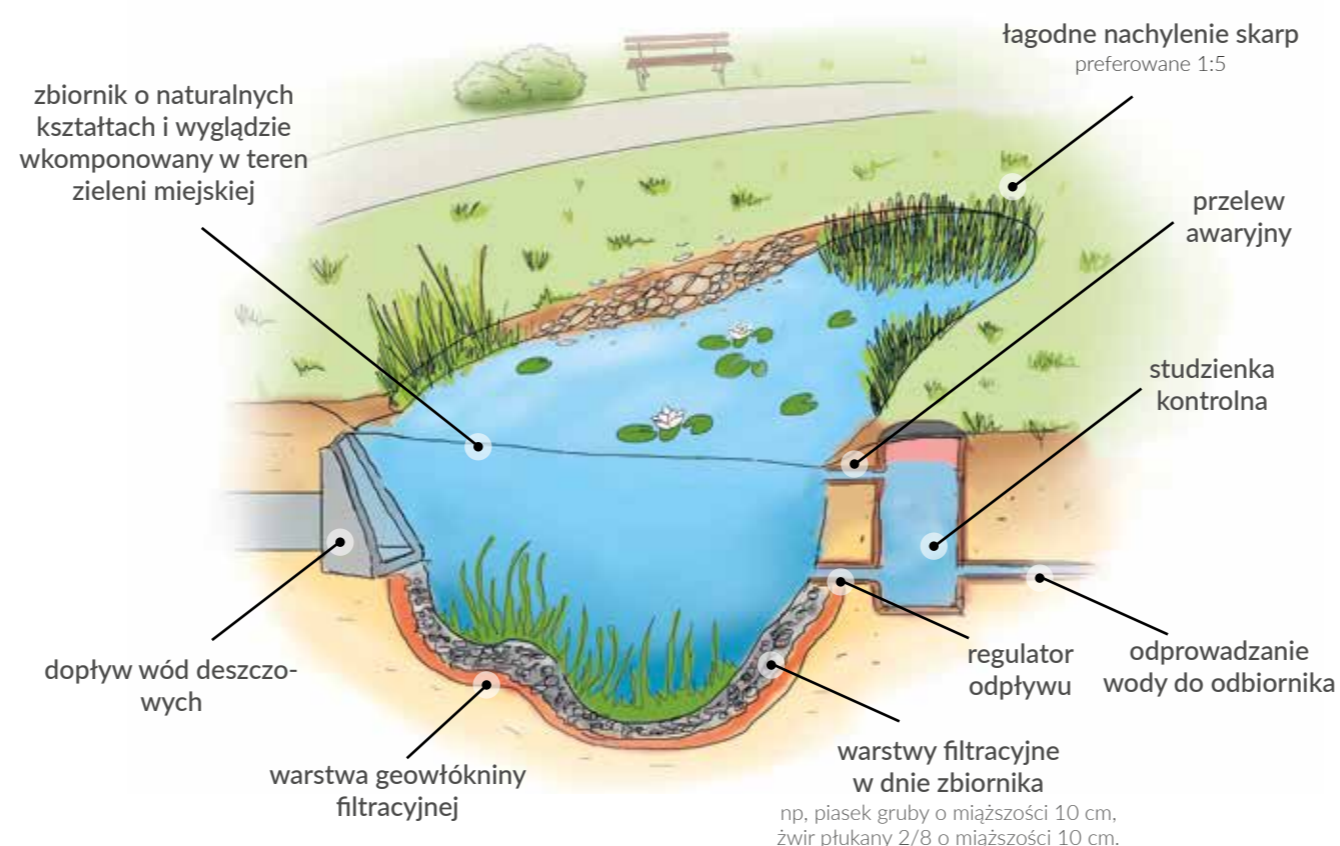
- Obsadzenie dna i skarp zbiornika roślinnością zwiększa prędkość filtracji.
- Należy unikać uszczelnienia gruntu w czasie konserwacji, na przykład przez pojazdy budowlane.

### Warunki realizacji

**Infiltracyjne:** grunt do głębokości 1,5 m poniżej dna zbiornika winien zapewnić szybkość wsiąkania co najmniej 12,5 mm/h i znajdować się powyżej poziomu zwierciadła wody gruntowej.

**Topograficzne:** należy zbadać warunki gruntowo-wodne i w razie potrzeby konieczne jest obniżenie zwierciadła wody na czas wykonywania wykopu pod zbiornik. Geometria zbiornika powinna naśladować naturalne ukształtowanie terenu wokół projektowanego zbiornika. Nachylenie skarp powinno być zróżnicowane, a obiekt płynnie wkomponowany w otoczenie. Skarpy zaleca się

## 11. POWIERZCHNIOWE ZBIORNIKI INFILTRACYJNO-RETENCYJNE



źródło: Arup

wykonać w stosunku minimum 1:5 co umożliwi łatwy dostęp do zbiornika.

**Konstrukcyjne:** jeśli skarpy są zbyt strome, mogą wymagać umocnienia przed niekorzystnymi wahaniami lustra wody (np. geomembraną z matą drenażową lub ostatecznie elementami prefabrykowanymi, ażurowymi). Przy niewielkich natężeniach przepływu wody, jako umocnienie przed rozmyciem w miejscu zrzutu wody nadaje się na przykład warstwa tłucznia kamiennego ułożona na geowłókninie filtracyjnej. Zbiornik należy wyposażać w przelew awaryjny o zdolności przepustowości większej od dopływu do zbiornika, aby nie dopuścić do niekontrolowanego wylania wody. W niektórych przypadkach, dla większych zbiorników warto pomyśleć o utwardzonej drodze dojazdowej do zbiornika umożliwiającej okresowe czyszczenie jego dna.

**Formalne:** przeważnie na lokalizację takich zbiorników wymagana jest dokumentacja projektowa oraz pozwolenia, przy obecnych dopuszczalnych wielkościach zanieczyszczeń 100 mg/l dla zawiesiny ogólnej oraz 15 mg/l dla węglowodorów ropopochodnych. Jest to szczególnie ważne, gdy obiekt ten jest elementem odwodnienia dróg. Warunki

formalne muszą być każdorazowo sprawdzone pod kątem aktualnych przepisów.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji.



źródło: Arup



### Czy wiesz, że ...

Istnieje również wariant podziemny zbiorników retencyjno-rozszczepiających, określany jako komory drenażowe, w którym infiltracja następuje wyłącznie przez dno. Natomiast odmiana komór z wypływem przez dno i ściany boczne dostępna jest na rynku pod nazwą tunele infiltracyjne. Jeden taki moduł zastępuje około 800 kg żwiru.



### PODCZYSZCZANIE



### RETENCJA



### INFILTRACJA



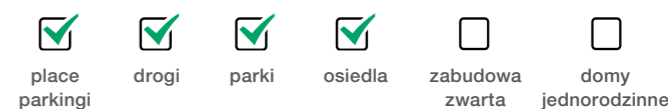
### KOSZT



### UTRZYMANIE



### ZASTOSOWANIE



źródło: A Peach, CC BY 2.0



Zdrenowane zagłębienie w kształcie niecki, z retencją w warstwie żwiru filtracyjnego.

### Zastosowanie

Podstawowy cel to retencja i infiltracja wód deszczowych. Bardzo dobre oczyszczanie biologiczne w ożywionej warstwie gruntu i zatrzymywanie substancji rozpuszczonych sprawia, że niecki filtracyjne nadają się do retencji i wstępnego oczyszczania wód bardziej obciążonych. Niewielkie zagłębienie niecki wpływa na łatwość wkomponowania w tereny zielone.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Pielęgnacja zieleni w niecce, koszenie trawy, czyszczenie studzienek do których wprowadzana jest odpływająca woda, usuwanie liści, śmieci i innych zanieczyszczeń w niecce.

#### Opcjonalne:

- Sprawdzenie stanu dna niecki (czy dno nie jest erodowane), zastąpienie starego trawnika i wierzchniej warstwy gleby nową. Ważna, choć utrudniona, jest kontrola oznak nieciągłości folii uszczelniającej poniżej warstwy filtracyjnej.

#### Zwróć uwagę:

- Zwróć uwagę na drożność rury drenarskiej, osadzający się osad blisko wylotu, zbyt mocno porośnięty obszar niecki.

### Warunki realizacji

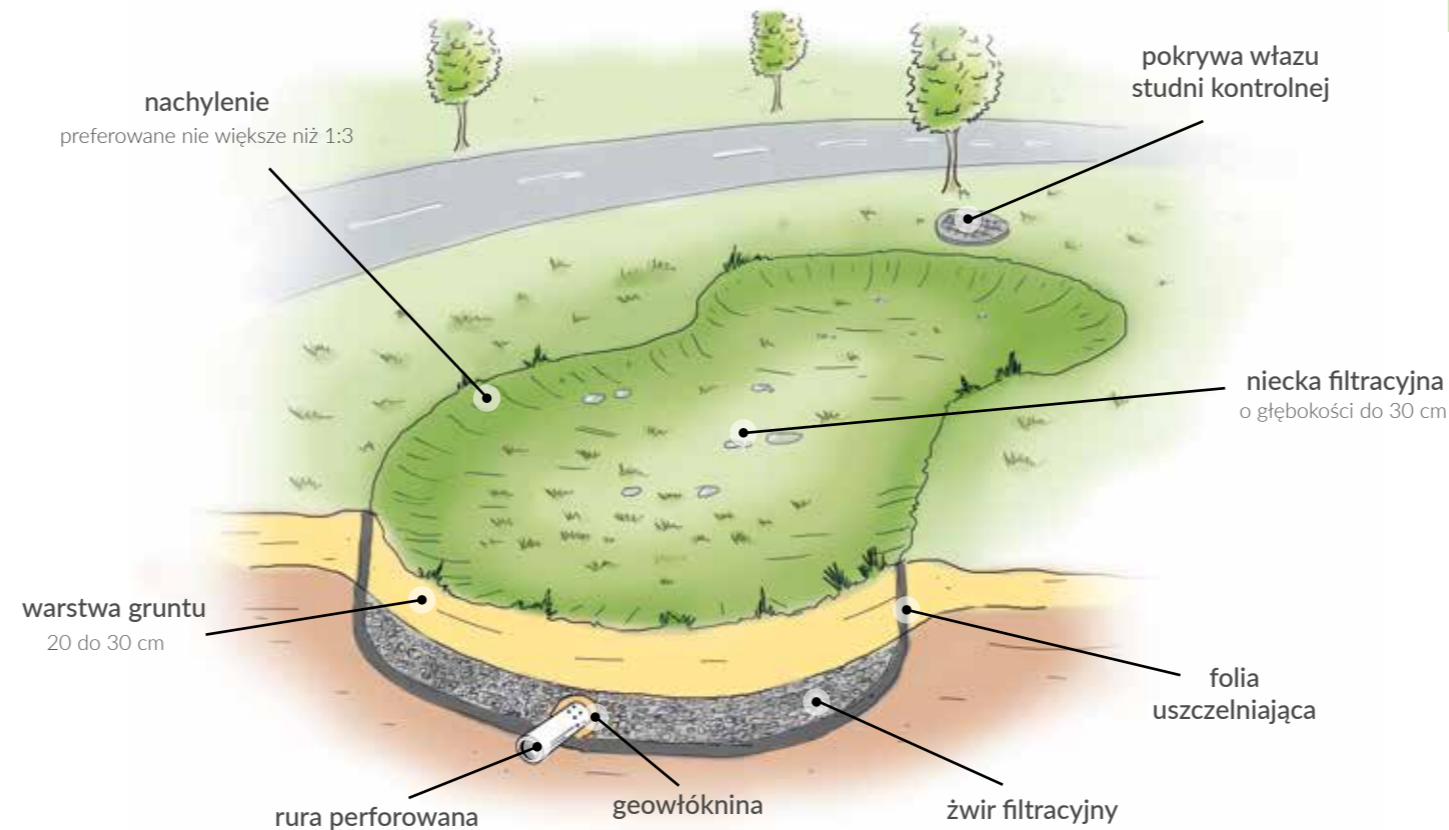
**Infiltracyjne:** niecka sucha powinna być całkowicie odwodniona w ciągu 48 godzin, licząc od końca trwania opadu. Minimalna prędkość filtracji wynosi typowo 64 mm/h. W przypadku niecki mokrej, zalecane są grunty o mniejszej przepuszczalności.

**Topograficzne:** optymalny spadek dna mieści się w przedziale 0,4-4%.

**Konstrukcyjne:** niecki zalecane są do przyjmowania odpływu ze zlewni o powierzchni zabudowy nie większej niż 2 ha. Minimalna głębokość dla mokrej niecki to 30-60 cm, a dla suchej 90-120 cm (zalecana głębokość słupa wody to 30 cm).

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa

## 12. NIECKI FILTRACYJNE



źródło: Arup

wodnego, budowlanego i ochrony środowiska.

**Ogólne:** powierzchnia zajmowana przez nieckę jest silnie uzależniona od przepuszczalności podłoża zlewni. Rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji.



źródło: Arup

### Czy wiesz, że ...

Do obsadzania niecek służą wyselekcjonowane mieszanki roślin wilgociolubnych. W ich kompozycję wchodzi tzw. rośliny repozycyjne, które ukorzeniając się poprawiają zdolności infiltracyjne gruntu nawet na głębokość 1 m.

