Katalog dobrych praktyk, cz. II

Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na obszarze zabudowanym



WROCŁAW 2019

Zleceniodawca:

Wrocław miasto spotkań

Urząd Miejski Wrocławia

Pełna nazwa katalogu:

Katalog dobrych praktyk, cz. II – Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na obszarze zabudowanym

Komórka zlecająca:
Departament Zrównoważonego Rozwoju
Biuro Wody i Energii
ul. Świdnicka 53, 50-030 Wrocław
tel.: +48 71 777 86 88
faks: +48 71 777 86 00
e-mail: bwe@um.wroc.pl

Korekta językowa: Anna Zygmanowska

WROCŁAW 2019

Wykonawca:

UNIWERSYTET PRZYRODNICZY WE WROCŁAWIU

Autorzy opracowania:



dr hab. Krzysztof Lejcuś, prof. UPWr
kierownik projektu



dr hab. inż. Ewa Bursztа-Adamiak, prof. UPWr
koordynator merytoryczny



dr hab. inż. Katarzyna Wróblewska
opracowanie merytoryczne



dr inż. Henryk Orzeszyna
opracowanie graficzne
schematy rozwiązań



mgr inż. Michał Śpitalniak
opracowanie merytoryczne, graficzne, skład



mgr inż. Daria Marczak
opracowanie merytoryczne



mgr inż. Jakub Misiewicz
opracowanie merytoryczne, rysunki CAD i 3D



mgr inż. Joanna Dobrzańska
wizualizacje

SPIS TREŚCI

Przedmowa ... **3**

1. Instrukcja użytkowania katalogu ... 4

1.1. Część opisowa ... 4

1.2. Karty rozwiązań ... 4

2. Woda w przestrzeni miejskiej ... **8**

2.1. Systemy do podczyszczania wody deszczowej ... 8

3. Uwarunkowania formalno-prawne gospodarki wodami opadowymi (stan prawny na październik 2019 r.) ... **9**

4. Kryteria wyboru rozwiązania ... **12**

4.1. Rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych ... 12

4.2. Uwarunkowania lokalizacyjne ... 15

4.3. Podstawowe objaśnienie ruchu wody w przyrodzie ... 15

5. Wybór sposobu zagospodarowania wód opadowych i roztopowych ... **16**

6. Macierze rozwiązań ... **18**

6.1. Budownictwo jednorodzinne ... 18

6.2 Budownictwo wielorodzinne, obiekty usługowe ... 19

6.3 Tereny rekreacyjne, obiekty sportowe ... 20

7. Ogólne zasady projektowania systemów zagospodarowania wód opadowych ... **22**

7.1. Szacunkowe obliczenia objętości wód opadowych ... 23

7.2 Uproszczone obliczenia powierzchni ogrodu deszczowego ... 24

7.3 Określenie objętości wód opadowych (metody stosowane w praktyce inżynierskiej) ... 24

8. Rośliny wykorzystywane w bioretencji wód opadowych ... **26**

8.1. Zasady uprawy roślin ... 27

8.2 Propozycje kompozycji roślin z uwzględnieniem miejsca nasadzeń ... 28

9. Zestawienie możliwych rozwiązań w zależności od zabudowy ... **32**

Budownictwo jednorodzinne ... 33

Budownictwo wielorodzinne, usługowe, tereny rekreacyjne ... 34

KARTY ROZWIĄZAŃ

1. Ogród deszczowy ... 36
2. Przydomowy zbiornik na wodę opadową ... 49
3. Powierzchnia przepuszczalna ... 53
4. Dach zielony ... 60
5. Dach żwirowy (balastowy) ... 69
6. Obiekt hydrofitowy ... 74
7. Powierzchniowy zbiornik retencyjny ... 82
8. Mulda retencyjna ... 87
9. Zbiornik infiltracyjny ... 92
10. Rów infiltracyjny ... 100
11. Geokompozyt sorbujący wodę ... 107
12. Konstrukcje i podłoża magazynujące wodę wokół drzew ... 113
13. Podziemny zbiornik retencyjny ... 121
14. Studnia chłonna ... 126
15. Skrzynki retencyjno-rozsączające ... 130
16. Komory drenażowe ... 136

Literatura ... **140**

Spis fotografii: ... **141**

Załącznik nr 1. Szacunkowe koszty wykonania i eksploatacji rozwiązań do zagospodarowania wód opadowych ... **143**

Przedmowa

We współczesnych miastach jest coraz więcej wyzwań związanych z konsekwencjami postępującej urbanizacji oraz zmianami klimatycznymi. Jednocześnie zmieniają się oczekiwania społeczne. Ludzie chcą mieszkać w strefach, gdzie jest zieleń i woda. Z tych względów dziś odwodnienie terenów zurbanizowanych nie powinno zmierzać tylko do zwiększania przepustowości kanałów, ale przede wszystkim do poprawy elastyczności układów i współpracy z rozwiązaniami zrównoważonymi, wchodzącymi w skład tzw. błękitno-zielonej infrastruktury. Działanie tych systemów ukierunkowane jest na lokalną retencję wód opadowych, czasowe magazynowanie połączone z infiltracją wód do gruntu oraz na wykorzystanie wód opadowych np. do celów gospodarczych.

Na szczęście coraz większa liczba miast, w tym Wrocław, przekonuje się o tym, że wody opadowe to potencjał, a wprowadzenie rozwiązań do lokalnego gospodarowania wodami jest drogą do jego wykorzystania w praktyce. Poprzez racjonalne działania w zakresie gospodarki wodami opadowymi miasta mogą zwiększyć swoją odporność na zmiany klimatyczne. Oprócz inwestycji w skali makro (np. budowa dużych zbiorników retencyjnych) w przestrzeni miejskiej powinny być realizowane działania na mniejszą skalę. Równie skuteczne i pożądane będzie wykonywanie licznych drobnych realizacji w postaci ogrodów deszczowych, beczek na deszczówkę, zielonych dachów na garażach czy zastosowanie powierzchni przepuszczalnej zamiast uszczelnionej. Działając lokalnie, można ograniczyć zagrożenie powodziowe na danym terenie, zredukować ilość spłukiwanych zanieczyszczeń, poprawić mikroklimat, wzbogacić przestrzeń i uczynić ją bardziej przyjazną dla mieszkańców. Efekty takich małych, niskokosztowych realizacji mogą być spektakularne i sumarycznie przyczynić się do poprawy jakości życia w całym mieście. Przykłady takich rozwiązań zaprezentowano w niniejszym katalogu.

Katalog, z którego Państwo korzystają, to już drugie opracowanie mające na celu prezentację rozwiązań uwzględniających lokalne zagospodarowanie wód opadowych. Pierwszy „Katalog dobrych praktyk", który został opracowany w 2017 roku, dotyczył zasad zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni pasów drogowych. Niniejsza, druga część „Katalogu dobrych praktyk" poświęcona jest charakterystyce rozwiązań, które znajdują zastosowanie przede wszystkim w zabudowie mieszkaniowej, zarówno jednorodzinnej, wielorodzinnej, jak i przy obiektach usługowych oraz sportowych. Opracowanie to powstawało głównie z myślą o mieszkańcach, a nie tylko o projektantach, planistach czy urzędnikach. W związku z tym intencją autorów było przygotowanie go w takiej postaci, aby mógł z niego łatwo korzystać każdy mieszkaniec. Zostały w nim zaprezentowane rozwiązania od najprostszych, takich jak przydomowe zbiorniki na deszczówkę, ogrody deszczowe, po bardziej skomplikowane, jak zbiorniki retencyjne. Mogą one działać samodzielnie lub być łączone, tworząc wydajny i zrównoważony system zagospodarowania wód opadowych.

Dr hab. inż. Ewa Burszta-Adamiak, prof. UPWr

Dr hab. Krzysztof Lejcuś, prof. UPWr

1. Instrukcja użytkowania katalogu

Niniejszy katalog został przygotowany w taki sposób, aby był przystępny dla każdego czytelnika, zwłaszcza takiego, który na co dzień nie operuje specjalistyczną terminologią związaną z retencjonowaniem wody w glebie. Dlatego też w miejscach, gdzie użycie branżowego lub specjalistycznego słownictwa było konieczne, na bieżąco wyjaśniano takie sformułowania.

Aby przedstawić preferowane pomysły na zagospodarowanie wód opadowych oraz roztopowych, przygotowano tzw. karty rozwiązań. W tych materiałach znajduje się podstawowa wiedza merytoryczna oraz techniczna wraz z dużą liczbą zdjęć i graficznych wizualizacji. Wskazane jest zapoznanie się w pierwszej kolejności z częścią opisową, gdyż zrozumienie tego materiału ułatwi Państwu wybór rozwiązania adekwatnego do Państwa potrzeb, które będzie nie tylko ekonomiczne, ale także praktyczne w codziennym użytkowaniu. Dla niektórych z Państwa interesująca może być także wiedza z zakresu prawa oraz procesów związanych z retencjonowaniem wody w glebie. Takie materiały również zostały dla Państwa przygotowane.

1.1. Część opisowa

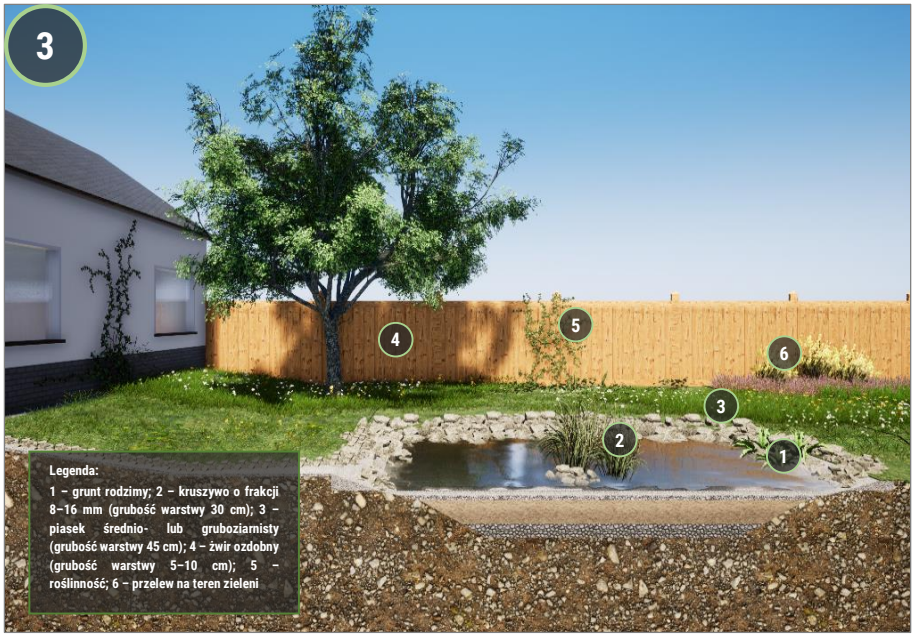
W części opisowej katalogu przedstawiono informacje na temat obiegu wody w terenie miejskim i uwarunkowań prawnych. Informacje na temat doboru odpowiednich roślin wykorzystywanych w bioretencji wód opadowych oraz – co najważniejsze – porady i wskazówki, jak wybrać odpowiednie rozwiązanie do zagospodarowania wody opadowej. **Proponowane rozwiązania nie są gotowymi projektami technicznymi** i każdorazowo ich wdrożenie należy uzgodnić z osobami posiadającymi specjalistyczną wiedzę w tym zakresie lub z pracownikami urzędu miejskiego. Istotnym punktem może być informacja na temat kosztów realizacji danych rozwiązań. Prosimy o ostrożną analizę tematyki związanej z kosztami ich wykonania, ponieważ jest to niezwykle „płynne” zagadnienie.

1.2. Karty rozwiązań

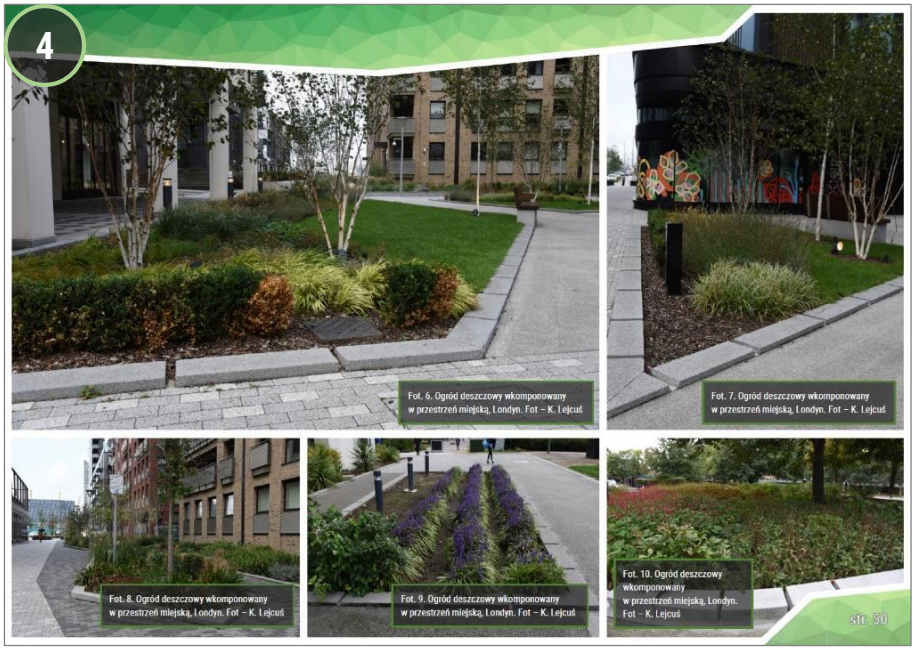
Część graficzna



1. **NUMER I NAZWA ROZWIĄZANIA** – każda karta jest opatrzona indywidualnym numerem oraz nazwą rozwiązania. W katalogu zaprezentowano szesnaście rozwiązań do retencji wód opadowych pochodzących z obszarów zabudowanych.
2. **RYSUNEK NA OKŁADCE KARTY** – karty zostały opatrzone schematycznymi, ręcznie malowanymi rysunkami, które w prosty sposób obrazują ideę danego rozwiązania. Każda karta ma swój własny rysunek przedstawiający wyobrażenie o zastosowanym rozwiązaniu.