#### PODCZYSZCZANIE



#### RETENCJA



#### INFILTRACJA



#### KOSZT



#### UTRZYMANIE



#### ZASTOSOWANIE



źródło: Arup



Urządzenia podziemne o lekkiej konstrukcji ażurowej z tworzywa sztucznego, w postaci skrzynek o wymiarach na przykład 1000x500x400 mm przy pojemności około 200 litrów, funkcjonujące jako sztuczna warstwa magazynująco-przepuszczalna.

### Zastosowanie

Urządzenia podziemne o lekkiej konstrukcji ażurowej z tworzywa sztucznego w postaci skrzynek, funkcjonujące jako sztuczna warstwa magazynująco-przepuszczalna.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Płukanie skrzynek rozsączających.
- Ochrona przed dopływem liści i zanieczyszczeń.
- Konserwacja urządzenia do podczyszczania mechanicznego.

#### Opcjonalne:

- W zależności od potrzeby i warunków eksploatacyjnych zaleca się płukanie filtra, aby usunąć zanieczyszczenia mechaniczne.
- Należy co pół roku dokonywać kontroli działania studzienek oraz usuwać zgromadzone zanieczyszczenia, również kontrolując pracę towarzyszących urządzeń podczyszczających.

#### Zwróć uwagę:

- Dostępne są modele skrzynek rozsączających umożliwiające przeprowadzanie inspekcji kamerą CCTV, poprzez dedykowany w tym celu tunel wzdłuż całego systemu skrzynek.

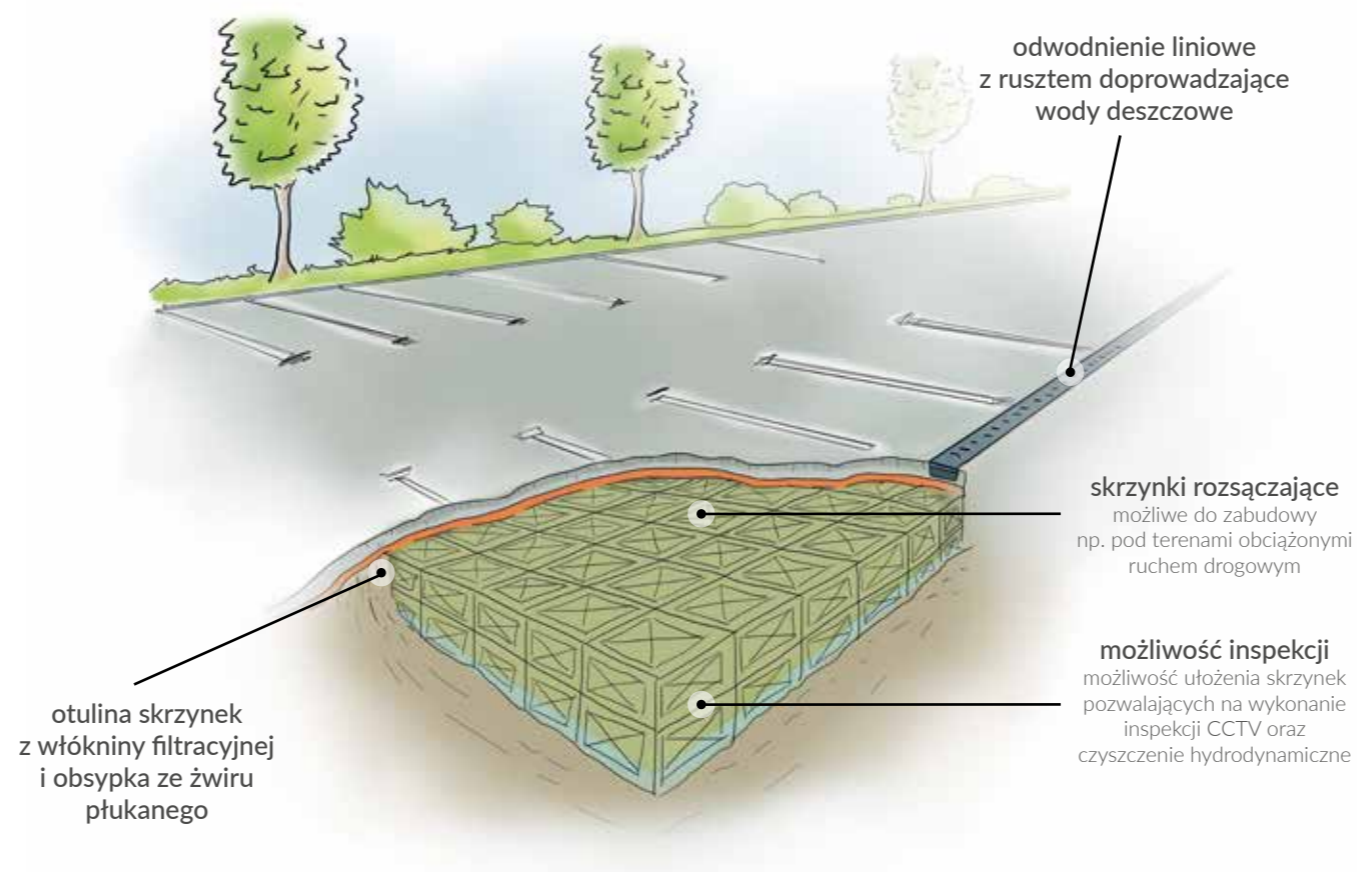
### Warunki realizacji

**Infiltracyjne:** urządzenia znajdują zastosowanie w przypadku gruntów o współczynniku przepuszczalności większym niż  $10^{-6}$  m/s. Grunty uniemożliwiające infiltrację wymuszają zastosowanie układu skrzynek wyłącznie w roli podziemnego zbiornika retencyjnego.

**Topograficzne:** posadowienie skrzynek musi odbyć się w odpowiedniej odległości od drzew (zabezpieczenie przed uszkodzeniem skrzynek przez rozbudowany system korzeniowy).

**Konstrukcyjne:** zalecana minimalna odległość posadowienia dna skrzynki od poziomu wody gruntowej nie powinna być mniejsza niż 1 metr. Przed dopływem do skrzynek należy umieścić studzienkę osadnikową z filtrem, a po

## 13. SKRZYNKI ROZSĄCZAJĄCE



źródło: Arup

przeciwnej stronie dopływu wód odpowietrzenie za pomocą rury wywiewnej. Skrzynki powinny mieć możliwość przepływania i kontroli stanu.

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji. Istnieje wiele odmian skrzynek retencyjno-rozsączających o wytrzymałości konstrukcji adekwatnej do zagospodarowania terenu, o różnorodnej głębokości posadowienia i miąższości przykrycia.



źródło: Arup



### Czy wiesz, że ...

Skrzynka rozsączająca o pojemności 200 litrów odpowiada 1000 kg tłucznia o współczynniku magazynowania 30%. Alternatywnym rozwiązaniem mogą być też komory drenażowe, obsypane warstwą tłucznia.



### PODCZYSZCZANIE



### RETENCJA



### INFILTRACJA



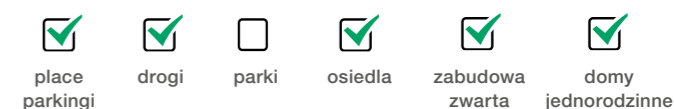
### KOSZT



### UTRZYMANIE



### ZASTOSOWANIE



źródło: Darlen Library, CC BY 2.0



**P**rostopadłościennne urządzenia podziemne wykonane z tworzywa sztucznego, tworzące rusztowanie dla drzew i przenoszące obciążenia komunikacji drogowej.

### Zastosowanie

Gromadzenie wody w pobliżu ciągów komunikacyjnych. Zasadą działania jest obecność konstrukcji przeciwdziałającej kompresji podłoża złożonej ze skrzynek korzeniowych, wypełnionych mieszanką gleby i substratu o optymalnych właściwościach wodno-powietrznych dla rozwoju korzeni drzew.

Skrzynki łączone są w kanały korzeniowe zapobiegające zagęszczeniu gleby, przy zapewnieniu dużej pojemności retencyjnej i pozwalające na kierkowanie korzeni, w celu uniknięcia potencjalnych uszkodzeń pobliskiej infrastruktury technicznej.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Sporadycznie w okresie wiosny, jesieni oraz po intensywnych opadach należy sprawdzać zagłębienia wokół pni drzew z zamiarem usunięcia czynników ograniczających infiltrację.

#### Opcjonalne:

- Coroczna kontrola powiązań sieciowych: drożność rur, przycinanie korzeni, drobne naprawy.

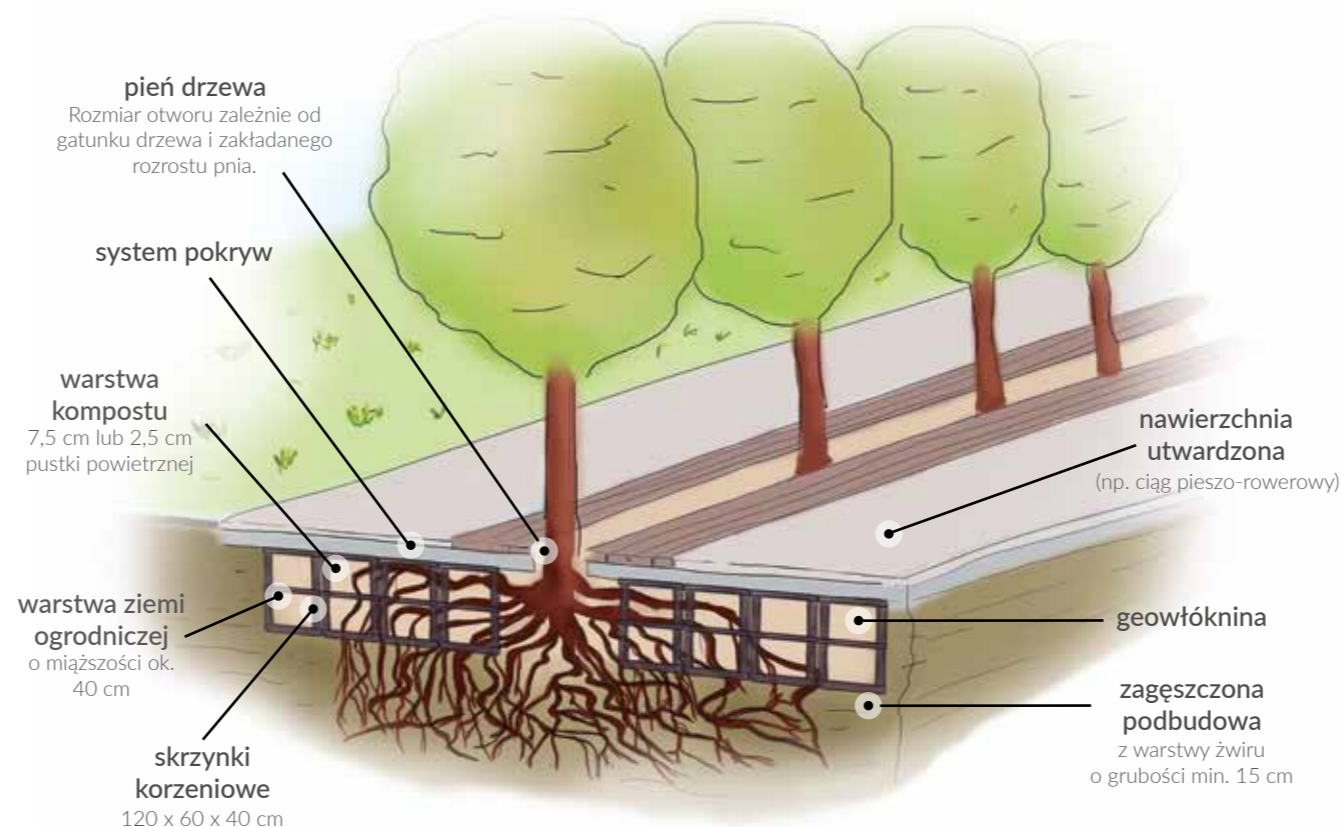
#### Zwróć uwagę:

- Układ skrzynek korzeniowych jest systemem podziemnym, dlatego istotne jest poprawne utrzymanie nawierzchni znajdujących się ponad skrzynkami i przeznaczonych dla ruchu ulicznego. Wszelkie wykopy powinny być koordynowane względem projektu powykonawczego układu skrzynek. Wynikające z prac technicznych lub remontów infrastruktury pęknięcia lub inne trwałe uszkodzenia skrzynek, wymagają ich wymiany.

### Warunki realizacji

**Infiltracyjne:** całkowicie otwarte wewnątrz skrzynki pozwala na szybką infiltrację wody przez system, lecz w przypadku zbyt małej odległości od budynków stosuje się uszczelnienie geomembraną, a odprowadzenie nadmiaru wody do kanalizacji poprzez rurę drenarską. Optymalnym medium, układanym wewnątrz konstrukcji, jest mieszanka kamienno-glebowa (np. z domieszką keramzytu)

## 14. SKRZYNKI KORZENIOWE



źródło: Arup

zapewniająca najlepsze warunki powietrzno-wodne dla systemu korzeniowego drzew.

**Topograficzne:** układy skrzynek korzeniowych zaprojektowane są dla obszarów o nachyleniu nie większym niż 5%.

**Konstrukcyjne:** wymiary typowej, pojedynczej skrzynki korzeniowej wynoszą: wysokość - 400 mm, szerokość - 600 mm, długość - 1200 mm. Najważniejszym etapem jest przygotowanie wyrównanej i zagęszczonej warstwy nośnej pod posadowienie systemu, bowiem od tego zależy poprawne połączenie skrzynek w integralną całość. Istotne jest również dobranie odpowiednich średnic otworów dla wzrostu drzew, uwzględniając nawet kilkudziesięcioletni rozrost korzeni szkarpowych (strukturalnych). W projekcie należy uwzględnić klasę obciążenia w zależności od przeznaczenia terenu.

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska. W typowym układzie projekt powinien być powiązany z projektem zagospodarowania dla budowy chodnika i spełniać stosowne

warunki techniczne określone w rozporządzeniach.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji.



źródło: DeepRoot CC BY 2.0

### Czy wiesz, że ...

Jedna skrzynka korzeniowa może zawierać w przybliżeniu 0,3 m<sup>3</sup> gleby i jest zdolna pomieścić niemal 75 litrów wody deszczowej.

#### PODCZYSZCZANIE



#### RETENCJA



#### INFILTRACJA



#### KOSZT



#### UTRZYMANIE



#### ZASTOSOWANIE



źródło: DeepRoot CC BY 2.0



Zbiorniki retencyjne o różnorodnych kształtach i technikach wykonania – z tworzywa, betonowe, prefabrykowane, budowane in situ - instalowane pod powierzchnią terenu. Szczególną odmianą jest retencja kanałowa, polegająca na zainstalowaniu na określonej długości odcinka sieci kanalizacji deszczowej lub ogólnospławnej rury o wyraźnie większej średnicy.

### Zastosowanie

Magazynowanie lub tymczasowe przetrzymanie nadmiaru wód deszczowych w celu ograniczenia odpływu wód opadowych i uniknięcia przeciążenia kanalizacji burzowej. Możliwość wykorzystania zgromadzonej i podczyszczonej wody do celów nawadniania terenów zieleni miejskiej, mycia dróg i placów.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Regularne kontrole co 2 miesiące w celu oszacowania ilości osadów dennych, złożonych ze szczątków biomasy, pyłu, odchodów zwierzęcych i innych zanieczyszczeń tworzących szlam (opróżnianie i oczyszczanie wewnętrznych płaszczyzn magazynujących wraz z wybraniem osadu co 2 – 5 lat, zależnie od wielkości systemu i dopływającego ładunku zanieczyszczeń).
- Czyszczenie filtrów mechanicznych na wlocie do zbiornika 2 – 4 razy w roku.

#### Opcjonalne:

- Sprawdzanie stanu technicznego zainstalowanych pomp, mechanizmów kontrolujących opróżnianie oraz urządzeń czyszczących, jeśli takowe wchodzi w skład systemu zbiornika podziemnego.

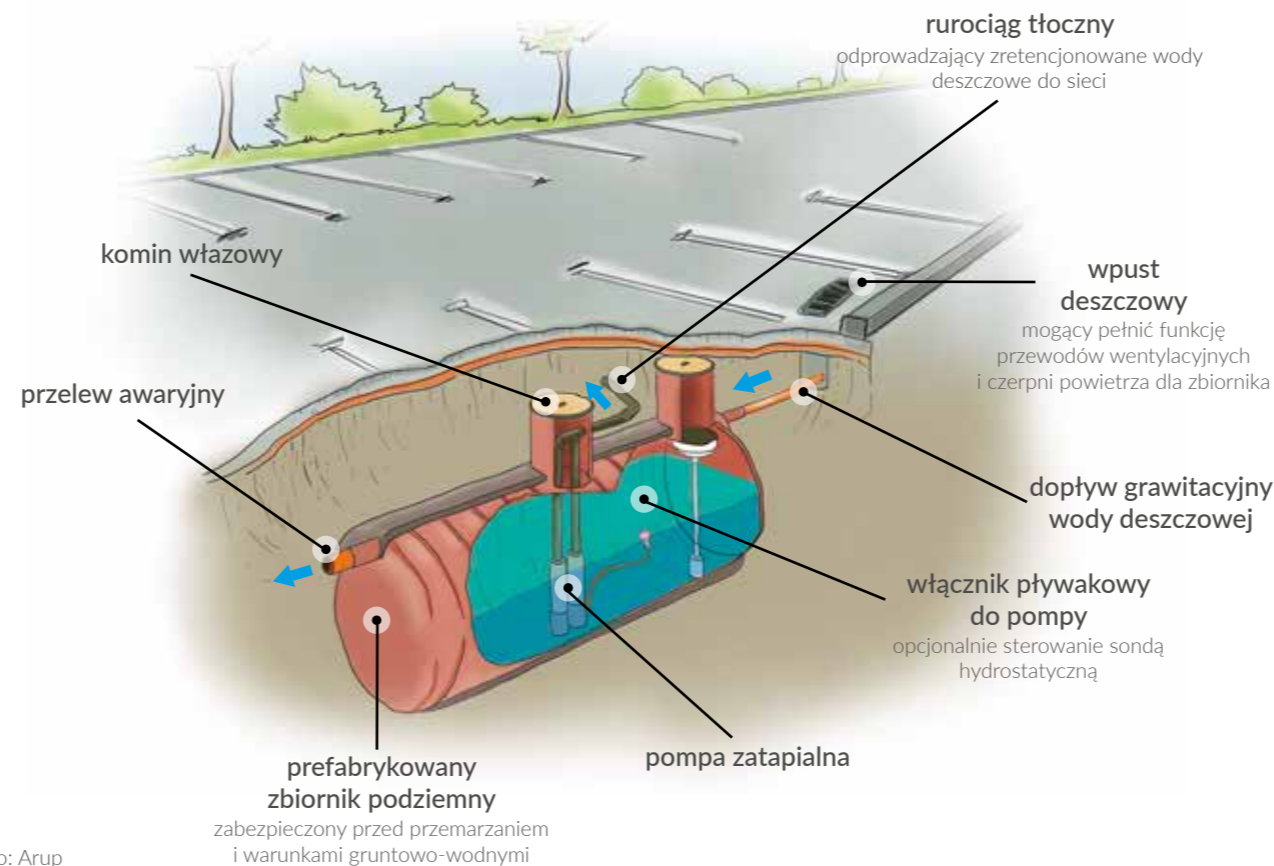
#### Zwróć uwagę:

- Częstotliwość konserwacji zależy od szeregu warunków oraz stanu nawierzchni odwadniającej zlewni, dlatego po pierwszych dniach deszczowych, od momentu rozpoczęcia eksploatacji, konieczna jest kontrola pogładowa.

### Warunki realizacji

**Topograficzne:** typowe zagadnienia do rozpatrzenia to posadowienie zbiornika poniżej poziomu przemarzania gruntu dla jego nieprzerwanej eksploatacji, uwzględnienie wyporności wód gruntowych (zwłaszcza cechujących się sezonowym wahaniami poziomu zwierciadła) i obciążenia

## 15. PODZIEMNE ZBIORNIKI SZCZELNE



źródło: Arup

od ruchu na powierzchni terenu oraz zachowanie bezpiecznych odległości od innych obiektów, np. posadowienie 5 m od budynku czy 2 m od granicy działki.

**Konstrukcyjne:** przed wlotem do zbiornika gromadzącego wody z ulic, parkingów itp. (lub na jego wylocie do odbornika) może być konieczne zastosowanie układu oczyszczania ścieków deszczowych, gdyż spływające wody są zanieczyszczone cząstkami organicznymi i mineralnymi, biomasą i substancjami ropopochodnymi. Opróżnianie zbiornika, np. na cele podlewania zieleni miejskiej, może być realizowane grawitacyjnie lub poprzez przepompownię, warunki napełniania i opróżniania wymagają każdorazowo szczegółowej analizy hydraulicznej. Zbiorniki odciążające kanalizację deszczową powinny oddawać wodę do systemu w sposób kontrolowany, tj. z wykorzystaniem elementów sterowanych lub regulatorów przepływu.

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska, a także wytycznych np. zarządców dróg. Konieczna jest także ocena warunków

gruntowo-wodnych posadowienia zbiornika.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji.



źródło: Arup

### Czy wiesz, że ...

Wyjątkowo zaawansowany system do gromadzenia wody podczas ulewnych deszczy, mieści się w Japonii, a jego budowa trwała 17 lat. Chroni on Tokio, miasto zamieszkałe przez 35 milionów mieszkańców, zwiększając odporność miasta przy powodzi 200-letniej. W system włączone są pompy o wydajności 200 ton wody na sekundę.

### PODCZYSZCZANIE



### RETENCJA



### INFILTRACJA



### KOSZT



### UTRZYMANIE



### ZASTOSOWANIE



źródło: Steven Shepard, CC BY 2.0



Ogólna grupa powierzchniowych urządzeń w postaci ukształtowanych zbiorników ziemnych, z uszczelnionymi ścianami i dnem.

### Zastosowanie

Wody opadowe są gromadzone w obrębie zbiornika bez ich rozszczynania do gruntu. Całkowita objętość dopływającej wody odprowadzana jest stopniowo, zazwyczaj przy dławionym odpływie, do innego odbiornika – grawitacyjnie lub za pomocą przepompowni. Rozwiązanie nastawione jest przede wszystkim na zatrzymanie i opóźnienie odpływu wód opadowych, ale nie wyklucza ich ponownego wykorzystania.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Ze względu na zatrzymywanie substancji stałych, poprzez ich osadzanie w czasie fazy piętrzenia, raz na kilka lat wymagane jest oczyszczenie dna czaszy zbiornika
- Regularne inspekcje rur zasilających zbiornik, stateczności i umocnień skarp, systemu przepompowni oraz stanu technicznego ewentualnej rampy wjazdowej.

#### Opcjonalne:

- Doraźne kontrole stanu technicznego deflektora dopływu.

#### Zwróć uwagę:

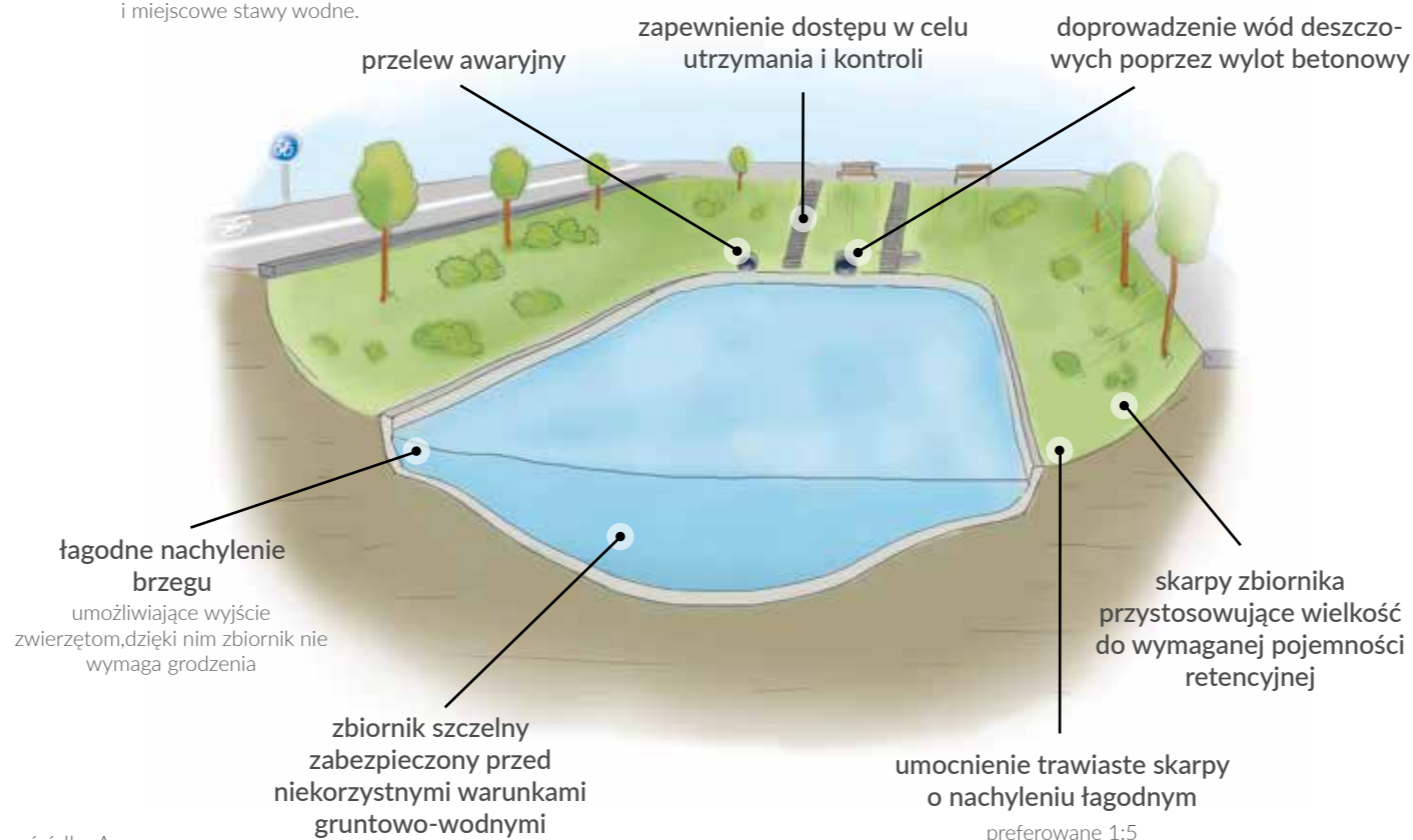
- Forma przestrzenna i sposób rozwiązania konstrukcji zbiornika decydują o jego charakterze – seminaturalny ze strefami roślinnymi o znaczeniu technologicznym będzie dodatkowo wymagał ich okresowej pielęgnacji.