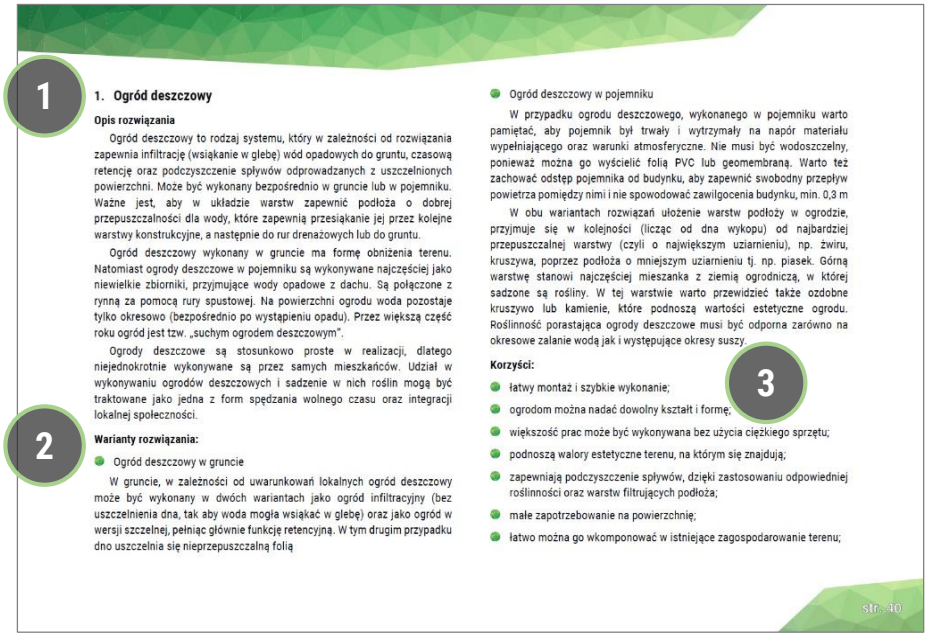


3. SCHEMAT ROZWIĄZANIA – wszystkie karty zawierają schematyczne rysunki przedstawiające przykładowe zastosowania omawianego rozwiązania. Na rysunkach oznaczono warstwy konstrukcyjne i zwykle używane materiały. Każdy rysunek został opatrzony legendą oraz numeracją ułatwiającą jego czytanie. Aby uatrakcyjnić prezentowany katalog i przedstawić detale, których nie widać na fotografiach, schematy rozwiązań przedstawiono w formie trójwymiarowych wizualizacji.



4. FOTOGRAFIA – większość kart zawiera fotografie przykładowych realizacji rozwiązań, które przedstawiają, jak omawiana instalacja wygląda w rzeczywistości. Pod zdjęciami zamieszczono opisy. Dołożono wszelkich starań, aby w katalogu pojawiło się możliwe jak najwięcej zdjęć dla podkreślenia, że proponowane rozwiązania są stosowane coraz powszechniej.

Część opisowa



1. Ogród deszczowy

Opis rozwiązania

Ogród deszczowy to rodzaj systemu, który w zależności od rozwiązania zapewnia infiltrację (wsiąkanie w glebę) wód opadowych do gruntu, czasową retencję oraz podczyszczenie spływów odprowadzanych z uszczelnionych powierzchni. Może być wykonany bezpośrednio w gruncie lub w pojemniku. Ważne jest, aby w układzie warstw zapewnić podłoża o dobrej przepuszczalności dla wody, które zapewnią przesiąkanie jej przez kolejne warstwy konstrukcyjne, a następnie do rur drenażowych lub do gruntu.

Ogród deszczowy wykonany w gruncie ma formę obniżenia terenu. Natomiast ogrody deszczowe w pojemniku są wykonywane najczęściej jako niewielkie zbiorniki, przyjmujące wody opadowe z dachu. Są połączone z rynną za pomocą rury spustowej. Na powierzchni ogrodu woda pozostaje tylko okresowo (bezpośrednio po wystąpieniu opadu). Przez większą część roku ogród jest tzw. „suchym ogrodem deszczowym".

Ogrody deszczowe są stosunkowo proste w realizacji, dlatego niejednokrotnie wykonywane są przez samych mieszkańców. Udział w wykonywaniu ogrodów deszczowych i sadzenie w nich roślin mogą być traktowane jako jedna z form spędzania wolnego czasu oraz integracji lokalnej społeczności.

Warianty rozwiązania:

- Ogród deszczowy w gruncie

W gruncie, w zależności od uwarunkowań lokalnych ogród deszczowy może być wykonany w dwóch wariantach jako ogród infiltracyjny (bez uszczelnienia dna, tak aby woda mogła wsiąkać w glebę) oraz jako ogród w wersji szczelnej, pełniąc głównie funkcję retencyjną. W tym drugim przypadku dno uszczelnia się nieprzepuszczalną folią

- Ogród deszczowy w pojemniku

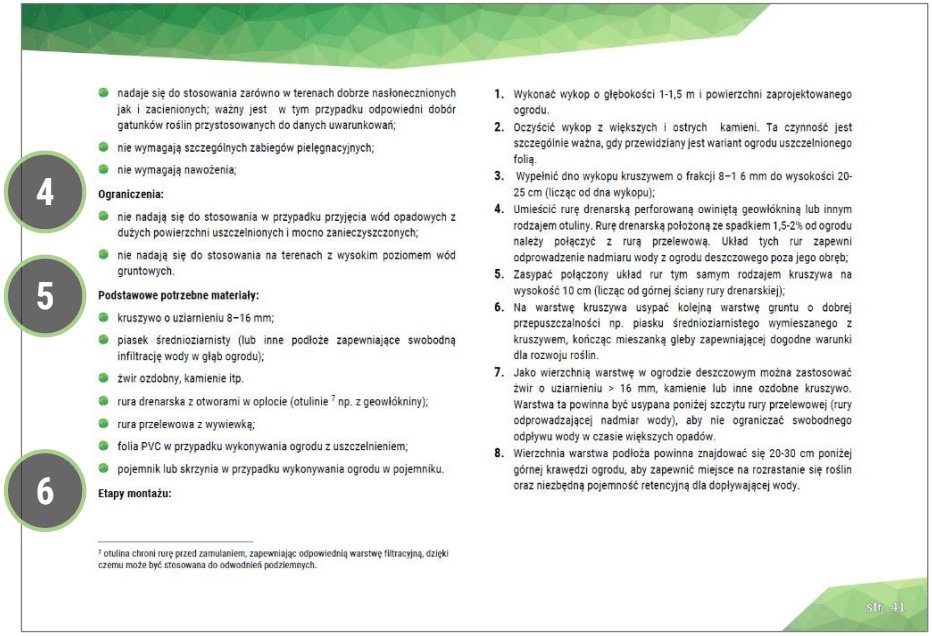
W przypadku ogrodu deszczowego, wykonanego w pojemniku warto pamiętać, aby pojemnik był trwały i wytrzymały na napór materiału wypełniającego oraz warunki atmosferyczne. Nie musi być wodoszczelny, ponieważ można go wyścielić folią PVC lub geomembraną. Warto też zachować odstęp pojemnika od budynku, aby zapewnić swobodny przepływ powietrza pomiędzy nimi i nie spowodować zawilgocenia budynku, min. 0,3 m

W obu wariantach rozwiązań ułożenie warstw podłoży w ogrodzie, przyjmuje się w kolejności (licząc od dna wykopu) od najbardziej przepuszczalnej warstwy (czyli o największym uziarnieniu), np. żwiru, kruszywa, poprzez podłoża o mniejszym uziarnieniu tj. np. piasek. Górną warstwę stanowi najczęściej mieszanka z ziemią ogrodniczą, w której sadzone są rośliny. W tej warstwie warto przewidzieć także ozdobne kruszywo lub kamienie, które podnoszą wartości estetyczne ogrodu. Roślinność porastająca ogrody deszczowe musi być odporna zarówno na okresowe zalanie wodą jak i występujące okresy suszy.

Korzyści:

- łatwy montaż i szybkie wykonanie;
- ogrodom można nadać dowolny kształt i formę;
- większość prac może być wykonywana bez użycia ciężkiego sprzętu;
- podnoszą walory estetyczne terenu, na którym się znajdują;
- zapewniają podczyszczenie spływów, dzięki zastosowaniu odpowiedniej roślinności oraz warstw filtrujących podłoża;
- małe zapotrzebowanie na powierzchnię;
- łatwo można go wkomponować w istniejące zagospodarowanie terenu;

str. 40



- nadaje się do stosowania zarówno w terenach dobrze nasłonecznionych jak i zacienionych; ważny jest w tym przypadku odpowiedni dobór gatunków roślin przystosowanych do danych uwarunkowań;
- nie wymagają szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych;
- nie wymagają nawożenia;

Ograniczenia:

- nie nadają się do stosowania w przypadku przyjęcia wód opadowych z dużych powierzchni uszczelnionych i mocno zanieczyszczonych;
- nie nadają się do stosowania na terenach z wysokim poziomem wód gruntowych.

Podstawowe potrzebne materiały:

- kruszywo o uziarnieniu 8–16 mm;
- piasek średnioziarnisty (lub inne podłoże zapewniające swobodną infiltrację wody w głąb ogrodu);
- żwir ozdobny, kamienie itp.
- rura drenarska z otworami w oplocie (otulinie [7] np. z geowłókniny);
- rura przelewowa z wywiewką;
- folia PVC w przypadku wykonywania ogrodu z uszczelnieniem;
- pojemnik lub skrzynia w przypadku wykonywania ogrodu w pojemniku.

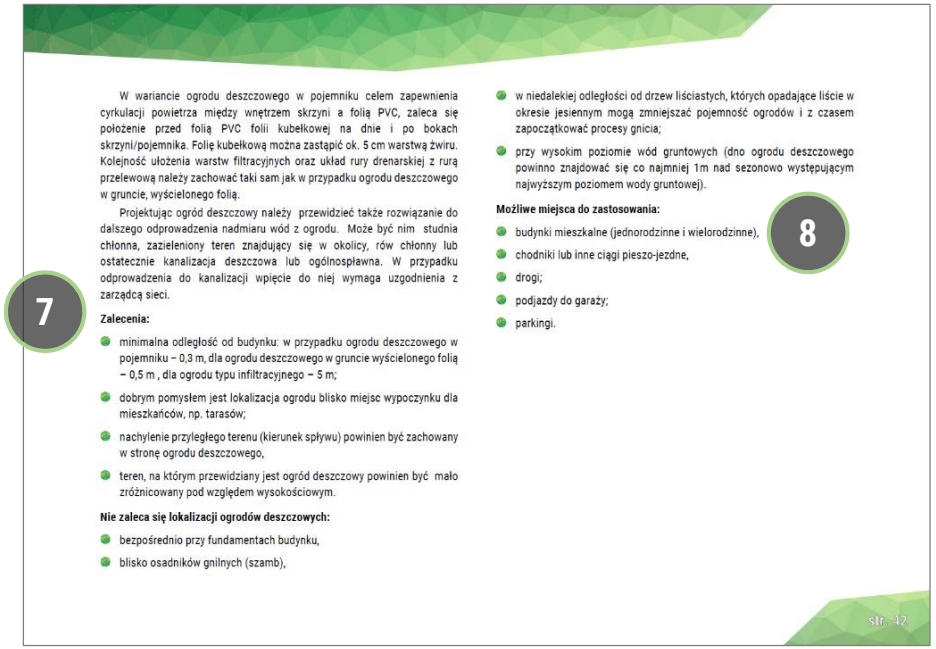
Etapy montażu:

1. Wykonać wykop o głębokości 1-1,5 m i powierzchni zaprojektowanego ogrodu.
2. Oczyścić wykop z większych i ostrych kamieni. Ta czynność jest szczególnie ważna, gdy przewidziany jest wariant ogrodu uszczelnionego folią.
3. Wypełnić dno wykopu kruszywem o frakcji 8–1 6 mm do wysokości 20-25 cm (licząc od dna wykopu);
4. Umieścić rurę drenarską perforowaną owiniętą geowłókniną lub innym rodzajem otuliny. Rurę drenarską położoną ze spadkiem 1,5-2% od ogrodu należy połączyć z rurą przelewową. Układ tych rur zapewni odprowadzenie nadmiaru wody z ogrodu deszczowego poza jego obręb;
5. Zasypać połączony układ rur tym samym rodzajem kruszywa na wysokość 10 cm (licząc od górnej ściany rury drenarskiej);
6. Na warstwę kruszywa usypać kolejną warstwę gruntu o dobrej przepuszczalności np. piasku średnioziarnistego wymieszanego z kruszywem, kończąc mieszanką gleby zapewniającej dogodne warunki dla rozwoju roślin.
7. Jako wierzchnią warstwę w ogrodzie deszczowym można zastosować żwir o uziarnieniu > 16 mm, kamienie lub inne ozdobne kruszywo. Warstwa ta powinna być usypana poniżej szczytu rury przelewowej (rury odprowadzającej nadmiar wody), aby nie ograniczać swobodnego odpływu wody w czasie większych opadów.
8. Wierzchnia warstwa podłoża powinna znajdować się 20-30 cm poniżej górnej krawędzi ogrodu, aby zapewnić miejsce na rozrastanie się roślin oraz niezbędną pojemność retencyjną dla dopływającej wody.

[7] otulina chroni rurę przed zamulaniem, zapewniając odpowiednią warstwę filtracyjną, dzięki czemu może być stosowana do odwodnień podziemnych.

str. 41

1. **OPIS ROZWIĄZANIA** – to pierwszy punkt we wszystkich zamieszczonych kartach. Fragment ten przedstawia najważniejsze informacje dotyczące danego rozwiązania.
2. **WARIANTY ROZWIĄZANIA** – w tym punkcie przedstawiono możliwe warianty rozwiązań rekomendowane do rozpatrzenia przy podejmowaniu decyzji o wyborze rozwiązania.
3. **KORZYŚCI** – wśród nich wymienia się zdolności retencyjne oraz inne charakterystyczne dla danego rozwiązania zalety. Zwraca się uwagę na unikatowe cechy, których nie mają inne rozwiązania, o ile takie występują.
4. **OGRANICZENIA** – związane są przede wszystkim z warunkami hydrogeologicznymi terenu, na którym planujemy zlokalizować nasze rozwiązanie.
5. **PODSTAWOWE POTRZEBNE MATERIAŁY** – ta pozycja daje podstawowe wyobrażenie o materiałowym zapotrzebowaniu niezbędnym do wdrożenia wybranego rozwiązania.
6. **ETAPY MONTAŻU** – w tym punkcie opisujemy poszczególne kroki, które trzeba uwzględnić w trakcie realizacji rozwiązania. Ponadto przedstawione informacje dają pewien pogląd na złożoność przedsięwzięcia. Realizacja niektórych rozwiązań wymaga zaangażowania osób uprawnionych posiadających szczególne kompetencje, np. uprawnienia do projektowania.



W wariancie ogrodu deszczowego w pojemniku celem zapewnienia cyrkulacji powietrza między wnętrzem skrzyni a folią PVC, zaleca się położenie przed folią PVC folii kubełkowej na dnie i po bokach skrzyni/pojemnika. Folię kubełkową można zastąpić ok. 5 cm warstwą żwiru. Kolejność ułożenia warstw filtracyjnych oraz układ rury drenarskiej z rurą przelewową należy zachować taki sam jak w przypadku ogrodu deszczowego w gruncie, wyścielonego folią.

Projektując ogród deszczowy należy przewidzieć także rozwiązanie do dalszego odprowadzenia nadmiaru wód z ogrodu. Może być nim studnia chłonna, zazieleniony teren znajdujący się w okolicy, rów chłonny lub ostatecznie kanalizacja deszczowa lub ogólnospławna. W przypadku odprowadzenia do kanalizacji wpięcie do niej wymaga uzgodnienia z zarządcą sieci.

7

Zalecenia:

- minimalna odległość od budynku: w przypadku ogrodu deszczowego w pojemniku – 0,3 m, dla ogrodu deszczowego w gruncie wyścielonego folią – 0,5 m , dla ogrodu typu infiltracyjnego – 5 m;
- dobrym pomysłem jest lokalizacja ogrodu blisko miejsc wypoczynku dla mieszkańców, np. tarasów;
- nachylenie przyległego terenu (kierunek spływu) powinien być zachowany w stronę ogrodu deszczowego,
- teren, na którym przewidziany jest ogród deszczowy powinien być mało zróżnicowany pod względem wysokościowym.

Nie zaleca się lokalizacji ogrodów deszczowych:

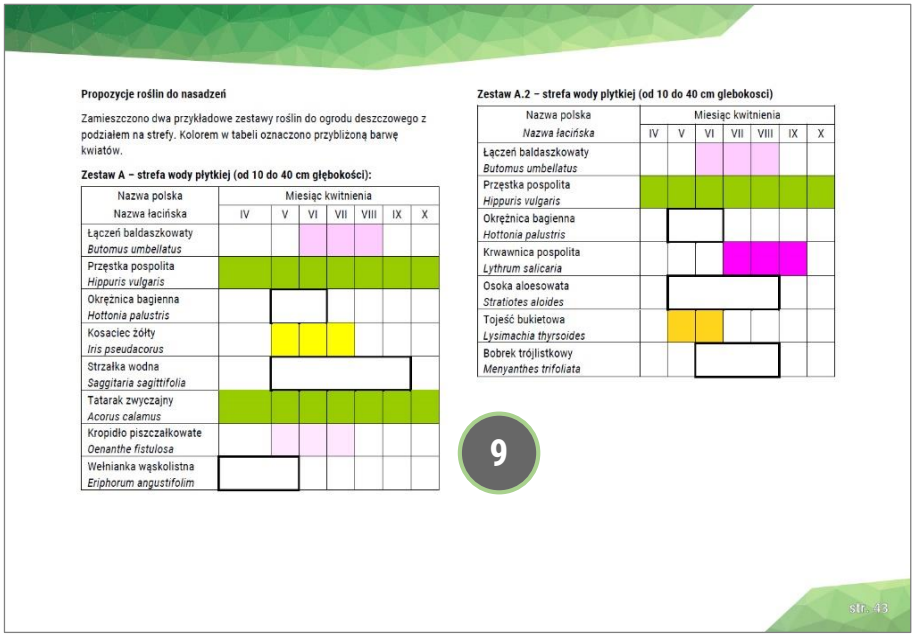
- bezpośrednio przy fundamentach budynku,
- blisko osadników gnilnych (szamb),
- w niedalekiej odległości od drzew liściastych, których opadające liście w okresie jesiennym mogą zmniejszać pojemność ogrodów i z czasem zapoczątkować procesy gnicia;
- przy wysokim poziomie wód gruntowych (dno ogrodu deszczowego powinno znajdować się co najmniej 1m nad sezonowo występującym najwyższym poziomem wody gruntowej).

Możliwe miejsca do zastosowania:

8

- budynki mieszkalne (jednorodzinne i wielorodzinne),
- chodniki lub inne ciągi pieszo-jezdne,
- drogi;
- podjazdy do garaży;
- parkingi.

str. 42



Propozycje roślin do nasadzeń

Zamieszczono dwa przykładowe zestawy roślin do ogrodu deszczowego z podziałem na strefy. Kolorem w tabeli oznaczono przybliżoną barwę kwiatów.

Zestaw A – strefa wody płytkiej (od 10 do 40 cm głębokości):

Nazwa polska / Nazwa łacińska	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Łączeń baldaszkowaty *Butomus umbellatus*							
Przęstka pospolita *Hippuris vulgaris*							
Okrężnica bagienna *Hottonia palustris*							
Kosaciec żółty *Iris pseudacorus*							
Strzałka wodna *Sagittaria sagittifolia*							
Tatarak zwyczajny *Acorus calamus*							
Kropidło piszczałkowate *Oenanthe fistulosa*							
Wełnianka wąskolistna *Eriphorum angustifolim*							

Zestaw A.2 – strefa wody płytkiej (od 10 do 40 cm głebokosci)

Nazwa polska / Nazwa łacińska	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Łączeń baldaszkowaty *Butomus umbellatus*							
Przęstka pospolita *Hippuris vulgaris*							
Okrężnica bagienna *Hottonia palustris*							
Krwawnica pospolita *Lythrum salicaria*							
Osoka aloesowata *Stratiotes aloides*							
Tojeść bukietowa *Lysimachia thyrsoides*							
Bobrek trójlistkowy *Menyanthes trifoliata*							

9

str. 43

7. **ZALECENIA** – w tym miejscu umieszczono informacje, które nie pasowały do etapów montażu, a jednak są ważne i warto było o nich wspomnieć.
8. **MOŻLIWE MIEJSCA ZASTOSOWANIA** – wymieniono tu miejsca, w których przewiduje się stosowanie opisywanego rozwiązania.
9. **PROPOZYCJE NASADZEŃ** – na kartach opisujących rozwiązania, w których zastosowanie mają rośliny, wskazano propozycje roślin do nasadzeń.

2. Woda w przestrzeni miejskiej

Miasta ciągle się rozwijają. Rośnie liczba ludności. Jednocześnie ośrodki miejskie muszą się zmagać z zanieczyszczeniem środowiska, skutkami zmian klimatu i ciągłą zabudową przestrzeni. To właśnie postępująca zabudowa powoduje narastający problem z zagospodarowaniem wód opadowych i roztopowych. Budowa nowych ulic, placów, budynków i parkingów powoduje wzmożony odpływ wód do kanalizacji deszczowej. Zwiększa to prawdopodobieństwo niewydolności systemu i w efekcie lokalnych podtopień. Takich przypadków w miastach jest coraz więcej. Dodatkowo wzmożony odpływ zwiększa zanieczyszczenie wód, które pozbawione możliwości infiltracji (wsiąkania) niosą nie tylko zanieczyszczenia spłukane z ulic, ale również cząstki wyerodowanej gleby. Stąd narastająca potrzeba stosowania zrównoważonych systemów zagospodarowania wód opadowych. Dodatkowo zapotrzebowanie na wodę w mieście stale rośnie. Tym bardziej odprowadzanie wód opadowych bezpośrednio do rzek lub oczyszczalni ścieków wydaje się po prostu marnotrawstwem. Wodę opadową można i należy zatrzymać w miejscu opadu i tam zagospodarować. Może ona po prostu wsiąknąć w glebę, odbudowując w ten sposób zasoby wód podziemnych. Jeśli nie ma takiej możliwości, należy ją wykorzystać lub co najmniej czasowo przetrzymać. Zatrzymana woda może być wykorzystana do podlewania. Jest to szczególnie uzasadnione w okresie letnim, kiedy zdarzają się intensywne opady, po których następują suche i upalne okresy. Zatrzymując wodę, mamy podwójną korzyść. Po pierwsze zmniejszamy zagrożenie lokalnymi podtopieniami spowodowanymi niewydolnością systemów kanalizacyjnych. Po drugie mamy darmową wodę do podlewania zieleni w upalne dni. Woda deszczowa po zatrzymaniu i odpowiednim podczyszczeniu może też zostać wykorzystana np. do spłukiwania toalet w mieszkaniach czy biurach.

Warto zauważyć, że rozwiązania można łączyć, poczynając już od tych najprostszych, przydomowych. Woda spływająca z dachu może być zatrzymana w beczce, a jej nadmiar odprowadzony do ogrodu deszczowego. Z kolei nadmiar wody z ogrodu deszczowego może być odprowadzony do lokalnego zbiornika retencyjnego, który połączony siecią rzeczną i kanałami może tworzyć w mieście całą sieć zagospodarowania wody.

Znaczenie wody w mieście nie ogranicza się tylko do funkcjonowania sieci wodociągowej czy kanalizacyjnej. Woda pełni ważną rolę w każdym krajobrazie, w tym w miejskim. Nawet niewielkie formy architektoniczne związane z wodą stają się lokalną atrakcją. Nie muszą to być wielkie fontanny – wystarczy małe oczko wodne czy zwykły zraszacz w okresie letnich upałów. Woda w mieście wpływa też korzystnie na mikroklimat.

2.1. Systemy do podczyszczania wody deszczowej

Jakość spływu jest ściśle związana z ilością i jakością osadów miejskich. Działalność człowieka, zwłaszcza przemysł i ruch drogowy, prowadzą do powstawania osadów i zanieczyszczeń, które ostatecznie są wymywane i magazynowane w środowisku podczas opadów atmosferycznych. Zanieczyszczenia kumulują się w ujściach rzek oraz zbiornikach wód podziemnych i powierzchniowych, co negatywnie wpływa na kondycję tych zasobów. Wody opadowe i roztopowe odprowadzane z terenów zurbanizowanych mogą być obciążone szeroką gamą zanieczyszczeń, m.in. zawiesin, metali ciężkich, substancji oleistych i ropopochodnych. W związku z tym zachodzi potrzeba ich odpowiedniego oczyszczenia przed wprowadzaniem do odbiornika, np. do rzeki. Najlepszym sposobem rozwiązania tych problemów jest podczyszczenie wód opadowych w miejscu ich wystąpienia. Rozwiązania określane mianem zielono-błękitnej infrastruktury pozwalają na naturalny obieg wody w przyrodzie przy jednoczesnym ograniczeniu przedostawania się zanieczyszczeń do wód powierzchniowych.

Funkcjonowanie błękitno-zielonej infrastruktury naśladuje naturalne siedliska – woda opadowa podlega retencji (magazynowanie, zatrzymanie), infiltracji (wsiąkanie), a następnie podczyszczona zasila wody gruntowe. Podczas tych procesów powstają odpowiednie warunki do usunięcia ewentualnych osadów i zanieczyszczeń. Rozwiązania błękitno-zielonej

infrastruktury wpływające na utrzymanie odpowiedniej jakości wód można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- do powierzchniowego przejęcia wód opadowych: nawierzchnie przepuszczalne, zbiorniki infiltracyjne, muldy retencyjne, zielone dachy, ogrody deszczowe;
- do podziemnego przejęcia wód opadowych: komory drenażowe, skrzynki retencyjno-rozsączające, retencyjne zbiorniki podziemne oraz studnie chłonne.

Wymienione urządzenia pozwalają na skuteczne podczyszczenie wód opadowych, a ich praca oparta jest na procesach biologicznych, fizycznych oraz chemicznych, które naturalnie zachodzą w środowisku wodnym i glebowym. Ich działanie, zwłaszcza przy dopływie wód o wysokim stężeniu zanieczyszczeń, może być uzupełniane urządzeniami podczyszczającymi w postaci separatorów i osadników. Pomaga to podtrzymać funkcje systemów biologicznych i zachowuje ich długą sprawność. Skuteczność rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury zależy od typu urządzenia oraz doboru elementów wchodzących w ich skład. Zasadniczym elementem urządzeń infiltracyjnych jest podłoże, które pozwala na wstępne oczyszczenie dopływających spływów opadowych, pełniąc rolę filtra. Kluczową rolę odgrywa roślinność o rozbudowanym systemie korzeniowym, do którego transportowany jest tlen oraz następuje rozwój mikroorganizmów odpowiedzialnych za biologiczny rozkład zanieczyszczeń. Dobór roślin jest dyktowany lokalnymi warunkami wegetacji oraz stopniem zanieczyszczenia dopływających wód. Najczęściej zalecana jest roślinność hydrofitowa (roślinność wodna i bagienna) oraz liczne gatunki traw, które mają zdolność akumulowania zanieczyszczeń takich jak metale ciężkie czy związki ropopochodne i jednocześnie są odporne na zwiększone zasolenie.

3. Uwarunkowania formalno-prawne gospodarki wodami opadowymi (stan prawny na październik 2019 r.)

Opracowanie niniejszego katalogu dobrych praktyk zbiegło się z kilkoma ważnymi zmianami w regulacjach prawnych z zakresu gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi. 1 stycznia 2018 r. weszło w życie nowe Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1566). Jest to podstawowy krajowy dokument ustawowy, który reguluje wszystkie zagadnienia w zakresie gospodarki wodnej. Jednym z zasadniczych celów ustawy Prawo wodne jest wdrożenie aktów prawa unijnego, tzn. Ramowej dyrektywy wodnej (Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r.) ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej oraz dyrektywy azotanowej (Dyrektywa Rady 91/767/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r.) dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego. W myśl zapisów w dyrektywach wszelkie działania podejmowane na poziomie Wspólnoty cechować powinno całościowe podejście zarówno do szeroko pojętej ochrony środowiska, jak również zasobów wodnych, gospodarki wodnej i związanej z nią ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniami z uwzględnieniem zrównoważonego rozwoju. Ramową dyrektywę wodną uzupełniają przepisy szczegółowe, m.in. Dyrektywa powodziowa, a także porozumienia międzynarodowe. Ich zapisy w aspekcie gospodarki wodnej odnoszą się do wspierania zrównoważonego wykorzystania wody, ochrony i poprawy środowiska wodnego oraz łagodzenia skutków powodzi i susz. Od państw członkowskich oczekuje się zatem zapewnienia dobrego stanu środowiska w odniesieniu do wszystkich zasobów wodnych.

Dostosowując polskie prawo do unijnych przepisów, Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. wyznaczyło odmienną od dotychczas obowiązującej (do końca grudnia 2017 r.) hierarchię postępowania z wodami opadowymi i roztopowymi. Zgodnie z zapisami nowego Prawa wodnego wody opadowe i roztopowe utraciły status ścieków. W aktualnym stanie prawnym pod pojęciem wód opadowych i roztopowych rozumie się wody będące skutkiem opadów

atmosferycznych. Ściekiem stają się one dopiero wtedy, gdy ulegną wymieszaniu ze ściekami bytowymi lub przemysłowymi i trafią do kanalizacji ogólnospławnej (art. 16). Definicja ścieków komunalnych nie obejmuje zatem wód opadowych i roztopowych ujętych w zamknięte lub otwarte systemy kanalizacji deszczowej[1], do których nie trafiają ścieki innego rodzaju. Innymi słowy, wody opadowe i roztopowe zagospodarowywane na terenie nieruchomości, do której właściciel ma tytuł prawny, lub odprowadzane siecią kanalizacji deszczowej nie należą do kategorii ścieków komunalnych. Wprowadzone zmiany mają na celu rozważenie możliwości zwiększenia stopnia wykorzystania wód opadowych i retencji terenowej w celu zmniejszenia presji na środowisko wodne i podejścia do gospodarowania wodą w sposób bardziej zrównoważony.

Współcześnie gospodarowanie wodami polega na ich retencjonowaniu na miejscu opadu, a dopiero ich nadmiar rekomenduje się do dalszego odprowadzenia poza granice odwadnianego terenu. Właściciel gruntu nie może jednak zmieniać kierunku i natężenia odpływu wód opadowych lub roztopowych znajdujących się na jego gruncie ani kierunku odpływu wód ze źródeł ze szkodą dla gruntów sąsiednich (art. 234.1). To na właścicielu gruntu ciąży obowiązek usunięcia przeszkód oraz zmian w odpływie wody, powstałych na jego gruncie na skutek przypadku lub działania osób trzecich, ze szkodą dla gruntów sąsiednich. W razie niedostosowania się do tych uregulowań prawnych i jeżeli spowodowane przez właściciela gruntu zmiany stanu wody na gruncie szkodliwie wpływają na grunty sąsiednie, wójt, burmistrz lub prezydent miasta, z urzędu lub na wniosek, w drodze decyzji nakazuje właścicielowi gruntu przywrócenie stanu poprzedniego lub wykonanie urządzeń zapobiegających szkodom, ustalając termin wykonania tych czynności (art. 234.1 i 234.2).