### Warunki realizacji

**Topograficzne:** zgodnie z ideą zielono-niebieskiej infrastruktury zaleca się, aby zbiorniki były wkomponowane w otaczający teren i swoim ukształtowaniem wykazywały podobieństwo do naturalnych stawów, tworząc ogólnodostępną, nieogrodzoną przestrzeń wspólną, zwiększającą bioróżnorodność. Zbiorniki powinny być sytuowane w odległości przynajmniej 20 m od krawędzi skarpy zewnętrznej rowu lub od podstawy nasypu, najlepiej wykorzystując naturalne zagłębienia terenowe. Łagodne zbocza skarp i brzegów umożliwiają dostęp i powodują, że zbiornik nie musi być ogrodzony.

## 16. POWIERZCHNIOWE ZBIORNIKI RETENCYJNE SZCZELNE

Zalecana lokalizacja pod zbiornik to naturalne niecki terenowe i miejscowe stawy wodne.



źródło: Arup

**Konstrukcyjne:** należy uwzględnić zjawisko wyporu, w przypadku projektowania szczelnej powierzchni zbiornika z membraną – określić poziom zwierciadła wody podziemnej w stosunku do rzędnej dna zbiornika. Pojemność retencyjna zależy od wyniku obliczeń hydraulicznych, które głównie bazują na wartościach natężenia deszczu i wielkości odwadnianego obszaru, ale także układu sieci i ukształtowania terenu. Na dopływie do zbiornika należy umieszczać układ podczyszczający. Kształt zbiornika powinien pozwalać na racjonowany odpływ zgromadzonej wody opadowej.

**Formalne:** przeważnie zbiorniki te są sporymi przedsięwzięciami budowlanymi i wymagają opracowania dokumentacji projektowej oraz uzyskania pozwoleń wymaganych prawem wodnym, budowlanym i ochrony środowiska.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji.



źródło: Arup

### Czy wiesz, że ...

Uwzględniając warunki klimatu w Polsce i niski stopień parowania, zbiorniki tego typu muszą mieć przelew awaryjny i odprowadzenie do odbiornika. W przeciwnym razie rozwiązania oparte o zbiorniki szczelne bezodpływowe ze wskazaniem funkcji odparowania mogą doprowadzić do niekontrolowanych przelewów, a w konsekwencji wywołać lokalne podtopienia lub uplastycznienia gruntów.

#### PODCZYSZCZANIE



#### RETENCJA



#### INFILTRACJA



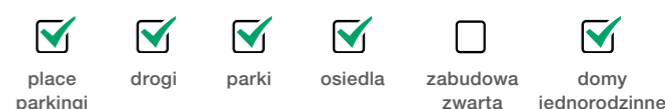
#### KOSZT



#### UTRZYMANIE



#### ZASTOSOWANIE



źródło: Arup



Zielone, brunatne i niebieskie dachy to alternatywa dla tradycyjnych dachów. Dachy zielone lub brunatne są układami wielowarstwowymi zwieńczonymi pokrywą roślinną, wykorzystywane czasem jako powierzchnie użytkowe z elementami małej architektury. Dachy niebieskie funkcjonują na zasadzie zbiorników na poziomej płaszczyźnie dachu.

### Zastosowanie

Pokryte roślinnością zielone dachy zatrzymują wodę deszczową, która jest filtrowana i odparowuje do atmosfery, a nadmiar dopiero jest odprowadzany. Ich główną funkcją jest zmniejszenie ilości odprowadzanych wód do kanalizacji, ale dodatkowo zapewniają korzyści ekologiczne, gdyż zatrzymują i filtrują zanieczyszczenia powietrza, tłumią hałas, pochłaniają promieniowanie UV i poprawiają mikroklimat. W czasie zimy zapobiegają dużym stratom ciepła, a latem chronią przed nadmiernym nagrzewaniem. Ponadto produkują tlen i ograniczają zjawisko „miejskiej wyspy ciepła”. Tworzą również bioróżnorodne siedliska i zwiększają walory estetyczne. Natomiast niebieski dach to zbiornik na płaskim dachu, służący do tymczasowego zatrzymywania wody deszczowej. Odprowadzenie wody odbywa się zazwyczaj w ciągu doby. Niebieskie dachy przechwytyują wody opadowe i gromadzą je często także dla celów ponownego wykorzystania w budynku.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Nawadnianie, pielęgnacja roślin, nawożenie, sprawdzanie urządzeń technicznych na dachu oraz czyszczenie rynien bezpieczeństwa, skrzynek kontrolnych oraz innych urządzeń odwadniających, 2 razy w roku
- przeczyszczenie odpływów dachowych, szczególnie jesienią

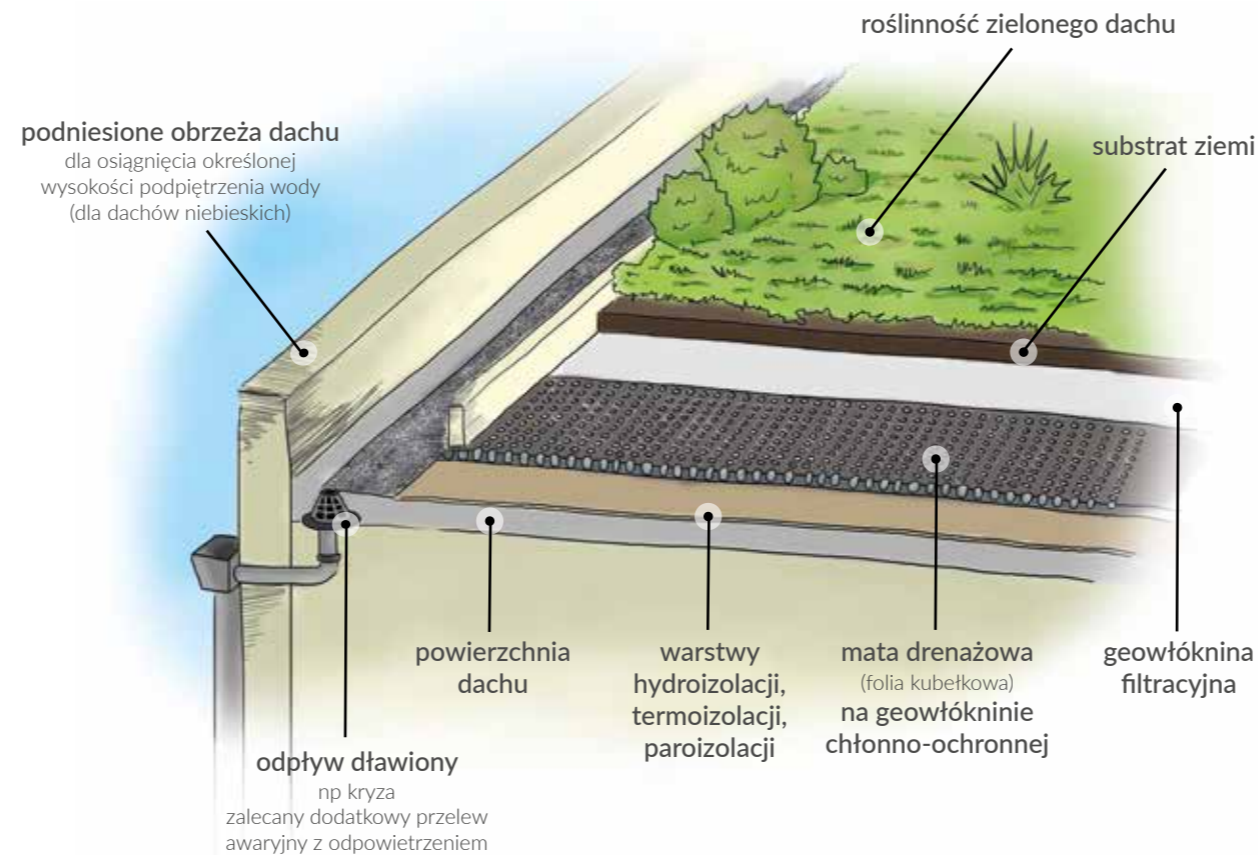
#### Opcjonalne:

- Zapewnienie roślinom sztucznego nawadniania (np. systemy zraszania, system kroplujący), uzupełnianie roślin i substratu, przycinanie roślin oraz koszenie

#### Zwróć uwagę:

- Nie stosować roślin z dużymi wymaganiami wegetacyjnymi, zapewnić właściwą wilgotność podłoża roślinnego, zapewnić warstwę izolacyjną odporną na przerastanie korzeni.

## 17. ZIELONE I NIEBIESKIE DACHY



źródło: Arup

### Warunki realizacji

**Topograficzne:** warto zwrócić uwagę na ewentualne warunki krajobrazowe. Zielony dach pozwala na zmniejszenie obciążenia sieci kanalizacyjnej o 70-90% w okresie letnim. Świetnie sprawdzi się zarówno w terenach miejskich jak i wiejskich.

**Konstrukcyjne:** Spadek połaci dachowej nie powinien być większy niż 30°. Konstrukcja dachu zielonego jest najczęściej podobna do stropodachu odwróconego. Najczęściej na trwałym (często betonowym) podłożu wykonana jest wytrzymała na przebicie korzeniami i odporna na działanie kwasów i innych substancji chemicznych hydroizolacja, na niej warstwa ocieplenia, a powyżej różnego rodzaju warstwy filtrujące i drenażowe oraz ziemia uprawna. Funkcje, jakie pełnią kolejne warstwy, to zatrzymywanie wody przez rośliny, infiltracja do warstw substratu, odprowadzenie wody do warstwy drenażowej, a jej nadmiaru do odpływów oraz parowanie z powierzchni dachu.

**Formalne:** konieczne opracowanie szczegółowej dokumentacji projektowej.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Arlington County, CC BY 2.0

**Czy wiesz, że ...**  
 W porównaniu do standardowego dachu, który ma obciążenie równe 10-15 kg/m<sup>2</sup>, nasycony wodą zielony dach może ważyć nawet 175-200 kg/m<sup>2</sup>. W Polsce najbardziej znanym zielonym dachem jest dach Biblioteki Uniwersyteckiej w Warszawie, który rozciąga się na powierzchni ponad 1 ha. Roślinność zajmuje powierzchnię ponad 5 000 m<sup>2</sup>. Na dachu stworzono atrakcyjną przestrzeń miejską, łącząc części ogrodu kładkami, ścieżkami oraz mostkami i pergolami, na których rośnie winorośl.

**PODCZYSZCZANIE**

**RETENCJA**

**INFILTRACJA**

**KOSZT**

**UTRZYMANIE**

**ZASTOSOWANIE**

<input type="checkbox"/> place parkingi	<input type="checkbox"/> drogi	<input type="checkbox"/> parki	<input checked="" type="checkbox"/> osiedla	<input checked="" type="checkbox"/> zabudowa zwarta	<input checked="" type="checkbox"/> domy jednorodzinne
---	--------------------------------	--------------------------------	---	---	--



źródło: Arup



Urządzenie wodne, najczęściej posiadające oprawy rzeźbiarskie o wysokich walorach estetycznych. Konstrukcja złożona jest z basenu gromadzącego wodę, przelewów i instalacji obiegowych. Fontanny stanowią przeważnie element małej architektury.

### Zastosowanie

Obok dodatkowej retencji wód opadowych, rozwiązanie to oferuje możliwość twórczego włączenia wody w panoramę miasta. Współczesne fontanny często wyposaża się w urządzenia do widowiskowych iluminacji.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Pozyskiwanie materiałów serwisowych, naprawczych i środków do uzdatniania i dezynfekcji wody.
- Regularne czyszczenie niecek fontann, utrzymywanie sprawności tryskaczy i wysokości strumienia wody, a także bieżący dozór automatyki i instalacji obiegowych.
- Systematyczne czyszczenie filtrów i dysz urządzeń tryskowych.