Warunki, jakie należy spełnić przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych, w tym najwyższe dopuszczalne wartości substancji zanieczyszczających, określa rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz.U. 2019 poz. 1311). Obostrzenia jakościowe dla wód opadowych lub roztopowych, ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacyjne, pochodzących z zanieczyszczonej powierzchni szczelnej[2] dotyczą tylko dwóch wskaźników zanieczyszczeń. Wody te, wprowadzane do wód lub do gruntu, nie powinny zawierać substancji zanieczyszczających w ilościach przekraczających 100 mg/l zawiesin ogólnych oraz 15 mg/l węglowodorów ropopochodnych (art. 17.1). Wody opadowe lub roztopowe w ilościach przekraczających wartość, jaka powstaje z opadów o natężeniu co najmniej 15 l na sekundę na 1 ha, mogą być wprowadzane do wód lub do urządzeń wodnych bez oczyszczania, pod warunkiem że urządzenie oczyszczające jest zabezpieczone przed dopływem wód opadowych i roztopowych o natężeniu większym niż jego przepustowość nominalna (art. 17.3). Z kolei wody opadowe lub roztopowe pochodzące z powierzchni innych niż ww. powierzchnie szczelne mogą być wprowadzane do wód lub do urządzeń wodnych bez oczyszczania (art. 17.2). Wyjątek stanowią przypadki, gdy wody opadowe i roztopowe

[1] Prawo wodne nie zawiera definicji legalnej pojęć, którymi posługuje się cytowany wyżej przepis, co oznacza, że definiując je, należy odwołać się do definicji wypracowanych w innych gałęziach prawa oraz do ich słownikowego znaczenia. Otwarte systemy kanalizacji deszczowej według Wód Polskich to urządzenia takie jak np. korytka odwadniające, rynsztoki, rynny, rowy, systemy odwodnień i profile dróg, chodników oraz innych powierzchni utwardzonych. Zamknięte systemy kanalizacji deszczowej to rurociągi oraz zamknięte kanały ściekowe wraz ze studzienkami.

[2] Zgodnie z Art. 17.1 Prawa Wodnego pod pojęciem zanieczyszczonej powierzchni szczelnej rozumie się tereny przemysłowe, składowe, bazy transportowe, porty, lotniska, miasta, drogi zaliczane do kategorii dróg krajowych, wojewódzkich lub powiatowych klasy G, a także parkingi o powierzchni powyżej 0,1 ha, z których odprowadzany jest spływ w ilości powstałej z opadu o natężeniu co najmniej 15 l na sekundę na 1 ha,. Do zanieczyszczonej powierzchni szczelnej zaliczane są także obiekty magazynowania i dystrybucji paliw, z których powstaje spływ z opadów o częstości występowania jeden raz w roku i czasie trwania 15 minut, lecz nie mniejszej niż powstająca z opadów o natężeniu 77 l na sekundę na 1 ha.

odprowadzane są bezpośrednio do wód podziemnych lub do urządzeń wodnych i gdy zawierają substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego określone w wykazie I i II rozporządzenia[3].

Warto także przy omawianiu niniejszego zagadnienia wspomnieć o inicjatywach podejmowanych w miastach w zakresie rozwoju retencji wodnej. Przykładem takiego miasta jest Wrocław. We wrześniu 2015 r. Rada Miejska Wrocławia podjęła uchwałę dotyczącą zwolnień od podatku od nieruchomości powierzchni użytkowych lokali mieszkalnych, na których są wykonywane zielone dachy oraz zielone ściany w ramach projektu intensyfikacji powstawania terenów zieleni w obrębie miasta (http://uchwaly.um.wroc.pl/uchwala.aspx?numer=XV/268/15), (lub kod QRF). Ulga dotyczy powierzchni nieprzeznaczonych na działalność gospodarczą, a jej wysokość zależy od tego, ile budynek ma kondygnacji oraz jaką powierzchnię zajmuje dach zielony lub zielona ściana. 17 czerwca 2019 r. Zarządzeniem nr 1158/19 Prezydenta Wrocławia w sprawie gospodarowania wodami opadowymi we Wrocławiu (http://uchwaly.um.wroc.pl/uchwala.aspx?numer=1158/19), (lub kod QRF) zostały określone cele zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi, zasady ich realizacji oraz obowiązki poszczególnych jednostek organizacyjnych przy ich wdrażaniu. Przykładem realizacji zapisów ww. zarządzenia jest przeprowadzenie w sierpniu 2019 r. pilotażowego programu dotacyjnego „Złap deszcz". Mieszkańcy mogli ubiegać się o sfinansowanie w 80% udokumentowanych, zweryfikowanych przez gminę wydatków związanych z realizacją zadania. Maksymalna kwota dofinansowania przypadająca na jeden lokal mieszkalny lub nieruchomość wynosiła 5000 zł. W ramach dofinansowania mieszkańcy mogli założyć ogród deszczowy w pojemniku albo w gruncie, wybudować muldę lub studnię chłonną, podziemny zbiornik na wodę opadową lub postawić naziemny wolno stojący zbiornik na wodę opadową z dachu. Pierwsza edycja programu zakończyła się, ale Miasto Wrocław planuje kolejne. Szczegółowe informacje na temat udzielania dotacji celowej na zadania służące ochronie zasobów wodnych, polegające na gromadzeniu wód opadowych i roztopowych w miejscu ich powstania we Wrocławiu można znaleźć w treści Uchwały nr XII/302/19 Rady Miejskiej Wrocławia z dnia 4 lipca 2019 r. (http://uchwaly.um.wroc.pl/uchwala.aspx?numer=XII/302/19), (lub kod QRF).

Kod QRF do: uchwały Rady Miejskiej w sprawie zasad udzielania dotacji celowej na zadania służące ochronie zasobów wodnych, polegające na gromadzeniu wód opadowych i roztopowych w miejscu ich powstania. Dostęp: 16.12.2019 r.

Kod QRF do: zarządzenia Prezydenta w sprawie gospodarowania wodami opadowymi we Wrocławiu. Dostęp: 16.12.2019 r.

[3] Wykaz I dotyczy substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, powodujących zanieczyszczenie wód, które powinny być eliminowane; wykaz II zawiera spis substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, powodujących zanieczyszczenie wód, które powinny być ograniczane.

Kod QRF do uchwała Rady Miejskiej w sprawie zwolnień od podatku od nieruchomości powierzchni użytkowych lokali mieszkalnych w ramach projektu intensyfikacji powstawania terenów zieleni w obrębie Miasta Wrocławia. Dostęp: 16.12.2019 r.

4. Kryteria wyboru rozwiązania

4.1. Rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych

Teren Wrocławia jest dość zróżnicowany pod względem budowy geologicznej. Podobnie duża zmienność ma miejsce w przypadku występowania zwierciadła wody gruntowej. Rodzaj gruntu w podłożu oraz głębokość występowania wody gruntowej to dwa podstawowe czynniki warunkujące możliwość oraz sposób wykonania powierzchniowych, zagłębionych w gruncie i podziemnych rozwiązań zagospodarowania wód opadowych. Przed przystąpieniem do planowania i wykonania wybranego rozwiązania należy koniecznie sprawdzić te parametry.

Jak sprawdzić wodoprzepuszczalność gruntu?

Najprostszą, orientacyjną metodą jest pomiar szybkości wsiąkania wody w grunt. Jest to jednak metoda nieprecyzyjna, nadająca się, jeśli chcemy wykonać ogród deszczowy lub któraś z powierzchni przepuszczalnych. W przypadku bardziej skomplikowanych rozwiązań, tj. komór drenażowych czy studni chłonnych, należy wykonać odwiert (dla dużych obiektów, takich jak zbiornik retencyjny – serię odwiertów) w celu ustalenia warunków gruntowo-wodnych.

Test do oszacowania wodoprzepuszczalności gruntu

Test pozwala na przybliżone określenie przepuszczalności gleby. Innymi słowy, szacujemy ilość wody wsiąkającej w glebę w jednostce czasu. Weryfikacja przepuszczalności gruntu pozwala uzyskać odpowiedź na pytanie, czy dane miejsce nadaje się do ulokowania rozwiązania pozwalającego na lokalną retencję wody, np. ogrodu deszczowego. Gdyby okazało się, że na przykład woda z naszego otworu wsiąka dopiero po 72 godzinach, oznaczałoby to, że na takim gruncie nie możemy ulokować rozwiązania, które rozsącza wodę w glebie, bo proces będzie długotrwały i woda będzie stagnować.

Postępowanie w teście wodoprzepuszczalności gruntu

1. W pierwszej kolejności należy przygotować: łopatę, tyczkę z podziałką centymetrową, grabki, wiadro z wodą, młotek, rękawice, kawałek folii bądź maty oraz wyznaczyć miejsce do przeprowadzenia testu.



2. Za pomocą szpadla wycinamy w gruncie czworobok o szerokości 20–30 cm. Zdejmujemy darń w taki sposób, aby jak najmniej ją uszkodzić. Po zakończeniu testu miejsce, w którym go przeprowadzono, można zamaskować za pomocą wyciętej darni.



3. Następnie w miejscu planowanego ogrodu deszczowego lub innego stosownego rozwiązania wykopujemy w glebie dołek o głębokości 30–45 cm i szerokości 20–30 cm i umieszczamy w nim tyczkę pomiarową z podziałką centymetrową.



4. Konieczne jest zruszenie za pomocą grabek ścianek bocznych i dna wykopu, tak aby nie były gładkie. Luźną ziemię należy wybrać z dołka. Nadanie szorstkości ściankom przyśpieszy proces wchłaniania wody.



5. Dołek należy zalać do pełna wodą w sposób spokojny, nie niszcząc przy tym ścianek ani dna dołka. Następnie należy pozwolić wodzie swobodnie wsiąknąć. Celem tego kroku jest wyłącznie zwilżenie ścianek dołka.





6. W czasie do kilku godzin po wsiąknięciu wody wykonujemy krok szósty, czyli pomiar. Ponownie napełniamy dołek wodą. Zapisujemy, ile centymetrów wody wsiąkło po godzinie oraz jak długo trwało całkowite wsiąknięcie wody.



Jeśli w ciągu 24–36 godzin woda nie wsiąknie, to miejsce nie nadaje się do bioretencji wód opadowych. Idealna gleba do bioretencji wód opadowych powinna cechować się przepuszczalnością na poziomie 15 cm w czasie mniejszym niż 24 godziny. Można to oszacować, mnożąc różnicę w wysokości zwierciadła wody przez czas. Przykładowo, jeśli w ciągu godziny odnotowaliśmy spadek zwierciadła wody o 2,5 cm, to w ciągu 6 godzin powinno się ono obniżyć o 15 cm. Czas wsiąkania wody w glebę może również dać nam wskazówkę, jakie rośliny możemy zastosować w naszym rozwiązaniu.

Jak sprawdzić głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej?

Zwierciadło wody gruntowej występuje tylko w gruntach przepuszczalnych (takich jak piaski czy żwiry). Występowanie i głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej ma zasadnicze znaczenie dla możliwości wykonania większości z zaprezentowanych w katalogu rozwiązań. Koniecznie należy je sprawdzić przed przystąpieniem do ich projektowania i wykonania. Chcąc zorientować się, jaka jest sytuacja ze zwierciadłem wody gruntowej, można wykorzystać występujące w okolicy studnie, otwory wykonane na potrzeby budów obiektów mieszkalnych lub innych. Odległość takiego otworu nie powinna jednak przekraczać kilkudziesięciu metrów od miejsca planowanego rozwiązania. Można też skorzystać z ogólnie dostępnych map hydrogeologicznych oraz bazy wykonanych otworów wiertniczych. W celu sprawdzenia zalegania zwierciadła wody gruntowej należy wykonać otwór obserwacyjny (wiertniczy). Zadanie to należy zlecić uprawnionemu geologowi lub geotechnikowi. Trzeba pamiętać, iż głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej zmienia się w ciągu roku. Wahania mogą dochodzić nawet do kilku metrów (zwykle jednak nie przekraczają 1 m). Dla bardziej skomplikowanych rozwiązań konieczne będzie wykonanie serii takich otworów.

Korzystnie jest, jeśli zwierciadło wody gruntowej zalega co najmniej 1 m od dna wykopu dla danego rozwiązania. Przy planowaniu instalacji podziemnych zbiorników wodnych należy każdorazowo uwzględnić możliwość

wystąpienia zjawiska wyporu w przypadku podniesienia zwierciadła wody gruntowej powyżej dna zbiornika.

4.2. Uwarunkowania lokalizacyjne

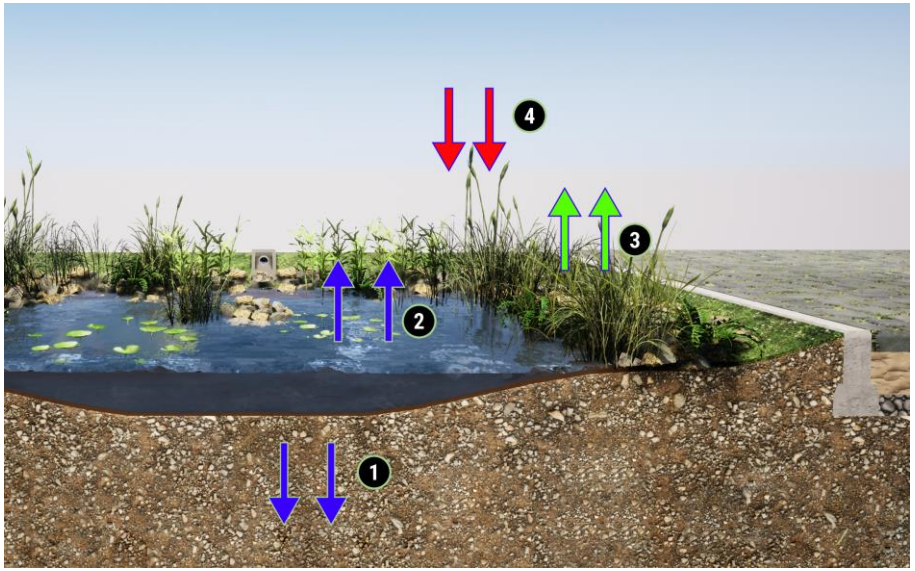
Każdy rodzaj prezentowanego w katalogu rozwiązania wymaga określonego miejsca do instalacji. Jeśli teren działki, na której ma być zainstalowane rozwiązanie, jest ograniczony, można zastosować wariant podziemny. Do rozwiązań podziemnych należą:

- konstrukcje i podłoża magazynujące wodę wokół drzew,
- podziemne zbiorniki retencyjne,
- studnie chłonne,
- skrzynki retencyjno-rozsączające,
- komory drenażowe.

Przy wyborze lokalizacji i rodzaju rozwiązania należy pamiętać o:

- zachowaniu bezpiecznej odległości od budynków w przypadku rozwiązań gruntowych, które nie są szczelne;
- możliwości odprowadzenia nadmiaru wody do istniejącej sieci burzowej lub do innego odbiornika, np. studni chłonnej czy skrzynek rozsączających;
- sprawdzeniu występowania zwierciadła wody gruntowej i uwzględnieniu możliwości wystąpienia zjawiska wyporu (zjawiska polegającego na przemieszczeniu obiektu, np. zbiornika podziemnego, wskutek działania wody w gruncie);
- wymaganej nośności stropu (zdolności do przenoszenia obciążeń) w przypadku instalacji zielonych dachów i dachów balastowych;
- układzie planowanego rozwiązania, które nie będzie powodować utrudnień na terenach przyległych, np. poprzez ich zalewanie;
- uwzględnieniu przebiegu istniejących instalacji (wodociągowych, kanalizacyjnych, elektrycznych i innych);
- zachowaniu bezpiecznej odległości od rosnących drzew, tak aby nie uszkodzić ich korzeni.