#### Zwróć uwagę:

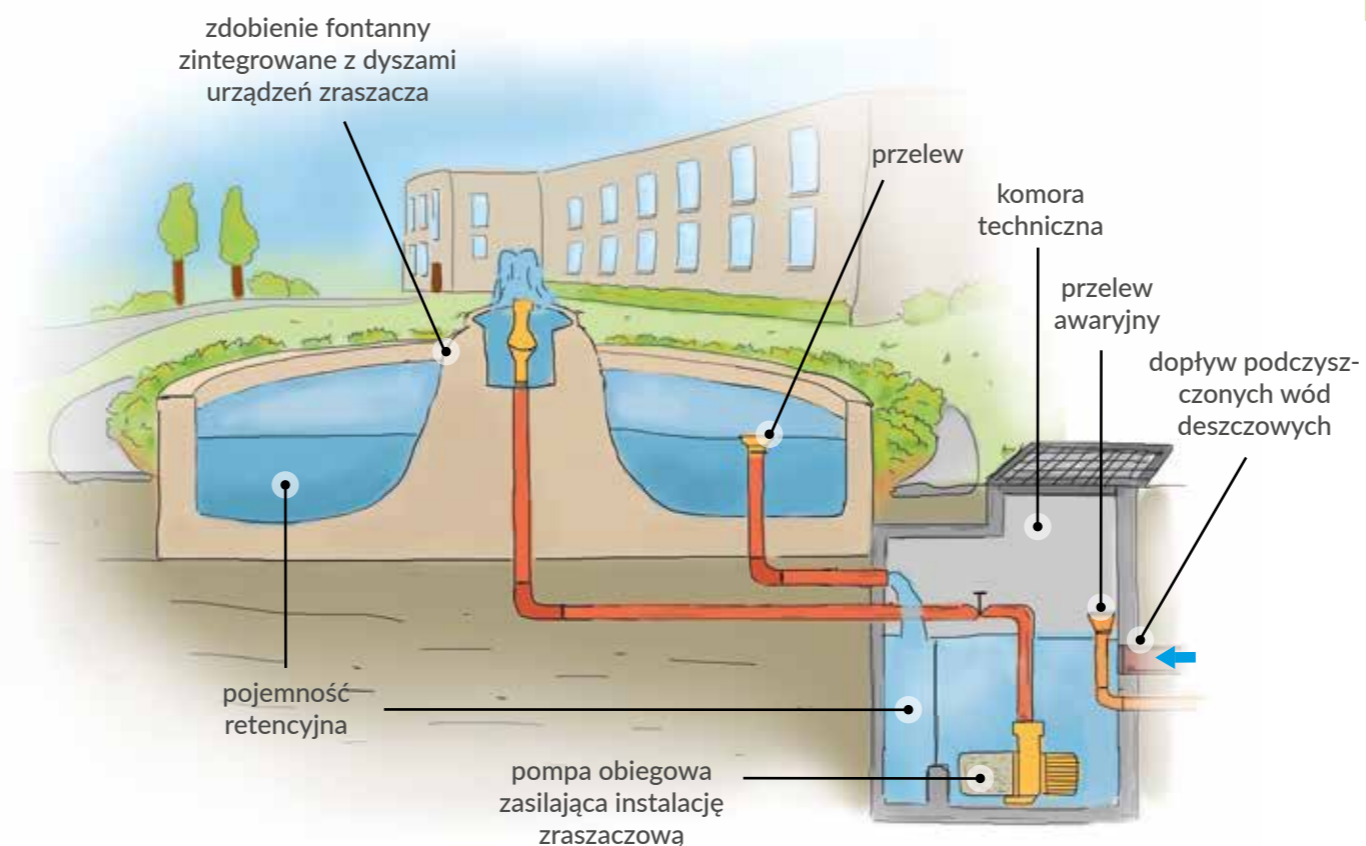
- Bardzo istotnym aspektem jest wzorcowy stan techniczny komory pomp, aby nie dopuścić do zalania pompy obiegowej po obfitych opadach deszczu.
- Praca fontanny w obiegu zamkniętym pozwala zminimalizować opłaty za pobieraną wodę z miejskiej sieci, lecz nie eliminuje problemu jej uzupełniania, zwłaszcza w okresach suchych.

### Warunki realizacji

**Topograficzne:** teren posadowienia misy i cokołu fontanny jest najczęściej płaski, korzystny pod względem rozpoznanych warunków geotechnicznych i hydrologicznych oraz stanowiący otwartą przestrzeń publiczną. Kształt fontanny, jak i elementy ozdobne, mogą przyjmować dowolną formę. Występują projekty realizowane w postaci układu kaskad lub nawet wkomponowane w schody.

**Konstrukcyjne:** projekt fontanny powinien uwzględnić technologię uzdatniania wody, zbiornik wyrównawczy wody z systemem pomp i zapewnienie pojemności retencyjnej (zwanej często pojemnością czynną). Oprócz wybudowania komory technicznej, mieszczącej urządzenia obsługujące fontannę, konieczne może być wykonanie

## 18. FONTANNA Z RETENCJĄ

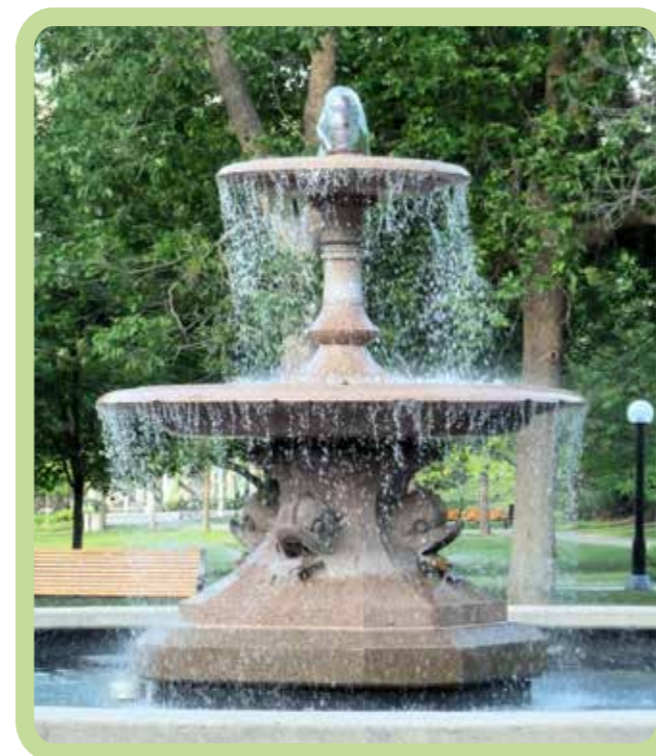


źródło: Arup

studni wodomierzowej.

**Formalne:** zaleca się opracowanie dokumentacji projektowej oraz sprawdzenie konieczności uzyskania pozwoleń wobec aktualnie obowiązujących przepisów prawa wodnego, budowlanego i ochrony środowiska. Warto zwrócić uwagę na warunki higieniczno-sanitarne wody oraz sprawdzić czy wszystkie urządzenia przeznaczone do zamontowania w obrębie fontanny posiadają wymagane atesty i certyfikaty.

**Ogólne:** rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków i specyfiki inwestycji.



źródło: Gordon Bell, CC BY 2.0

**Czy wiesz, że ...**  
Fontanna zainstalowana na zbiorniku retencyjnym napowietrza wodę ograniczając wzrost glonów i poprawiając warunki życia fauny wodnej.

**PODCZYSZCZANIE**

**RETENCJA**

**INFILTRACJA**

**KOSZT**

**UTRZYMANIE**

**ZASTOSOWANIE**

place parkingi
  drogi
  parki
  osiedla
  zabudowa zwarta
  domy jednorodzinne



źródło: Giles Rocholl Photography



Rozwiązaniem integrującym czasową retencję wód opadowych z atrakcyjną przestrzenią do rekreacji są suche zbiorniki, funkcjonujące jako place wodne.

### Zastosowanie

Wypełniają się wodą tylko na czas gwałtownych opadów i magazynują ją do momentu, aż minie zagrożenie powodziowe, po czym woda odprowadzana jest z opóźnieniem do odbiornika naturalnego lub kanalizacji. Natomiast okresy bezdeszczowe pozwalają mieszkańcom w pełni korzystać z funkcji pełnionych przez plac, czy to pod postacią placu zabaw, boiska sportowego, amfiteatru czy po prostu jako miejsce relaksu i spotkań o wysokiej jakości architektury.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Systematyczne czyszczenie placu i usuwanie naniesionych śmieci po intensywnych opadach.
- Okresowa kontrola sprawności wsiąkania przez nawierzchnię przepuszczalną na dnie zbiornika lub serwisowanie przepompowni, w przypadku takiego systemu odprowadzania wody.

#### Opcjonalne:

- Zależnie od zastosowanej nawierzchni, konieczność wymiany po wieloletniej eksploatacji i w wyniku oddziaływania retencionowanej wody.

#### Zwróć uwagę:

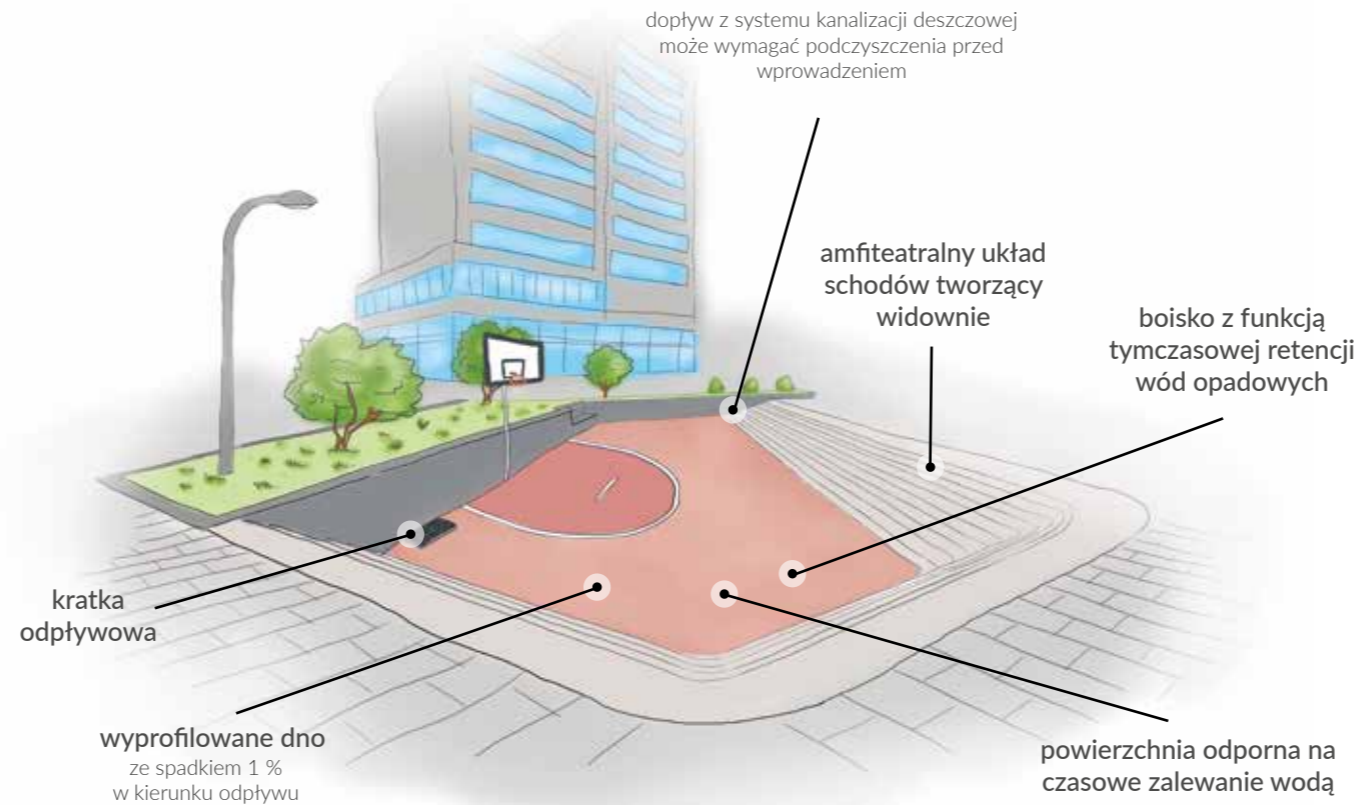
- Ideą placu wodnego jest jego zagospodarowanie jako przestrzeni publicznej, zatem funkcjonuje na tych samych zasadach co plac zabaw, boisko sportowe czy amfiteatr.

### Warunki realizacji

**Topograficzne:** preferowane dla tego rozwiązania są centra miast o zwartej zabudowie, gdzie konwencjonalna „szara” infrastruktura mocno konkuruje z obszarami możliwymi do przeznaczenia na inne funkcje, w tym rekreacyjne. Świetnie sprawdza się w rewitalizacji tkanki miejskiej terenów zdegradowanych. Jeśli tylko warunki gruntowo-wodne i bliskość zabudowy na to pozwalają, skwer miejski, lub jego fragment, może zostać zagłębiony i przekształcony na wielofunkcyjną przestrzeń miejską o charakterze przeciwpowodziowym.

**Konstrukcyjne:** zaprojektować można plac składający się

## 19. PLAC WODNY



źródło: Arup

z kilku nciek, usytuowanych na różnej głębokości, działających na zasadzie połączonych naczyń. Zgromadzona woda może być odprowadzana grawitacyjnie w sposób kontrolowany lub za pomocą systemu pomp, zatem dno placu powinno być wyprofilowane ze spadkiem min. 1% w kierunku odpływu.

**Formalne:** plac wodny z zagłębieniem o funkcji zbiornika retencyjnego wymaga wykonania projektu na jego realizację i uzyskania pozwoleń budowlanych. Obok architekta, projekt powinien być wykonany z udziałem inżyniera znającego zagadnienia hydrauliki.

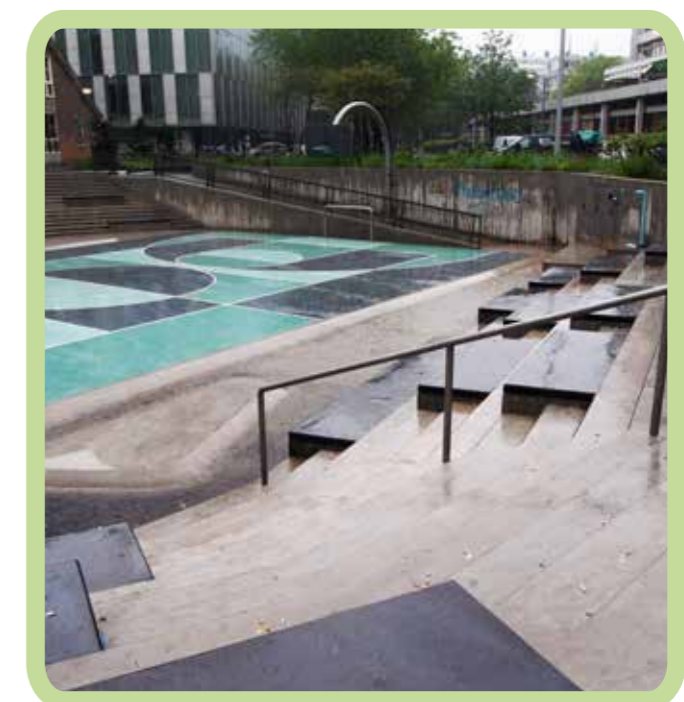
**Ogólne:** niecka z placem wodnym może pełnić funkcję placu zabaw, skateparku, boiska sportowego z amfiteatralnie usytuowanymi trybunami czy nawet lodowiska. Tego typu rozwiązania każdorazowo przygotowywane są indywidualnie w ścisłym związku z lokalnymi warunkami i specyfiką inwestycji.



źródło: stadlandschaft, BY CC 2.0

**Czy wiesz, że ...**  
Za jeden z pierwszych przykładów placu łączącego funkcje przeciwpowodziowe i rekreacyjne uznaje się charakterystyczny plac Bentemplein w Rotterdamie, w Holandii, ukończony w 2013 roku.

<b>PODCZYSZCZANIE</b>				
<b>RETENCJA</b>				
<b>INFILTRACJA</b>				
<b>KOSZT</b>				
<b>UTRZYMANIE</b>				
<b>ZASTOSOWANIE</b>				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
plac parkingi	drogi	parki	osiedla	zabudowa zwarta
				domy jednorodzinne



źródło: KlimaByen, BY CC 2.0



**B**iomimetyka (z greckiego *bios* – życie i *mimesis* – naśladować) jest nową dyscypliną, która bada ewoluujące przez setki milionów lat zdolności organizmów do przetrwania w nieustannie zmieniającym się środowisku, a następnie przenosi je do środowiska antropogenicznego. W efekcie jej stosowania powstają różne rozwiązania naśladowujące naturę. Jednym z nich mogą być zielone ściany czy pionowe ogrody.

### Zastosowanie

Jeszcze do niedawna rozwój miast symbolizował betonową szarość i wypierał naturę, a przecież to właśnie ona skrywa wzorce, formy oraz mechanizmy tak powszechnie czerpane przez architektów, urbanistów czy inżynierów. Innowacje inspirowane naturą mają na celu m.in. udoskonalenie technik w zrównoważonym gospodarowaniu wodami opadowymi. Jednym z kluczowych rozwiązań są zielone fasady, nazywane również „żyjącymi ścianami”, których działanie imituje ekosystem leśny. Rośliny zatrzymują wody opadowe na potrzeby procesów życiowych, a ich nadmiar oddawany do atmosfery w wyniku parowania i oddychania poprawia miejski mikroklimat.

### Utrzymanie

#### Bieżące:

- Utrzymanie żyjącej ściany polega na przycinaniu roślin sezonowych i ewentualnym czyszczeniu systemów odwadniania i nawadniania w okresie jesienno-zimowym.
- Dbanie o stan zdrowotny roślin poprzez wykonywanie oprysków lub usuwanie chwastów.
- Okresowe uzupełnianie nawozu, w zależności od specyfiki gatunków roślin.

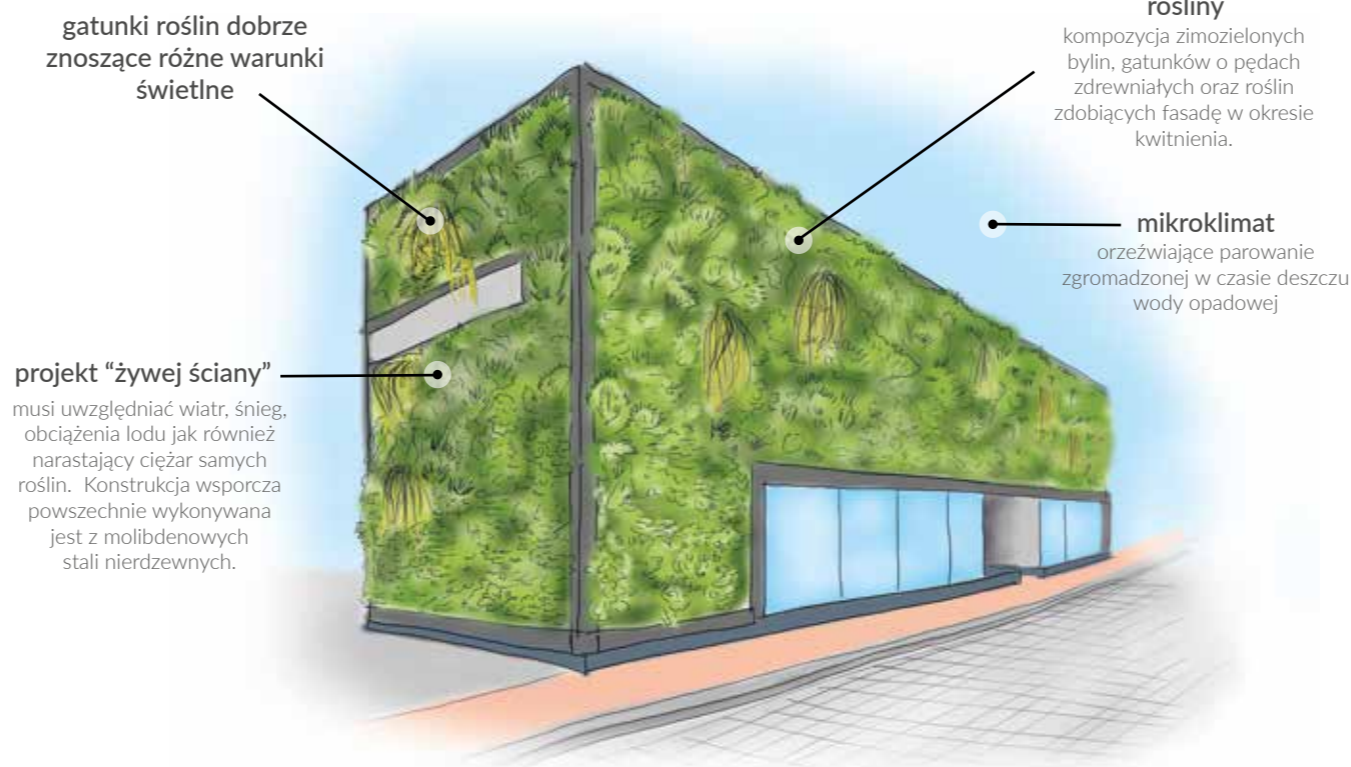
#### Opcjonalne:

- W celu ułatwienia pielęgnacji zielonej ściany, może być ona zintegrowana z liniami kroplującymi, sterowanymi przez automatyczny system nawadniania.

#### Zwróć uwagę:

- Odpływ wody z modułów wypełnionych roślinnością do odbiornika następuje dopiero po maksymalnym nasyceniu biomasy. Nadmiar wód opadowych z zielonej fasady odprowadzany jest do systemu kanalizacyjnego lub zagospodarowany na miejscu, w powiązaniu z innymi rozwiązaniami zielono-niebieskiej infrastruktury.
- Okresowe zabiegi utrzymaniowe dla wielkopowierz-

## 20. BIOMIMETYKA NAŚLADOWANIE NATURY



źródło: Arup

niowych i intensywnie zagospodarowanych systemów mogą wymagać rozstawienia rusztowań oraz zabezpieczenia terenu na czas prac.

### Warunki realizacji

**Lokalizacyjne:** ten typ rozwiązań obejmuje najróżniejsze implementacje. Przykładowo zakładany ogród wertykalny wymaga odpowiedniej ekspozycji na światło dzienne. Część roślin preferuje cień, kiedy inne prosperują w pełnym słońcu. Zielone ściany mogą być także konstruowane wewnątrz budynków. Warto także zwrócić uwagę na mury ogrodzeń czy ekrany przeciwhałasowe jako miejsca lokalizacji tego typu rozwiązań.

**Konstrukcyjne:** w przypadku ogrodów wertykalnych do elewacji budynku przytwierdza się warstwę uszczelniającą, następnie podkład i warstwę filcu z kieszeniami na rośliny pnące. System mocowany jest za pomocą wiązań lub kotwień. Inna metoda, gabionowa, bazuje na konstrukcji nośnej w postaci stelaża utrzymującego donice z gruntem. Pomiędzy ścianą budynku a stelażem uzyskuje się przestrzeń rozwoju dla rozmaitych gatunków roślin, w tym

nawet bylin, krzewów czy niewielkich drzew. U podstawy ściany powinna być wykonana na przykład opaska drenażowa, odprowadzająca nadmiar wody. Opcjonalny system irygacyjny w postaci linii kroplujących należy doprowadzić do każdego modułu roślinnego.

**Formalne:** istotnym zagadnieniem jest własność obiektu, na przykład ściany budynku. Z punktu widzenia miasta wiele potencjalnych obiektów wartych rozważenia pod kątem tego rozwiązania to obiekty prywatne. Z kolei prywatni właściciele chętnie w ten sposób ozdobiliby ścianę... sąsiada. Problem ten można rozwiązać wykonując konstrukcję wolnostojącą. Rozwiązanie wymaga opracowania dokumentacji projektowej. Osobną kwestią jest możliwość zaliczenia takiego ogrodu jako powierzchni biologicznie czynnej, jednak korzyści w skali miasta wprowadzania ogrodów wertykalnych mogą być wyjątkowe.

**Ogólne:** przy doborze gatunków warto uwzględnić cykliczność pór roku – rośliny sezonowe rekomenduje się uzupełnić o zimozielone, aby zachować całoroczny urok fasady. Rozwiązanie każdorazowo wymaga dostosowania do lokalnych warunków siedliskowych i specyfiki inwestycji.

### Czy wiesz, że ...

Jednym z propagatorów zielonych fasad jest francuski botanik Patrick Blanc, twórca słynnego ogrodu wertykalnego przy centrum sztuki i kultury CaixaForum w Madrycie. Zielona ściana złożona jest z 18 tysięcy roślin należących do 250 gatunków. Zajmuje powierzchnię 460 m<sup>2</sup>, a jej miąższość osiąga wartość nawet 1 metra.



Banery, flagi, maszty, rzeźby czy inne elementy wykonane z tkaniny absorbującej wodę i zdobiące miejską przestrzeń, mogą niczym liście drzewostanu chłonać deszcz by później w promieniach słońca oddawać wodę do otoczenia.

źródło: William Murphy, CC BY 2.0



Spowolnienie przepływu wody opadowej za pomocą łańcuchów spływowych, na wzór igieł i liści drzew. Siły adhezyjne pozwalają na laminarny spływ wody, niwelując swobodny spadek oraz niekontrolowane rozbryzgi.