4.3. Podstawowe objaśnienie ruchu wody w przyrodzie



1. Infiltracja (wsiąkanie wody w głąb profilu glebowego) wskutek działania sił grawitacyjnych.
2. Parowanie z powierzchni zwierciadła wody.
3. Ewapotranspiracja – parowanie wody do atmosfery z roślin oraz gleby.
4. Opad atmosferyczny.

5. Wybór sposobu zagospodarowania wód opadowych i roztopowych

Sprawdź, czy możesz odprowadzać wody opadowe i roztopowe do gruntu

W tym celu sprawdź rodzaj gruntów w podłożu. Jeśli to możliwe, staraj się wykorzystać rozwiązania z udziałem roślinności. Wpłynie to korzystnie na Twoje samopoczucie, mikroklimat, jakość powietrza i czystość wód.

Korzystnie jest, jeśli będą to grunty przepuszczalne (piaski, żwiry). Masz do dyspozycji wszystkie prezentowane rozwiązania (w przypadku obiektów hydrofitowych i zbiorników retencyjnych należy zadbać o uszczelnienie podłoża (szczegóły w kartach rozwiązań).

Jeśli w podłożu występują grunty nieprzepuszczalne (gliny, iły), masz nadal dużo możliwości (patrz: macierz rozwiązań, s. 19). Możliwe rozwiązania to: ogród deszczowy z przelewem, przydomowe zbiorniki na deszczówkę, powierzchnie przepuszczalne, zielone dachy, dachy żwirowe, obiekty hydrofitowe, przydomowe zbiorniki retencyjne, muldy chłonne z przelewem, suche zbiorniki retencyjne, geokompozyty sorbujące wodę, konstrukcje magazynujące wodę wokół drzew.

Sprawdź, z jakiej powierzchni chcesz odprowadzać wody opadowe i roztopowe

Sprawdź powierzchnię dachu i innych powierzchni, z których chcesz odprowadzać wody opadowe i roztopowe. Pamiętaj o uwzględnieniu współczynników.

Oszacuj uproszczonym sposobem, jakiej wielkości rozwiązania potrzebujesz

Dla większości rozwiązań należy policzyć ich minimalną pojemność. W przypadku ogrodu deszczowego oblicza się jego minimalną powierzchnię.

Dokonaj wyboru jednego lub większej liczby rozwiązań

Do wyboru masz wiele rozwiązań powierzchniowych. Jeśli to możliwe, staraj się je wybierać. Z rozwiązań podziemnych korzystne są te, które odprowadzają wodę do gruntu. Rozwiązania szczelne służą tylko do czasowego przetrzymania wód opadowych. Stosuj je, jeśli potrzebujesz wodę do podlewania ogrodu lub innych powierzchni zazielenionych. Pamiętaj, że większość prezentowanych rozwiązań można ze sobą połączyć. Nadmiar wody z ogrodu deszczowego lub beczki może być odprowadzany np. do skrzynek rozsączających, komór drenażowych lub studni chłonnych. W ten sposób możesz wykonać wydajny system zagospodarowania wód opadowych. Możesz też rozbudowywać go o kolejne elementy.

Podstawowe zasady budowy systemów do lokalnego gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi

Podstawowe zasady stosowania zrównoważonych systemów zagospodarowania wód opadowych można przedstawić w kilku punktach:

1. Planuj powierzchnie odwadniane powyżej terenu z roślinnością, tak aby woda mogła na nie swobodnie spływać.
2. W podłożu wykorzystuj gleby i grunty przepuszczalne, zachowaj rodzimą roślinność.
3. Zachowaj spadki, aby woda mogła swobodnie spłynąć do projektowanego rozwiązania. Pamiętaj o przelewach awaryjnych w projektowanych systemach.
4. Rośliny doskonale nadają się do oczyszczania wód deszczowych i roztopowych.
5. Po wprowadzeniu roślin do założenia daj im czas na adaptację do nowego miejsca.
6. Zmieniaj nastawienie swoje i pozostałych mieszkańców – wody opadowe to cenny zasób naturalny.
7. **Pamiętaj – karty rozwiązań zawarte w katalogu to nie projekty!**

6. Macierze rozwiązań

6.1. Budownictwo jednorodzinne

Lp.	Rodzaj rozwiązania	Przydatność rozwiązania	Obecność roślinności	Obecność w podłożu gruntów niespoistych (przepuszczalnych dla wody)	Obecność w podłożu gruntów spoistych (słabo przepuszczalnych dla wody)	Zabudowa zwarta	Zabudowa rozproszona
1	Ogród deszczowy	TAK	1	1	2	1	1
2	Przydomowy zbiornik na wodę opadową	TAK	2	1	2	3	3
3	Nawierzchnia przepuszczalna	TAK	3	1	2	2	1
4	Dach zielony	TAK	1	3	3	1	1
5	Dach żwirowy (balastowy)	TAK	2	3	3	3	3
6	Obiekt hydrofitowy	NIE					
7	Powierzchniowy zbiornik retencyjny	NIE					
8	Mulda retencyjna	TAK	1	1	2	1	1
9	Zbiornik infiltracyjny	NIE					
10	Rów infiltracyjny	NIE					
11	Geokompozyt sorbujący wodę	TAK	1	1	2	1	1
12	Konstrukcja i podłoże magazynujące wodę wokół drzew	NIE					
13	Podziemny zbiornik retencyjny	TAK	2	3	3	3	3
14	Studnia chłonna	TAK	2	1	2	1	1
15	Skrzynki retencyjno-rozsączające	TAK	2	1	2	1	1
16	Komory drenażowe	TAK	2	1	2	1	1
		Legenda:	1 – wymagana	1 – korzystna	1 – korzystna	1 – korzystna	1 – korzystna
			2 – niewymagana	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna
			3 – możliwa	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia

6.2 Budownictwo wielorodzinne, obiekty usługowe

Lp.	Rodzaj rozwiązania	Przydatność rozwiązania	Obecność roślinności	Obecność w podłożu gruntów niespoistych (przepuszczalnych dla wody)	Obecność w podłożu gruntów spoistych (słabo przepuszczalnych dla wody)	Zabudowa zwarta	Zabudowa rozproszona
1	Ogród deszczowy	TAK	1	1	2	1	1
2	Przydomowy zbiornik na wodę opadową	TAK	2	1	2	3	3
3	Nawierzchnia przepuszczalna	TAK	3	1	2	2	1
4	Dach zielony	TAK	1	3	3	1	1
5	Dach żwirowy (balastowy)	TAK	2	3	3	3	3
6	Obiekt hydrofitowy	TAK	1	2	2	2	1
7	Powierzchniowy zbiornik retencyjny	TAK	3	2	1	2	1
8	Mulda retencyjna	TAK	1	1	2	1	1
9	Zbiornik infiltracyjny	TAK	3	1	2	2	1
10	Rów infiltracyjny	TAK	3	1	2	2	1
11	Geokompozyt sorbujący wodę	TAK	1	1	2	1	1
12	Konstrukcja i podłoże magazynujące wodę wokół drzew	TAK	1	1	2	1	1
13	Podziemny zbiornik retencyjny	TAK	2	2	3	3	3
14	Studnia chłonna	TAK	2	1	2	1	1
15	Skrzynki retencyjno-rozsączające	TAK	2	1	2	1	1
16	Komory drenażowe	TAK	2	1	2	1	1
		Legenda:	1 – wymagana	1 – korzystna	1 – korzystna	1 – korzystna	1 – korzystna
			2 – niewymagana	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna
			3 – możliwa	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia

6.3 Tereny rekreacyjne, obiekty sportowe

Lp.	Rodzaj rozwiązania	Przydatność rozwiązania	Obecność roślinności	Obecność w podłożu gruntów niespoistych (przepuszczalnych dla wody)	Obecność w podłożu gruntów spoistych (słabo przepuszczalnych dla wody)	Zabudowa zwarta	Zabudowa rozproszona
1	Ogród deszczowy	TAK	1	1	2	1	1
2	Przydomowy zbiornik na wodę opadową	NIE					
3	Nawierzchnia przepuszczalna	TAK	3	1	2	2	1
4	Dach zielony	TAK	1	3	3	1	1
5	Dach żwirowy (balastowy)	TAK	2	3	3	3	3
6	Obiekt hydrofitowy	TAK	1	2	2	2	1
7	Powierzchniowy zbiornik retencyjny	TAK	3	2	1	2	1
8	Mulda retencyjna	TAK	1	1	2	1	1
9	Zbiornik infiltracyjny	TAK	3	1	2	2	1
10	Rów infiltracyjny	TAK	3	1	2	2	1
11	Geokompozyt sorbujący wodę	TAK	1	1	2	1	1
12	Konstrukcja i podłoże magazynujące wodę wokół drzew	TAK	1	1	2	1	1
13	Podziemny zbiornik retencyjny	TAK	2	2	3	3	3
14	Studnia chłonna	TAK	2	1	2	1	1
15	Skrzynki retencyjno-rozsączające	TAK	2	1	2	1	1
16	Komory drenażowe	TAK	2	1	2	1	1
		Legenda:	1 – wymagana	1 – korzystna	1 – korzystna	1 – korzystna	1 – korzystna
			2 – niewymagana	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna	2 – niekorzystna
			3 – możliwa	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia	3 – bez znaczenia

Warianty obiektów bioretencji wód opadowych

W przypadku rozwiązań zagłębionych w gruncie istnieje kilka wariantów ich wykonania. W zależności od tego, na którą wersję się zdecydujemy, będziemy mieć obiekt o bardziej surowym wyglądzie, ale mniejszych wymaganiach pod względem obsługi. Tak będzie w przypadku wyłożenia powierzchni żwirem lub ozdobnymi kamieniami. Możliwe i zalecane jest też wykonanie rozwiązania z udziałem roślin. Najprostszą wersją jest obsiew mieszanką traw. Jest to rozwiązanie stosunkowo mało wymagające, jeśli chodzi o obsługę, ale też niezbyt zróżnicowane. Najciekawsze i najbardziej polecane jest wykonanie danego obiektu bioretencji z wykorzystaniem różnych typów roślinności. Daje to nie tylko najlepszy efekt wizualny, ale też jest to najbardziej skuteczna i wydajna wersja danego rozwiązania.



Obsypka żwirem lub grysem



Obsypka żwirem lub grysem z dodatkowo ułożonymi kamieniami ozdobnymi



Wysiana mieszanka traw



Kompozycja roślinna

7. Ogólne zasady projektowania systemów zagospodarowania wód opadowych

Projektowanie systemów do zagospodarowania wód opadowych i roztopowych w miejscu opadu powinno mieć na celu:

1. zmniejszenie i spowolnienie spływu do kanalizacji;
2. retencjonowanie wód opadowych u źródła;
3. zwiększenie infiltracji (wsiąkania) wody do gruntu, zwiększenie ewapotranspiracji z powierzchni terenu i roślin;
4. wykorzystanie wcześniej zretencjonowanej wody do celów gospodarczych, przemysłowych itp.;
5. odbudowę zasobów wód gruntowych;
6. zoptymalizowanie działania sieci kanalizacyjnej;
7. ograniczenie zagrożenia powodziowego.

Przy projektowaniu układów miejscowego rozsączania lub retencjonowania wody opadowej należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- warunki lokalne, głównie uwarunkowania hydrogeologiczne (przepuszczalność gruntu rodzimego, poziom wód gruntowych – rozdział 5.);
- aspekty urbanistyczne (obecność terenów zieleni, stopień uszczelnienia terenu, dostępność terenu pod system);
- odległość od budynków, infrastruktury podziemnej, lokalnych ujęć wody itp.;
- źródło spływu i jakość wód opadowych dopływających do systemu.

Zalecane odległości układów rozsączających:

- od budynków nieposiadających zaizolowanych piwnic – min. 6 m;
- od budynków z izolacją przeciwwilgociową – 2 m;
- od istniejącego drzewostanu – odległość równa co najmniej średnicy korony drzew lub min. 3 m;
- od granicy działki, drogi publicznej lub chodnika przy ulicy – 2 m;
- od studni stanowiącej ujęcie wody pitnej – 70 m;
- od rurociągów infrastruktury technicznej (gazowych i wodociągowych) – 1,5 m;
- od kabli elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych – 0,8 m.

Wszędzie tam, gdzie występują grunty przepuszczalne oraz poziom wód gruntowych jest stosunkowo niski (min. 1 m od dna systemu), powinno się dążyć do infiltracji wód w miejscu opadu. W przypadku gdy uwarunkowania lokalne są niekorzystne dla infiltracji, zalecane są rozwiązania polegające na retencji wód opadowych z ich hamowanym, czyli wydłużonym w czasie odpływem (rozwiązanie to jest możliwe np. przez zastosowanie studzienki dławiącej).

Każdorazowo przed przystąpieniem do wykonywania ostatecznego projektu należy przeprowadzić wizję lokalną w miejscu planowanej inwestycji oraz badania gruntów i położenia wody gruntowej na danym terenie. Najlepsze wyniki z rozeznania w terenie osiąga się poprzez dokonanie próbnego wykopu lub w bardziej profesjonalny sposób poprzez wykonanie odwiertu celem pobrania próbek do analiz.

W przypadku odprowadzenia nadmiaru wód do odbiornika poza miejscem lokalizacji rozwiązania należy przed jego zaprojektowaniem uwzględnić obecność, wielkość, stan techniczny oraz przepustowość potencjalnych odbiorników, np. rzek, zbiorników. W przypadku, kiedy właściciel odwadnianego terenu chce odprowadzać spływy do odbiornika, który jest pod zarządem innego podmiotu, musi uzyskać na to zgodę.

7.1. Szacunkowe obliczenia objętości wód opadowych

Podstawowym czynnikiem wpływającym na poprawne zaprojektowanie systemów odwadniających jest poznanie ilości wód opadowych. Szacunkowo ilości wód opadowych i roztopowych dopływających do systemu zagospodarowującego wody na miejscu można określić w przypadku rozwiązań na małą skalę, tzw. przydomowych, planowanych np. do realizacji w budownictwie jednorodzinnym. Rozwiązania projektowane na tego typu terenach to najczęściej stosunkowo proste i bardziej powtarzalne układy niż w przypadku inwestycji realizowanych w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym czy usługowym. W przypadku rozbudowanych systemów, gdzie wymagane jest podejście bardziej zindywidualizowane, należy stosować metodykę, która obowiązuje w praktyce inżynierskiej.

Uproszczone obliczenia objętości wód opadowych dla rozwiązań na małą skalę (przydomowych)

W celu obliczenia niezbędnej objętości danego rozwiązania (np. zbiornika podziemnego) należy zsumować wszystkie powierzchnie, z których będzie zbierana woda opadowa, np. dachu, podjazdu, parkingu. Każdą powierzchnię należy przemnożyć przez odpowiedni współczynnik spływu (ψ), a następnie zsumować wyniki. W ten sposób otrzymujemy tzw. powierzchnię zredukowaną (Fzr) wyrażoną w m^2. Powierzchnia zredukowana odzwierciedla tylko tę część powierzchni, z której woda odpłynie, np. dla nawierzchni brukowanej współczynnik spływu (ψ) wynosi 0,8. Oznacza to, że z każdych 10 litrów wody, które spadną na taką powierzchnię, odpłynie 8 litrów, a 2 wsiąkną w podłoże. Przykładowe wartości współczynników spływu zamieszczono w tabeli 2. Tabela 3. prezentuje przykład obliczeniowy.