źródło: Field Outdoor Spaces, CC BY 2.0



źródło: Mark Hogan, CC BY 2.0



# Inspiracje



źródło: Arup



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Arup





źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0





źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: anneheathen, CC BY 2.0



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0





źródło: Giles Rocholl Photography



źródło: Giles Rocholl Photography





źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0





źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: La Citta Vita, CC BY 2.0





źródło: Corey Burger, CC BY 2.0



źródło: Green Infrastructure, CC BY 2.0



źródło: kathryn, CC BY 2.0





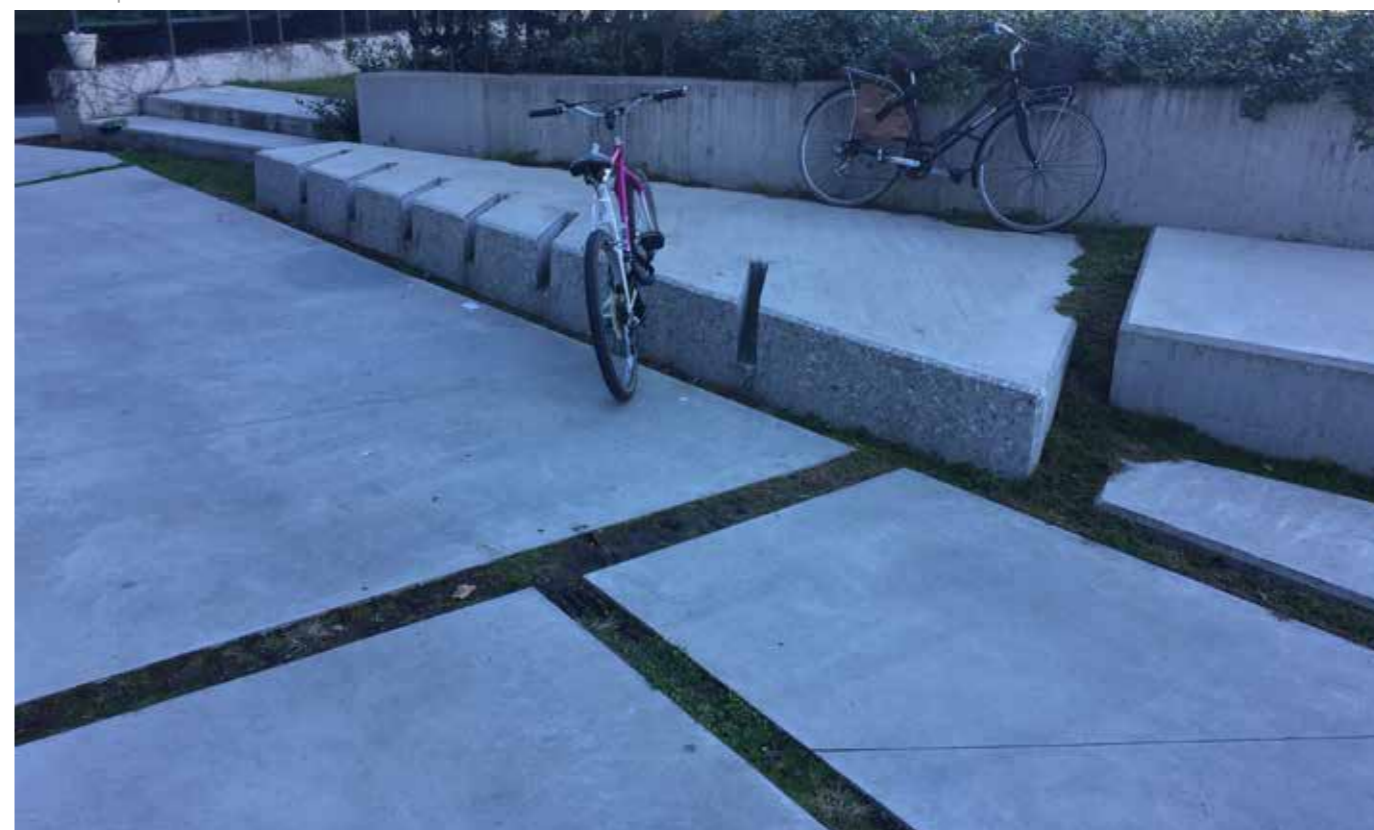
źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup

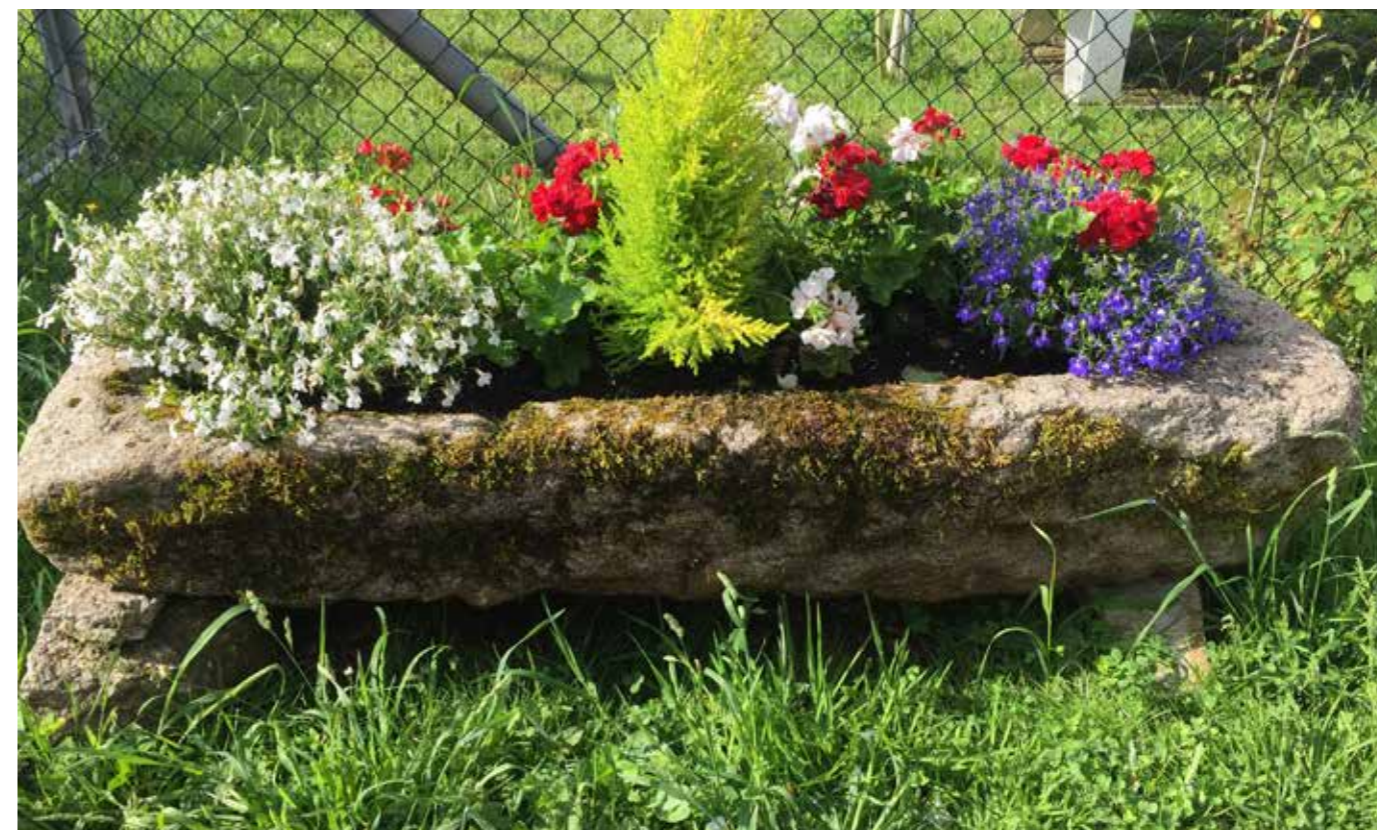




źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup





źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup





źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: William Murphy, CC BY 2.0



źródło: Arup





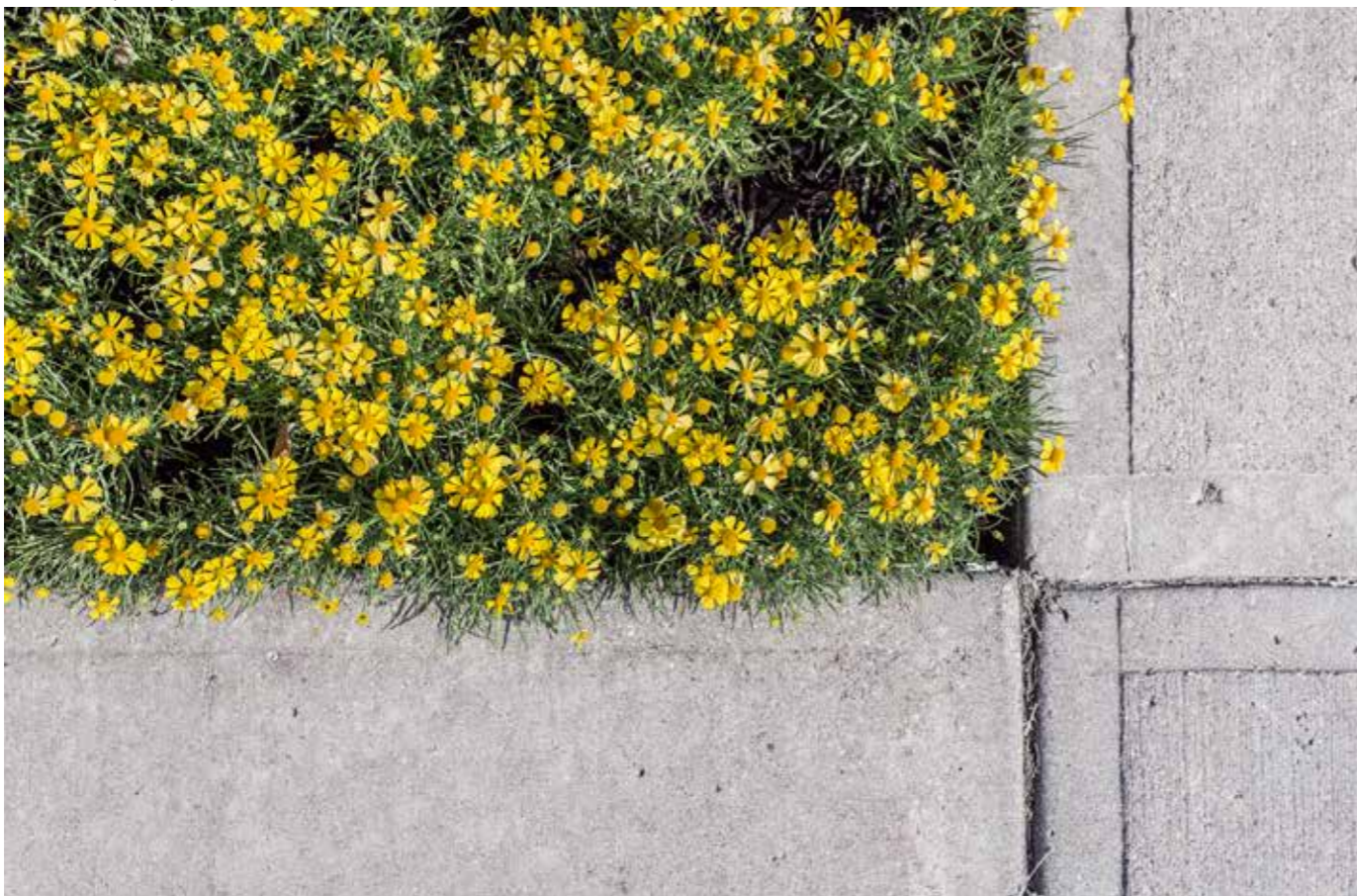
źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



źródło: Arup



źródło: Arup





źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0





źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Arup



źródło: Brad Davis, CC BY 2.0



źródło: Chris Costea



źródło: Arup



źródło: Arup





źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0





źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0





źródło: Arup



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0





źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0



źródło: Arup



źródło: Center for Neighborhood Technology, CC BY 2.0





źródło: La Citta Vita, CC BY 2.0



źródło: Mike Boucher, CC BY 2.0



źródło: Rodrigo Soldon, CC BY 2.0



źródło: Mike Boucher, CC BY 2.0





źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



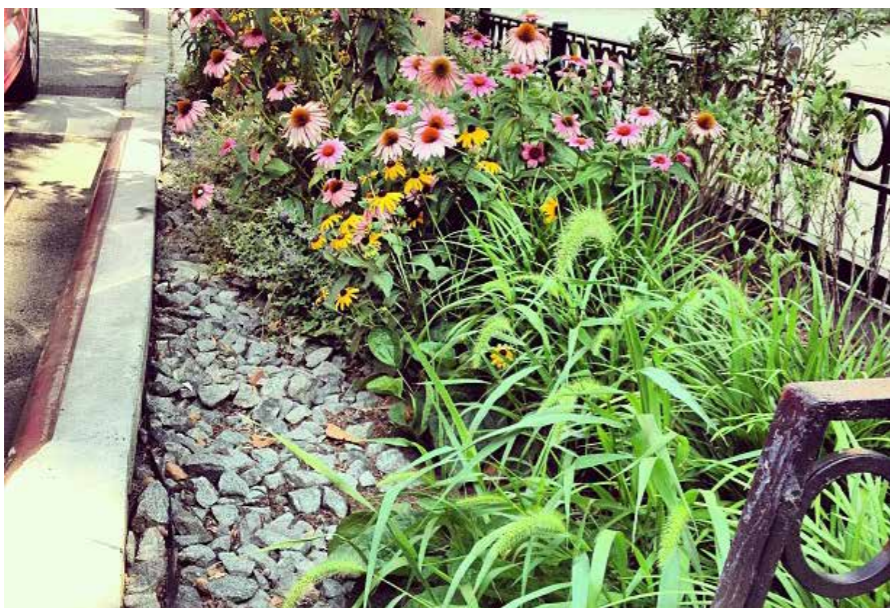
źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0