Tabela 1. Przykładowe wartości współczynników spływu

Rodzaj powierzchni odwadnianej	Współczynnik spływu ψ
dachy	0,95
powierzchnie asfaltowane	0,90
zielone dachy	0,50
nawierzchnie brukowane	0,80
nawierzchnie żwirowe, kamieniste	0,20
powierzchnie zadarnione	0,10

Tabela 2. Przykład obliczenia powierzchni zredukowanej

Powierzchnia odwadniana	Powierzchnia wyjściowa F [m^2]	Współczynnik spływu ψ	Powierzchnia zredukowana Fzr = Fψ[m^2]
dachy	100	0,95	95
powierzchnie asfaltowane	0	0,9	0
zielone dachy	5	0,5	3
nawierzchnie brukowane	100	0,8	80
nawierzchnie żwirowe, kamieniste	50	0,2	10
powierzchnie zadarnione	150	0,1	15
suma	405		203

W dalszych krokach obliczeń sumę zredukowanych powierzchni należy pomnożyć przez 16,38 (współczynnik uwzględniający natężenie deszczu i czas jego trwania na podstawie wytycznych MPWiK we Wrocławiu). Na tej podstawie oblicza się ilość wody, którą trzeba będzie zretencjonować (zatrzymać), wyrażoną w litrach (l), to znaczy, że co najmniej taka objętość rozwiązania (lub sumarycznie kilku rozwiązań) będzie potrzebna do przyjęcia spływów

opadowych na danym terenie. Upraszczając, można do obliczeń zastosować wzór:

$$Q = F_{zr} \cdot 16{,}38 \text{ [litry]}$$

Gdzie:

- Q – pojemność rozwiązania [litry]
- F_{zr} – powierzchnia zredukowana
- 16,38 – współczynnik przeliczeniowy[4]

Dla przykładu z powyższej tabeli wygląda to następująco:

$$Q = 203 \cdot 16{,}38 = 3325 \text{ [litrów]} \approx 3{,}3 \text{ m}^3$$

7.2 Uproszczone obliczenia powierzchni ogrodu deszczowego

W przypadku projektowania ogrodu deszczowego należy również każdą powierzchnię, z której odbierana będzie woda, przemnożyć przez odpowiedni współczynnik spływu (ψ) z tabeli (patrz tabela 2.), a otrzymane wyniki zsumować. W ten sposób otrzymamy zredukowaną powierzchnię, z której zbierana będzie woda. Ten wynik należy pomnożyć przez 6% (lub 0,06) – równanie poniżej. W wyniku tych obliczeń otrzymamy wymaganą **minimalną** powierzchnię naszego ogrodu deszczowego ($F_{ogr.}$). Jeśli istnieje taka możliwość, zaleca się przyjęcie wyższego wskaźnika procentowego, w granicach od 7 do 8%. Umożliwi to funkcjonowanie ogrodu deszczowego nawet w mniej sprzyjających warunkach opadowych.

$$F_{ogr.} = F_{zr} \cdot 6\%$$

Przykładowo (dla omawianego terenu):

$$F_{ogr} = 203 \text{ m}^2 \cdot 6\% = 12{,}2 \text{ m}^2$$

Wynika z tego, że minimalna powierzchnia ogrodu deszczowego dla naszego przykładu to nieco ponad 12 m^2. Warto zaznaczyć, iż jest to jedynie tzw. powierzchnia chłonna, czyli taka, na której gromadzona jest woda.

7.3 Określenie objętości wód opadowych (metody stosowane w praktyce inżynierskiej)

Do obliczeń strumienia objętości wód opadowych potrzebne są następujące dane:

- wielkość powierzchni uszczelnionej (place, parkingi, utwardzone ścieżki);
- wielkość powierzchni dachów;
- wielkość powierzchni terenów nieuszczelnionych (przepuszczalnych dla wody, np. tereny zieleni);
- współczynnik spływu, charakterystyczny dla danego rodzaju powierzchni;
- czas trwania i natężenie deszczu miarodajnego dla wybranej częstości występowania (prawdopodobieństwo pojawienia się deszczu).

4 Współczynnik otrzymany ze wzoru $Q = F_{zr} \cdot q_{mpwik} \cdot t$, gdzie Q i F_{zr} jak wyżej, q_{mpwik} – maksymalne jednostkowe natężenie opadu deszczu dla czasu trwania 15 min przyjęte na podstawie: MPWiK (Wrocław) „Wytyczne w zakresie gospodarowania wodami opadowymi na terenie miasta Wrocławia. Wytyczne projektowania i budowy", Wrocław 2019 (link do strony), t – czas (sekundy).

Według wytycznych Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu[5] dla zlewni poniżej 2,0 km^2 (dla systemów pracujących w warunkach przepływu grawitacyjnego) obliczenia miarodajnego strumienia objętości Q_{dop} wód deszczowych zaleca się wykonywać według następującego równania:

$$Q_{dop} = q_{max} \cdot F \cdot \psi_s$$

Gdzie:

- Q_{dop} – strumień objętości wód opadowych, dm^3/s
- q_{max} – maksymalne natężenie deszczu miarodajnego (równego czasowi przepływu t o częstości występowania C), dm^3/s · ha
- F – powierzchnia odwadnianego terenu, ha
- ψ – szczytowy (maksymalny) współczynnik spływu wód deszczowych

Natężenia miarodajne q_{max} dla uwarunkowań wrocławskich można przyjąć na podstawie wartości zestawionych w tabeli 4. Wartości te są zalecane przez ww. wytyczną MPWiK. Są one wyliczone na podstawie probabilistycznego modelu maksymalnych wysokości opadów we Wrocławiu (z okresu obserwacji 1960–2009) dla czasu trwania opadów t = 15 min dla poszczególnych częstości występowania.

Tabela 3. Maksymalne jednostkowe natężenie opadu deszczu dla czasu trwania 15 min

Czas t [min]	Natężenie q_{max} [dm^3/s·ha] dla częstości[6]:			
15	C = 1 rok	C = 2 lata	C = 5 lat	C = 10 lat
	107,7	140,8	181,7	212,2

Warto jednak pamiętać, że do wymiarowania systemów do infiltracji/retencji wód opadowych zalecane jest bazowanie na najbardziej aktualnych, lokalnych danych o opadach. Takie wartości można pozyskać z Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów (PANDa), opracowanego na podstawie bazy danych o opadach o wysokiej rozdzielczości czasowej (od 5 min do 3 dób) z 30 lat (1986–2015) dla ponad 900 miast Polski, w tym Wrocławia.

[5] MPWiK (Wrocław): Wytyczne w zakresie gospodarowania wodami opadowymi na terenie miasta Wrocławia. Wytyczne projektowania i budowy, Wrocław 2019 (link do strony).

[6] Zalecana wg normy PN-EN 752:2017-06 częstość deszczu miarodajnego wynosi C = 1 rok dla terenów pozamiejskich (wiejskich); C = 2 lata dla terenów mieszkaniowych oraz C = 5 lat, kiedy odwodnienie projektowane jest w centrum miasta, na terenach usługowych i przemysłowych; C = 10 lat dla podziemnych obiektów komunikacyjnych, przejść, przejazdów pod ulicami itp. Nowa wersja normy PN-EN 752:2017 przewiduje możliwość przyjmowania większych niż podane w tabeli 3. częstości projektowych deszczu miarodajnego dla lokalizacji w terenach zurbanizowanych.

8. Rośliny wykorzystywane w bioretencji wód opadowych

Utrata siedlisk roślinnych na rzecz rolnictwa i urbanizacji, inwazyjne gatunki obcego pochodzenia, nadmierna eksploatacja zasobów oraz zmiany klimatyczne to najgroźniejsze dla przyrody zjawiska związane z ludzką działalnością. Dodatkowo mniejsze zmiany środowiskowe, jak przekształcanie profilu glebowego, zmiana stosunków wodnych, mikroklimatu czy zanieczyszczenie środowiska, także przyczyniają się do utraty zbiorowisk roślinnych. Czynniki te niekorzystnie wpływają na ich skład, różnorodność, i zależności pomiędzy gatunkami. Istnieją dowody na to, że jednym z podstawowych warunków przetrwania zbiorowiska roślinnego jest jego bioróżnorodność. Polega ona na naturalnej zmienności form życia. Jest wynikiem zmienności genetycznej, poddanej działaniu czynników środowiska. Wpływa ona pozytywnie nie tylko na rośliny, ale także na ludzi – pozostawienie lub wprowadzenie roślin do otaczającego środowiska ma pozytywny wpływ na ludzi nie tylko pod względem fizycznym (czystsze powietrze, łagodniejszy klimat), ale także emocjonalnym i psychologicznym. Nic dziwnego zatem, że bioróżnorodność jest też jednym z najważniejszych wyznaczników jakości ludzkiej egzystencji.

Bioróżnorodność w mieście

Miejska bioróżnorodność opisywana jest jako bogactwo żywych form oraz różnorodność siedlisk znajdujących się w miastach i na ich skraju. Obejmuje pozostałości krajobrazów naturalnych, krajobrazy rolnicze (np. łąki, grunty rolne) i miejsko-przemysłowe (np. tereny kolejowe, parki i ogrody, obszary mieszkalne). Wraz z gwałtownym wzrostem ludności miejskiej urbanizacja stała się jednym z głównych czynników zagrażających światowej różnorodności biologicznej roślin i zwierząt. Jej ochrona w miastach jest kwestią globalną, ponieważ oprócz korzystnego wpływu na jakość życia człowieka przyroda miast wciąż odgrywa ważną rolę w ochronie lokalnych gatunków i pomaga zrozumieć procesy, które ostatecznie rządzą stabilnością i trwałością środowiska naturalnego.

Wiadomo już, że cechy poszczególnych gatunków i ich oddziaływanie na siebie przyczyniają się do prawidłowego funkcjonowania i stabilności przyrody, ponieważ ekosystem z większą liczbą gatunków może w pełniejszy sposób wykorzystywać istniejące zasoby. Mogą zatem razem żyć gatunki, które korzystają z różnych form zasobów lub wykazują ich zużycie, np. w różnych porach roku. Roślinność jest też głównym czynnikiem wpływającym na zwierzęta, zapewnia im siedliska i żywność. Duże bogactwo roślin warunkuje występowanie w tym miejscu wielu gatunków zwierząt. Najpełniej funkcję ekologiczną spełniają rodzime gatunki flory. Przez tysiąclecia bowiem wykształciły się między nimi specyficzne relacje, związki i przystosowania do istniejących warunków siedliskowych oraz wzajemnie do siebie – nauczyły się np. symbiozy lub radzenia sobie z konkurencją ze strony innych gatunków. Są także wystarczająco mrozoodporne jak na polskie warunki. Wprowadzanie gatunków obcych bardzo często drastycznie, a nawet nieodwracalnie zaburza te relacje. Wiele obcych roślin nie pełni też żadnej roli w środowisku, np. nie zapewnia pokarmu (nektaru, pyłku, owoców, liści) ani schronienia (np. nie zrzuca lici na zimę) dla zwierząt. Z tych powodów rozwiązania przedstawione w niniejszym opracowaniu są oparte tylko na gatunkach rodzimych.

Planowanie nasadzeń – dobór roślin

W toku ewolucji rośliny zasiedliły niemal wszystkie, nawet bardzo niekorzystne siedliska na naszej planecie. Stało się to dzięki ich przystosowaniu się do różnorodnych warunków środowiskowych. Z tego powodu dla uzyskania dobrego rozwoju roślin konieczne jest zapewnienie im właściwych, specyficznych dla gatunku warunków. Najprostszy, a zarazem najmniej pracochłonny i ingerujący w środowisko jest dobór odpowiednich roślin do posiadanego siedliska. Zazwyczaj bierze się pod uwagę klimat i mikroklimat danego stanowiska, w tym temperatury zimowe, opady oraz kierunek i siłę wiatru, a także dostęp światła, wilgotność i zasobność gleby.

Zróżnicowanie roślin pod względem wymagań wodnych

Woda to, obok dwutlenku węgla, podstawowy składnik wykorzystywany przez rośliny w procesie fotosyntezy. Z tego powodu dostępność wody, podobnie jak dostępność światła, jest dla roślin decydująca. Dzięki niej w roślinach zachodzi także transport oraz obrona przed wysokimi temperaturami.

Podział roślin pod względem wymagań wodnych

- Hydrofity – rośliny stanowisk wodnych, całkowicie lub częściowo zanurzone w wodzie – najczęściej tworzą wówczas liście unoszące się na powierzchni wody. Mogą być zakorzenione w dnie lub pływające. Pełnią ważną rolę ekologiczną w zbiornikach i ciekach wodnych, usuwając dwutlenek węgla i produkując tlen oraz oczyszczając wodę poprzez pobieranie składników pokarmowych.
- Higrofity – rośliny stanowisk wilgotnych, przystosowane do niedoboru tlenu w glebie i prowadzenia transpiracji (parowanie wody z roślin) w warunkach wysokiej wilgotności powietrza. Mają duże, cienkie blaszki liściowe, często zdolne do wydzielania nadmiaru wody w formie kropel (tzw. gutacji). Więdną przy niedoborach wody, giną przy dłuższej suszy.
- Mezofity – rośliny żyjące w warunkach umiarkowanego dostępu wody. Należy do nich większość gatunków występujących na naszej planecie.
- Kserofity – rośliny przystosowane do stanowisk z okresowymi niedoborami wody. Wykazują się rożnymi strategiami zdobywania wody, bądź przez jej gromadzenie (sukulenty), bądź przez znacznie silniejszą niż u innych roślin siłą ssącą, dzięki której wykorzystują nawet silnie związane w glebie cząsteczki wody (sklerofity). Te szczególnie odporne mogą być wykorzystywane na zielonych dachach ekstensywnych lub półintensywnych.

8.1. Zasady uprawy roślin

Jednym z najważniejszych czynników wpływających na rozwój roślin wodnych jest ukształtowanie brzegów zbiornika lub cieku wodnego. W zrównoważonych nasadzeniach brzeg powinien mieć łagodny spadek. Umożliwia to zachowanie bioróżnorodności w zbiorniku – rośliny zasiedlają miejsca o najodpowiedniejszej dla nich głębokości, zostawiając inne pozostałym gatunkom. Porośnięty roślinami brzeg umożliwia schronienie się zwierząt oraz rozmnażanie np. płazów, które przyczepiają skrzek do pędów i liści. W przypadku zbiorników o gwałtownie opadającym brzegu warto zapewnić zwierzętom możliwość łatwego wydostania się z wody, np. poprzez instalowanie kładek lub trapów.