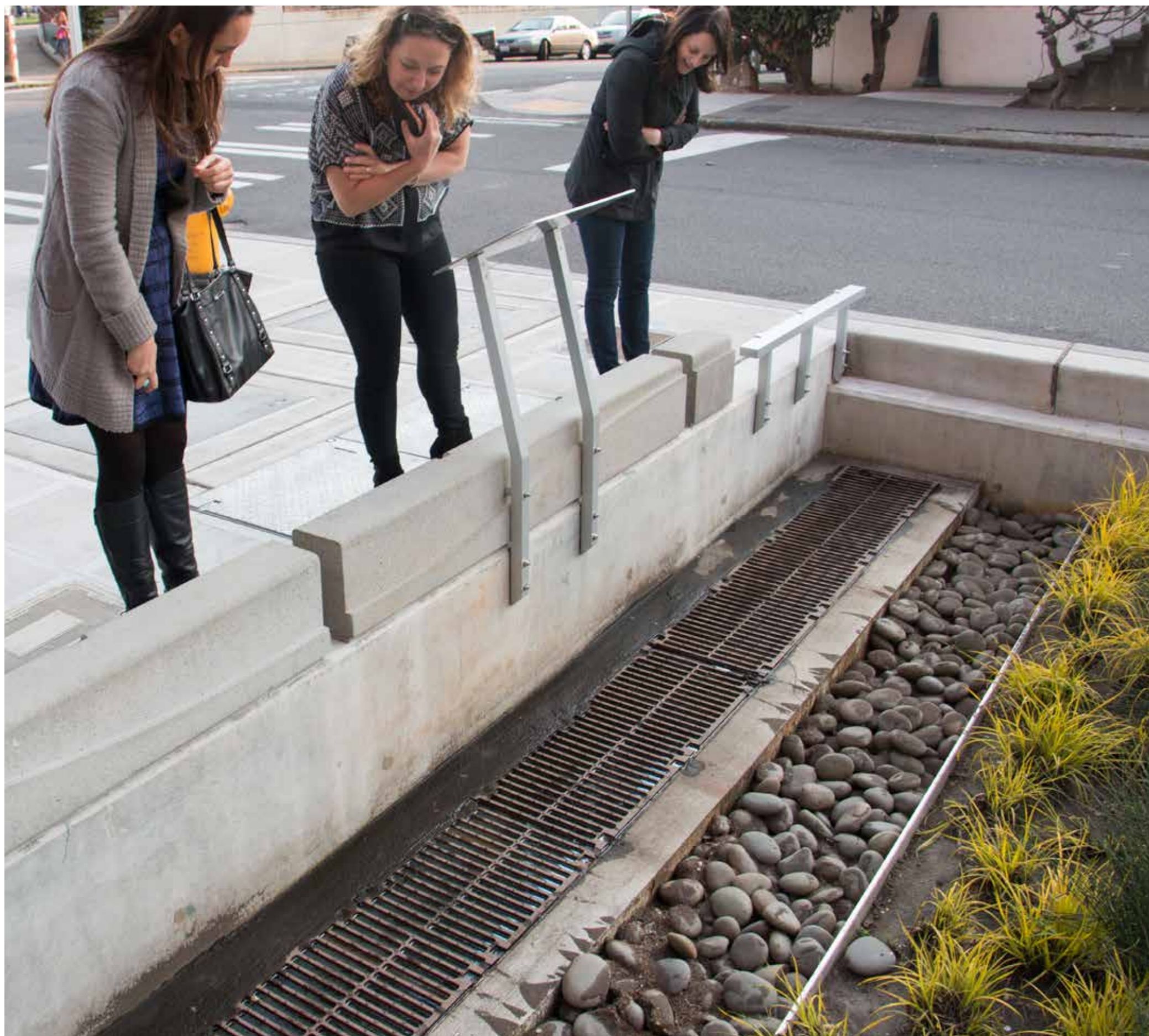


źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0





źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



źródło: Chris Hamby, CC BY 2.0



źródło: Corey Burger, CC BY 2.0





źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



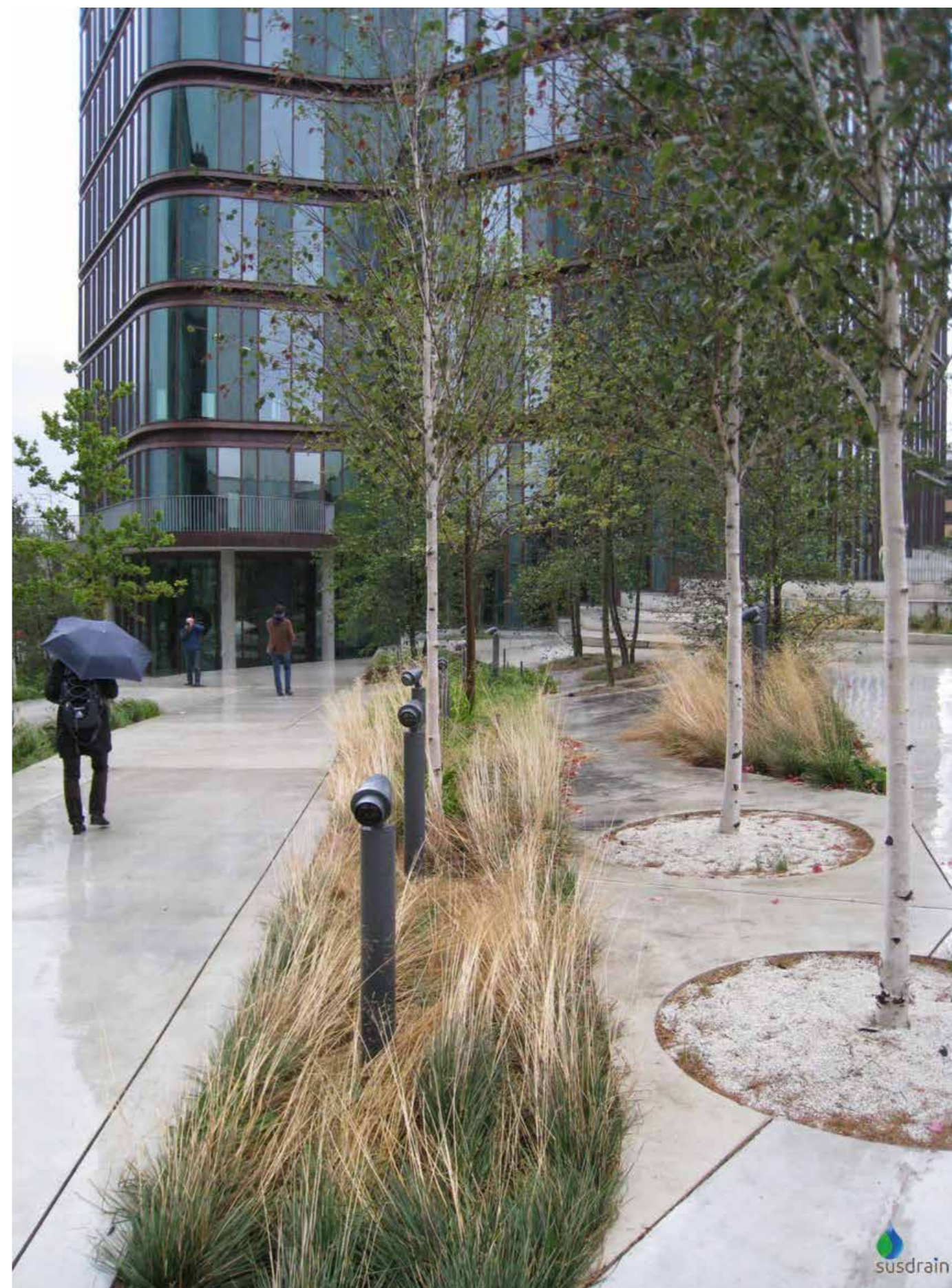
źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0

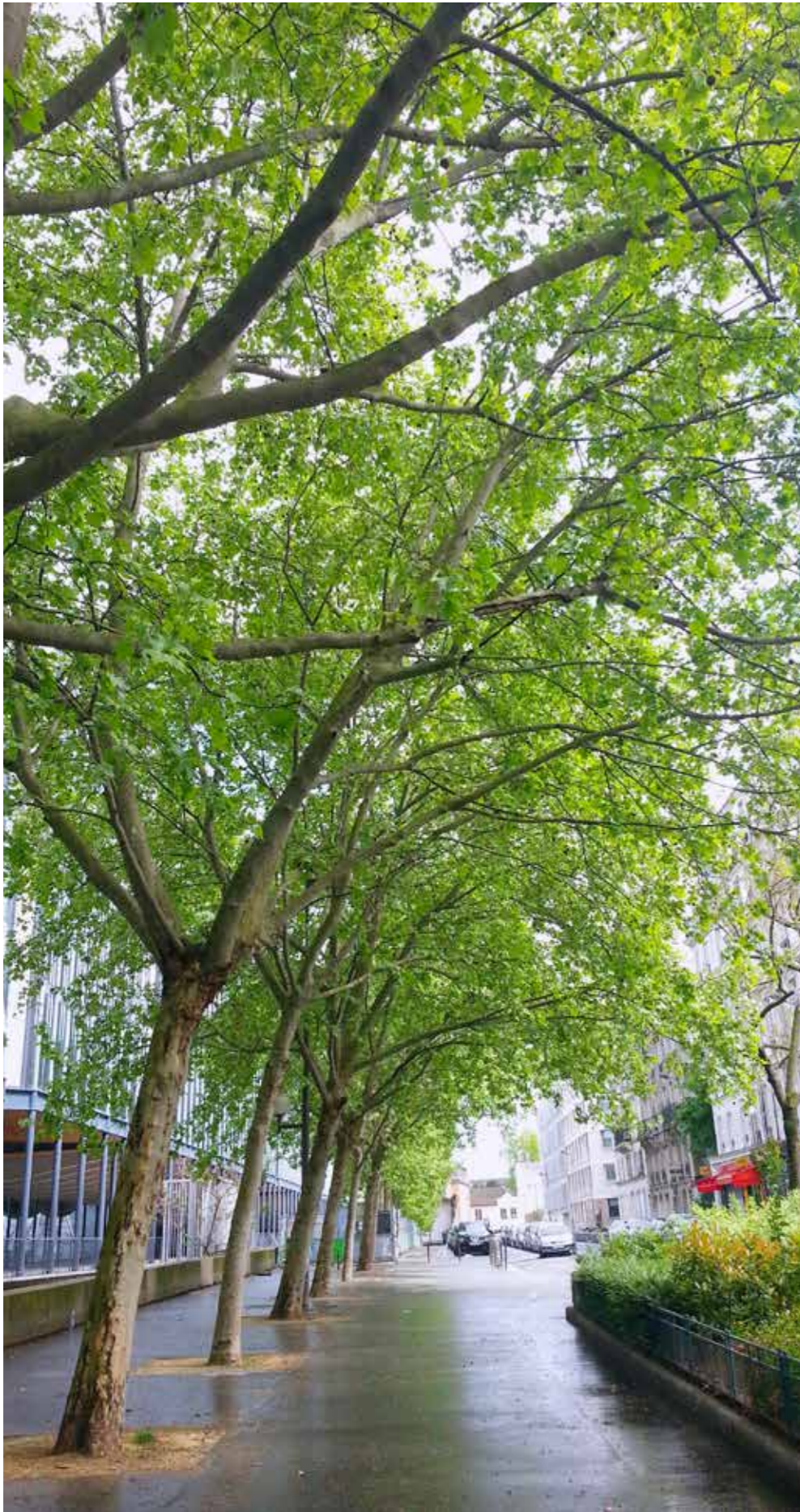


źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CC0





źródło: Mattyodavinci, CC BY 2.0

Własność: MWiK w Bydgoszczy – Sp. z o.o.



źródło: Kay Ellen, CC BY 2.0



źródło: Ken Mayer, CC BY 2.0





źródło: Chris Costea



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CCO



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CCO



źródło: Wszystkie prawa dozwolone CCO





źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: Aaron Volkening, CC BY 2.0



źródło: R. Crap Mariner, CC BY 2.0





źródło: Wayne National Forest, CC BY 2.0



źródło: U.S. Army Corps of Engineers, CC BY 2.0



źródło: Chris Waits, CC BY 2.0





## O Katalogu

W drugiej części Katalogu przedstawiamy 20 najbardziej przydatnych rozwiązań retencji i gospodarowania wodami opadowymi, które z powodzeniem mogą być stosowane w Bydgoszczy: od rozwiązań przydomowych, ogrodów deszczowych, przez muldy chłonne, skrzynki rozsączające, stawy hydrofitowe aż po zbiorniki powierzchniowe i podziemne.

Zebraliśmy je w 6 kategorii:

- I. domy jednorodzinne
- II. drogi/ciągi komunikacyjne
- III. osiedla
- IV. parki
- V. zabudowa zwarta
- VI. parkingi, place, obiekty handlowe

W pierwszej części Katalogu przedstawiliśmy motywy działania, potencjał wdrażania zielono-niebieskiej infrastruktury w Bydgoszczy oraz zestaw możliwych rozwiązań wraz z ich wadami i zaletami. Druga część skupia się na wybranych rozwiązaniach i przeznaczona jest dla planistów, urbanistów, architektów czy też pracowników wydziałów miasta i inwestorów, także indywidualnych.

Planuje się kolejne części, zawierające przykładowe wdrożenia i ich specyfikacje.

Promując te rozwiązania wierzymy, że edukacja zarówno jednostek odpowiedzialnych za planowanie przestrzenne, jak i mieszkańców czy inwestorów oraz podkreślenie wagi wspólnej odpowiedzialności za warunki życia w Bydgoszczy sprzyjać będzie powstawaniu takich przyjaznych i przynoszących szereg korzyści rozwiązań.