Sadzenie

Termin sadzenia zależy od sposobu uprawy roślin. Rośliny uprawiane/sprzedawane w pojemnikach można sadzić przez cały sezon wegetacyjny, tj. od wiosny do jesieni, z kolei podziału roślin rosnących najlepiej dokonywać wiosną (najczęściej w kwietniu) lub jesienią, tj. pod koniec września i w październiku. Rośliny zakorzeniające się należy sadzić do gruntu lub do koszy ustawionych na dnie zbiornika – dotyczy to roślin ekspansywnych lub tych, dla których przeznaczone miejsce jest zbyt głębokie. Wtedy pojemnik z rośliną ustawia się na podwyższeniu, np. na postumencie z bloczków betonowych. Przed sadzeniem rośliny należy oczyścić z martwych resztek oraz rozluźnić jej bryłę korzeniową. Po umieszczeniu w zagłębieniu korzenie należy zakryć glebą oraz ubić dookoła.

Nawożenie

Proponowane w katalogu rośliny z reguły nie mają wysokich wymagań pokarmowych i nie wymagają nawożenia. W celu poprawy warunków wegetacji można stosować specjalne nawozy dla roślin wodnych, najczęściej o kontrolowanym działaniu. Nawozy te mają postać granulek, które stopniowo uwalniają zgromadzone w nich składniki mineralne. Należy je aplikować blisko

bryły korzeniowej. W żadnym razie nie należy stosować nawozów ogrodowych o wysokiej zawartości azotu i fosforu, które, uwalniane do wody, będą powodować tzw. jej zakwitanie, czyli nadmierny rozrost glonów i sinic. Prowadzi to do wyczerpywania tlenu nocą i podduszania organizmów wodnych, utrudnia pielęgnację zbiornika oraz negatywnie wpływa na jego estetykę. Także w przypadku roślin terenów podmokłych zbyt obfite nawożenie zaburza równowagę między gatunkami.

Pielęgnacja

Odchwaszczanie

Rośliny rodzime nie wymagają dużych nakładów pielęgnacyjnych. Podstawowym zabiegiem decydującym o dalszym bezproblemowym funkcjonowaniu systemu jest dobre przygotowanie podłoża – nie tylko pod względem fizycznym, ale także zanieczyszczenia chwastami. Można sobie oszczędzić wielu kłopotów poprzez staranne, często wieloetapowe pozbywanie się ekspansywnych chwastów wieloletnich. Są to najczęściej rośliny rozprzestrzeniające się dzięki kłączom lub rozłogom, rzadziej nasionom. Należą do nich m.in. perz właściwy (*Agropyron repens*), nawłoć kanadyjska (*Solidago canadensis*), skrzyp polny (*Equisetum arvense*) czy podagrycznik pospolity (*Aegopodium podagraria*). Chwasty te należy delikatnie podważać widłami amerykańskimi tak, żeby nie rozrywać kłączy (każdy kawałek staje się początkiem nowej rośliny), a następnie wyrywać z gleby. Po kilku tygodniach zabieg się powtarza.

Inne gatunki chwastów z reguły nie zagrażają roślinom wodnym, mają tylko znaczenie estetyczne. W celu skutecznego zwalczania chwastów należy:

- usuwać je wiosną – chwasty są młode, a gleba wilgotna, co poprawia skuteczność zabiegu;
- nie dopuścić do kwitnienia chwastów, co stopniowo ograniczy ich rozsiewanie i rozprzestrzenianie się; poza tym chwasty bez nasion można kompostować nawet w domowych kompostownikach;
- unikać kompostu, w którym były chwasty zawierające nasiona; w domowych kompostownikach rzadko można uzyskać na tyle wysoką temperaturę kompostowania, żeby nasiona zginęły.

Ścinanie przekwitniętych kwiatów

Zabieg ten zalecany jest w przypadku roślin o ozdobnych kwiatach. Jest to zabieg estetyczny, mający na celu usunięcie niezbyt ładnych pędów oraz stymulację rośliny do dalszego kwitnienia. U większości gatunków zabieg ten wykonuje się w lipcu.

8.2 Propozycje kompozycji roślin z uwzględnieniem miejsca nasadzeń

W kolejnych tabelach zamieszczono informacje o miesiącach kwitnienia roślin oraz zbliżonej barwie ich kwiatów, a także przykładowe gatunki roślin, które można stosować w różnych strefach obiektów bioretencji, tj. ogrodzie deszczowym, obiekcie hydrofitowym czy muldzie retencyjnej.

Tabela 4. Strefa brzegowa (od 0 do 10 cm głębokości)

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Krwawnica pospolita *Lythrum salicaria*							
Zachylnik błotny *Thelypteris palustris*							
Jaskier wielki *Ranunculus lingua*							
Tojeść zwyczajna *Lysimachia vulgaris*							
Knieć błotna *Caltha palustris*							
Wełnianka wąskolistna *Eriophorum angustifolium*							

Przetacznik bobowniczek *Veronica beccabunga*							
Żabieniec babka wodna *Alisma plantago-aquatica*							

Tabela 5. Strefa wody płytkiej (od 10 do 40 cm głębokości):

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Łączeń baldaszkowaty *Butomus umbellatus*							
Przęstka pospolita *Hippuris vulgaris*							
Okrężnica bagienna *Hottonia palustris*							
Kosaciec żółty *Iris pseudacorus*							
Strzałka wodna *Sagittaria sagittifolia*							
Tatarak zwyczajny *Acorus calamus*							
Kropidło piszczałkowate *Oenanthe fistulosa*							
Wełnianka wąskolistna *Eriophorum angustifolium*							
Krwawnica pospolita *Lythrum salicaria*							
Osoka aloesowata *Stratiotes aloides*							
Tojeść bukietowa *Lysimachia thyrsoides*							

Bobrek trójlistkowy *Menyanthes trifoliata*							

Tabela 6. Strefa podmokła, okresowo wysychająca

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiące kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kosaciec żółty *Iris pseudacorus*							
Krwawnica pospolita *Lythrum salicaria*							
Wiązówka błotna *Filipendula ulmaria*							
Jeżogłówka gałęzista *Sparganium erectum*							
Bodziszek błotny *Geranium palustre*							
Niezapominajka błotna *Myosotis palustris*							
Kosaciec syberyjski *Iris sibirica*							
Smotrawa okazała *Telekia speciosa*							
Jaskier ostry *Ranunculus acris*							
Firletka poszarpana *Silene flos-cuculis*							
Pierwiosnek lekarski *Primula officinalis*							
Kozłek lekarski *Valeriana officinalis*							

Zachylnik błotny *Thelypteris palustris*							

Tabela 7. Rośliny odporne na suszę (kserofity) na dach zielony półintensywny

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Goździk kartuzek *Dianthus carthusianorum*							
Przelot pospolity *Anthyllis vulneraria*							
Driakiew gołębia *Scabiosa columbaria*							
Driakiew żółtawa *Scabiosa ochroleuca*							
Goryczka krzyżowa *Gentiana cruciata*							
Szałwia okręgowa *Salvia verticillata*							
Pajęcznica gałęzista *Anthericum ramosum L.*							
Posłonek rozesłany *Helianthemum nummularium*							
Szałwia łąkowa *Salvia pratensis*							
Sparceta siewna *Onobrychis viciifolia*							
Rumian żółty *Anthemis tinctoria*							
Dzwonek skupiony *Campanula glomerata*							
Przytulia biała *Galium album*							
Przetacznik kłosowy *Veronica spicata*							

Tabela 8. Rośliny odporne na suszę (kserofity) na dach zielony ekstensywny

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Czosnek szczypiorek *Allium schoenoprasum*							
Wilczomlecz sosnka *Euphorbia cyparissias*							
Lucerna siewna *Medicago sativa*							
Nostrzyk żółty *Melilotus officinalis*							
Żmijowiec zwyczajny *Echium vulgare*							
Farbownik lekarski *Anchusa officinalis*							
Rozchodnik biały *Sedum album*							
Rozchodnik ostry *Sedum acre*							

KARTY ROZWIĄZAŃ

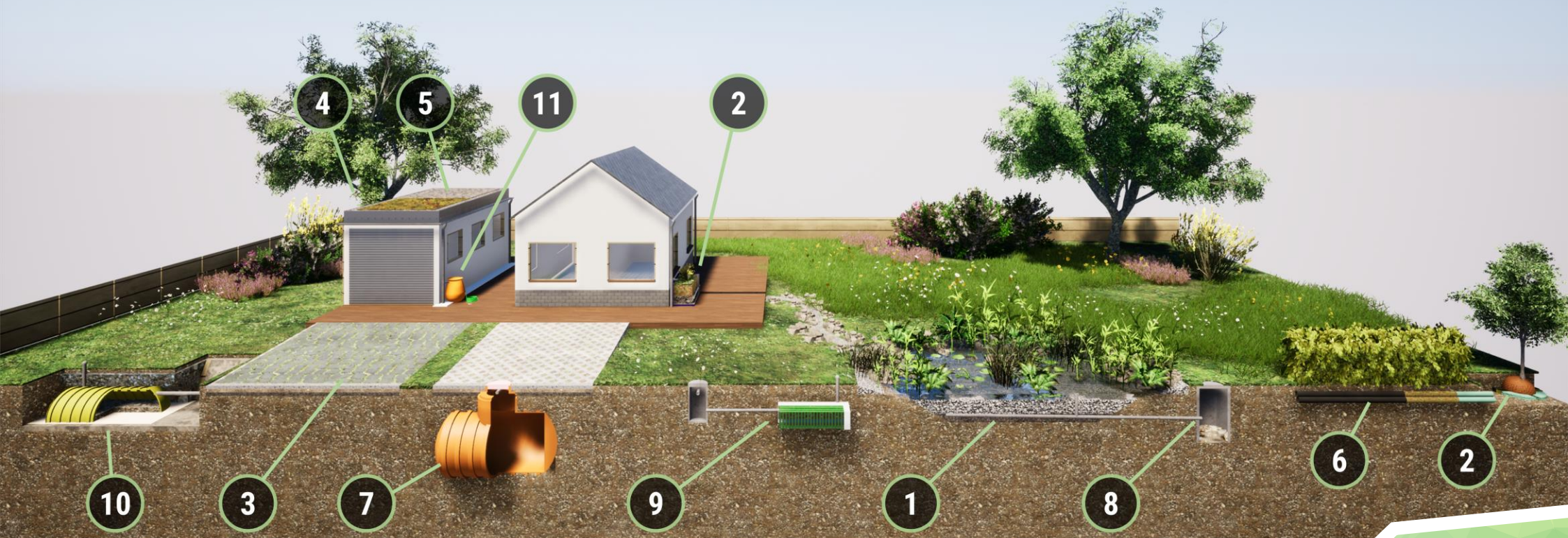
9. Zestawienie możliwych rozwiązań w zależności od zabudowy

Istnieje wiele rozwiązań do zrównoważonego gromadzenia wód deszczowych i roztopowych, które można zastosować. Ich dobór omówiono w poprzednich rozdziałach. Poniżej przedstawiono zbiorczo rozwiązania, które można stosować w przypadku budownictwa jednorodzinnego oraz osobno budownictwa wielorodzinnego, obiektów usługowych, terenów rekreacyjnych i obiektów sportowych. Poszczególne rozwiązania zostały szczegółowo omówione w kartach rozwiązań. Warto pamiętać, iż można je ze sobą łączyć, zwiększając pojemność i efektywność sieci zagospodarowania wód opadowych jak i roztopowych.

Budownictwo jednorodzinne

Legenda:

1 – ogród deszczowy, 2 – ogród deszczowy w pojemniku, 3 – powierzchnie przepuszczalne, 4 – dach zielony, 5 – dach żwirowy (balastowy), 6 – geokompozyty sorbujące wodę, 7 – podziemny zbiornik retencyjny, 8 – studnia chłonna, 9 – skrzynki retencyjno-rozsączające, 10 – komory drenażowe, 11 – przydomowy zbiornik na deszczówkę



Budownictwo wielorodzinne, usługowe, sportowe

Legenda:
1 – ogród deszczowy, 2 – nawierzchnia przepuszczalna, 3 – dach zielony, 4 – dach żwirowy (balastowy), 5 – obiekt hydrofitowy, 6 – komory drenażowe, 7 – powierzchniowy zbiornik retencyjny, 8 – mulda chłonna, 9 – zbiornik infiltracyjny, 10 – rów infiltracyjny, 11 – geokompozyty sorbujące wodę, 12 – konstrukcje i podłoża magazynujące wodę wokół drzew,
13 – podziemny zbiornik retencyjny, 14 – studnia chłonna, 15 – skrzynki retencyjno-rozsączające, 16 – przydomowy zbiornik na wodę opadową



01 OGRÓD DESZCZOWY



1. Ogród deszczowy

Opis rozwiązania

Ogród deszczowy to rodzaj systemu, który w zależności od rozwiązania zapewnia infiltrację (wsiąkanie w glebę) wód opadowych do gruntu, czasową retencję oraz podczyszczenie spływów odprowadzanych z uszczelnionych powierzchni. Może być wykonany bezpośrednio w gruncie lub w pojemniku. Ważne jest, aby w układzie warstw znalazły się podłoża o dobrej przepuszczalności dla wody, które zapewnią jej przesiąkanie przez kolejne warstwy konstrukcyjne, a następnie do rur drenażowych lub do gruntu.

Ogród deszczowy wykonany w gruncie ma formę obniżenia terenu, a ogrody deszczowe w pojemniku są wykonywane najczęściej jako niewielkie zbiorniki przyjmujące wody opadowe z dachu. Są połączone z rynną za pomocą rury spustowej. Na powierzchni ogrodu woda pozostaje tylko okresowo (bezpośrednio po wystąpieniu opadu). Przez większą część roku ogród jest tzw. suchym ogrodem deszczowym.

Ogrody deszczowe są stosunkowo proste w realizacji, dlatego niejednokrotnie wykonywane są przez samych mieszkańców. Udział w wykonywaniu ogrodów deszczowych i sadzenie w nich roślin mogą być traktowane jako jedna z form integracji lokalnej społeczności.

Warianty rozwiązania:

- Ogród deszczowy w gruncie

W gruncie, w zależności od uwarunkowań lokalnych, ogród deszczowy może być wykonany w dwóch wariantach: jako ogród infiltracyjny (bez uszczelnienia dna, tak aby woda mogła wsiąkać w glebę) oraz jako ogród w wersji szczelnej, pełniąc głównie funkcję retencyjną.

- Ogród deszczowy w pojemniku

W przypadku ogrodu deszczowego wykonanego w pojemniku warto pamiętać, aby pojemnik był trwały i wytrzymały na napór materiału wypełniającego oraz warunki atmosferyczne. Nie musi być wodoszczelny, ponieważ można go wyścielić folią PVC lub geomembraną. Warto też zachować odstęp pojemnika od budynku (min. 0,3 m), aby zapewnić swobodny przepływ powietrza pomiędzy nimi i nie spowodować zawilgocenia budynku.

W obu wariantach rozwiązań ułożenie warstw podłoży w ogrodzie przyjmuje się w kolejności (licząc od dna wykopu) od najbardziej przepuszczalnej warstwy (czyli o największym uziarnieniu), np. żwiru, kruszywa, poprzez podłoża o mniejszym uziarnieniu, jak np. piasek. Górną warstwę stanowi najczęściej mieszanka z ziemią ogrodniczą, w której sadzone są rośliny. Warto przewidzieć w niej także ozdobne kruszywo lub kamienie, które podnoszą wartości estetyczne ogrodu. Roślinność porastająca ogrody deszczowe musi być odporna zarówno na czasowe zalanie wodą, jak i występujące okresy suszy.

Korzyści:

- łatwy montaż i szybkie wykonanie;
- ogrodom można nadać dowolny kształt i formę;
- większość prac może być wykonywana bez użycia ciężkiego sprzętu;
- podnoszą walory estetyczne terenu, na którym się znajdują;
- zapewniają podczyszczenie spływów dzięki zastosowaniu odpowiedniej roślinności oraz warstw filtrujących podłoża;
- nie wymagają dużych powierzchni;
- łatwo można je wkomponować w istniejące zagospodarowanie terenu;
- nadają się do stosowania zarówno w terenach dobrze nasłonecznionych, jak i zacienionych – ważny jest w tym przypadku odpowiedni dobór gatunków roślin przystosowanych do danych uwarunkowań;
- nie wymagają szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych;
- nie wymagają nawożenia.

Ograniczenia:

- nie nadają się do stosowania w przypadku przyjęcia wód opadowych z dużych powierzchni uszczelnionych i mocno zanieczyszczonych;
- nie nadają się do stosowania na terenach z wysokim poziomem wód gruntowych.

Podstawowe potrzebne materiały:

- kruszywo o uziarnieniu 8–16 mm;
- piasek średnioziarnisty (lub inne podłoże zapewniające swobodną infiltrację wody w głąb ogrodu);
- żwir ozdobny, kamienie itp.;
- ziemia ogrodnicza;
- rura drenarska z otworami w oplocie (otulinie[7], np. z geowłókniny);
- rura przelewowa z wywiewką;
- folia PVC lub geomembrana w przypadku wykonywania ogrodu z uszczelnieniem;
- pojemnik lub skrzynia;
- rośliny.

Etapy montażu:

1. Wykonać wykop o głębokości 1–1,5 m i powierzchni zaprojektowanego ogrodu.
2. Oczyścić wykop z większych i ostrych kamieni. Ta czynność jest szczególnie ważna, gdy przewidziany jest wariant ogrodu uszczelnionego folią.
3. Wypełnić dno wykopu kruszywem o frakcji 8–16 mm do wysokości 20–25 cm (licząc od dna wykopu).
4. Umieścić w wykopie rurę drenarską perforowaną owiniętą geowłókniną lub innym rodzajem otuliny. Rurę drenarską położoną ze spadkiem 1,5–2% od ogrodu należy połączyć z rurą przelewową. Układ tych rur zapewni odprowadzenie nadmiaru wody z ogrodu deszczowego poza jego obręb.
5. Zasypać połączony układ rur tym samym rodzajem kruszywa na wysokość 10 cm (licząc od górnej ściany rury drenarskiej).
6. Na warstwę kruszywa usypać kolejną warstwę gruntu o dobrej przepuszczalności, np. piasku średnioziarnistego wymieszanego z kruszywem, kończąc mieszanką gleby z piaskiem zapewniającej dogodne warunki dla rozwoju roślin.
7. Jako wierzchnią warstwę w ogrodzie deszczowym można zastosować żwir o uziarnieniu >16 mm, kamienie lub inne ozdobne kruszywo. Warstwa ta powinna być usypana poniżej szczytu rury przelewowej (rury odprowadzającej nadmiar wody), aby nie ograniczać swobodnego odpływu wody w czasie większych opadów.
8. Wierzchnia warstwa podłoża powinna znajdować się 20–30 cm poniżej górnej krawędzi ogrodu, aby zapewnić miejsce na rozrastanie się roślin oraz niezbędną pojemność retencyjną dla dopływającej wody.

W wariancie ogrodu deszczowego w pojemniku, aby zapewnić cyrkulację powietrza między wnętrzem skrzyni a folią PVC, zaleca się położenie przed folią PVC folii kubełkowej na dnie i po bokach skrzyni/pojemnika. Folię kubełkową można zastąpić mniej więcej 5-centymetrową warstwą żwiru. Należy zachować taką samą kolejność ułożenia warstw filtracyjnych oraz układ rury drenarskiej z rurą przelewową jak w przypadku ogrodu deszczowego w gruncie wyścielonego folią.

[7] Otulina chroni rurę przed zamulaniem, zapewniając odpowiednią warstwę filtracyjną, dzięki czemu może być stosowana do odwodnień podziemnych.

Projektując ogród deszczowy, należy przewidzieć także rozwiązanie do dalszego odprowadzenia nadmiaru wód z ogrodu. Może być nim studnia chłonna, zazieleniony teren znajdujący się w okolicy, rów chłonny lub ostatecznie kanalizacja deszczowa lub ogólnospławna. W przypadku odprowadzenia do kanalizacji wpięcie do niej wymaga uzgodnienia z zarządcą sieci.

Zalecenia:

- Minimalna odległość od budynku: w przypadku ogrodu deszczowego w pojemniku – 0,3 m, dla ogrodu deszczowego w gruncie wyścielonego folią – 0,5 m, dla ogrodu typu infiltracyjnego – 5 m.
- Dobrym pomysłem jest zlokalizowanie ogrodu blisko miejsc wypoczynku dla mieszkańców, np. tarasów.
- Powinno być zachowane nachylenie przyległego terenu (kierunek spływu) w stronę ogrodu deszczowego.
- Teren, na którym przewidziany jest ogród deszczowy, powinien być mało zróżnicowany pod względem wysokościowym.

Nie zaleca się lokalizacji ogrodów deszczowych:

- bezpośrednio przy fundamentach budynku;
- blisko osadników gnilnych (szamb);
- w niedalekiej odległości od drzew liściastych, których opadające liście w okresie jesiennym mogą zmniejszać pojemność ogrodów i z czasem zapoczątkować procesy gnicia;
- przy wysokim poziomie wód gruntowych (dno ogrodu deszczowego powinno znajdować się co najmniej 1 m nad sezonowo występującym najwyższym poziomem wody gruntowej).

Możliwe miejsca zastosowania:

- otoczenie budynków mieszkalnych (jedno- i wielorodzinnych;
- chodniki lub inne ciągi pieszo-jezdne;
- drogi;
- parkingi.

Propozycje roślin do nasadzeń

Poniżej przedstawiono przykładowe zestawy roślin do ogrodu deszczowego z podziałem na strefy. Kolorem w tabeli oznaczono przybliżoną barwę kwiatów.

Zestaw A.1 – strefa wody płytkiej (od 10 do 40 cm głębokości)

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Łączeń baldaszkowaty *Butomus umbellatus*							
Przęstka pospolita *Hippuris vulgaris*							
Okrężnica bagienna *Hottonia palustris*							
Kosaciec żółty *Iris pseudacorus*							
Strzałka wodna *Sagittaria sagittifolia*							
Tatarak zwyczajny *Acorus calamus*							
Kropidło piszczałkowate *Oenanthe fistulosa*							
Wełnianka wąskolistna *Eriophorum angustifolium*							

Zestaw A.2 – strefa wody płytkiej (od 10 do 40 cm głębokości)

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Łączeń baldaszkowaty *Butomus umbellatus*							
Przęstka pospolita *Hippuris vulgaris*							
Okrężnica bagienna *Hottonia palustris*							
Krwawnica pospolita *Lythrum salicaria*							
Osoka aloesowata *Stratiotes aloides*							
Tojeść bukietowa *Lysimachia thyrsoides*							
Bobrek trójlistkowy *Menyanthes trifoliata*							

Zestaw B – strefa brzegowa (od 0 do 10 cm głębokości)

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Krwawnica pospolita *Lythrum salicaria*							
Zachylnik błotny *Thelypteris palustris*							
Jaskier wielki *Ranunculus lingua*							
Tojeść zwyczajna *Lysimachia vulgaris*							
Knieć błotna *Caltha palustris*							
Wełnianka wąskolistna *Eriophorum angustifolium*							
Przetacznik bobowniczek *Veronica beccabunga*							
Żabieniec babka wodna *Alisma plantago-aquatica*							

Zestaw C.1 – strefa podmokła, okresowo wysychająca nr 1

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kosaciec żółty *Iris pseudacorus*							
Krwawnica pospolita *Lythrum salicaria*							
Wiązówka błotna *Filipendula ulmaria*							
Jeżogłówka gałęzista *Sparganium erectum*							
Bodziszek błotny *Geranium palustre*							
Niezapominajka błotna *Myosotis palustris*							
Kosaciec syberyjski *Iris sibirica*							

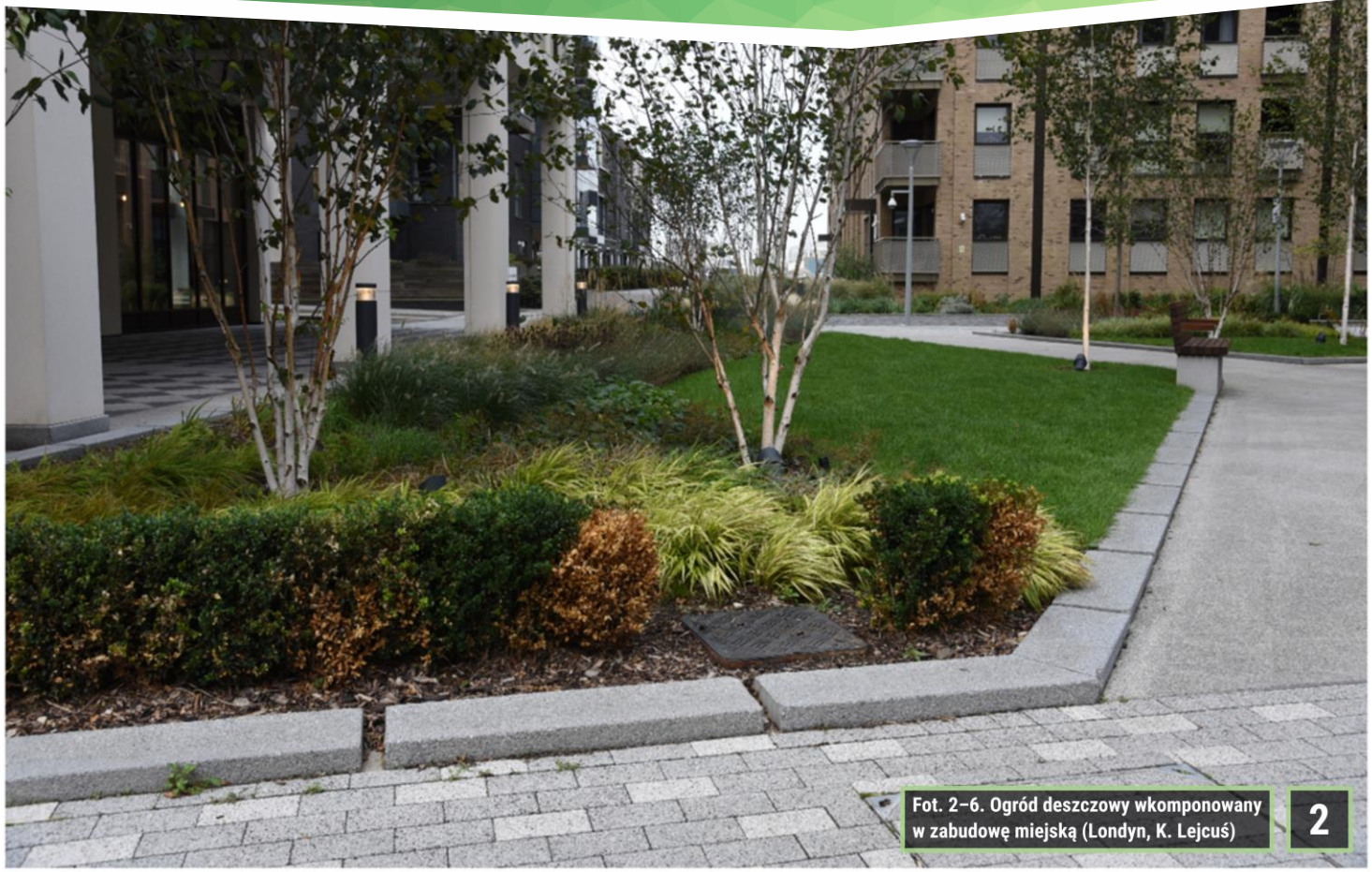
Zestaw C.2 – strefa okresowo wysychająca nr 2

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kosaciec syberyjski *Iris sibirica*							
Smotrawa okazała *Telekia speciosa*							
Jaskier ostry *Ranunculus acris*							
Firletka poszarpana *Silene flos-cuculis*							
Pierwiosnek lekarski *Primula officinalis*							
Kozłek lekarski *Valeriana officinalis*							
Zachylnik błotny *Thelypteris palustris*							



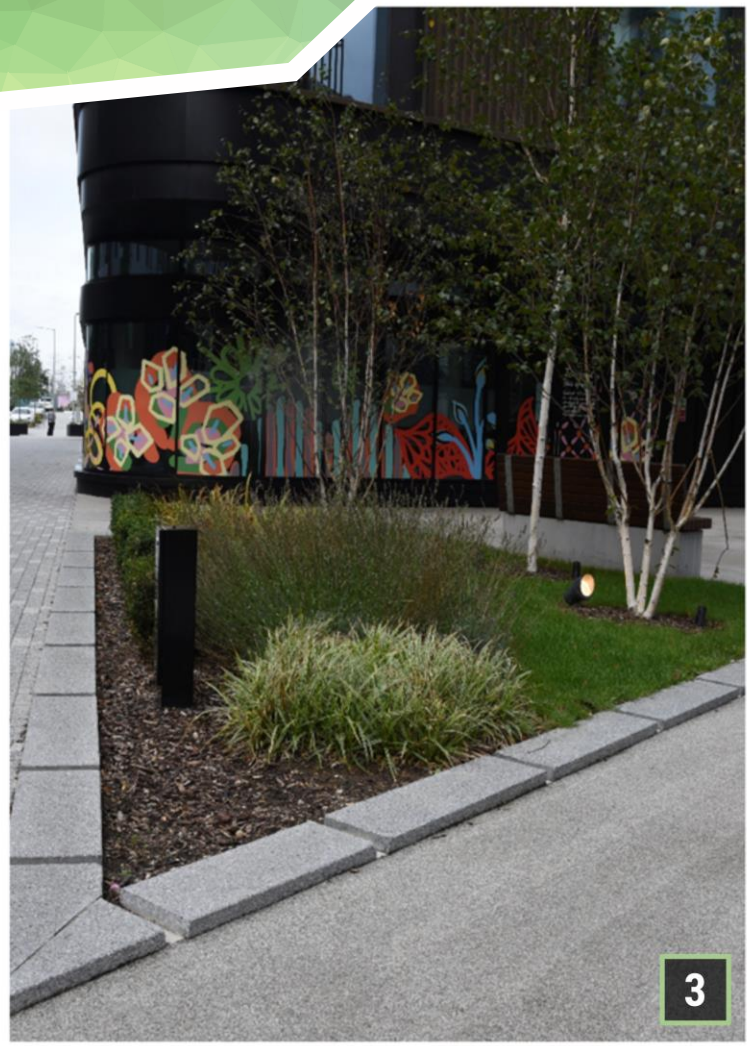
Legenda:
1 – powierzchnia przepuszczalna, 2 – ścieżka rekreacyjno-edukacyjna poprowadzona przez ogród deszczowy, 3 – roślinność przeznaczona do ogrodów deszczowych, 4 – krawężnik pełniący funkcję ławki umożliwiający dopływ wody opadowej do ogrodu deszczowego

1 Ogród deszczowy w zabudowie miejskiej wraz ze ścieżką edukacyjną (Londyn, K. Lejcuś)



Fot. 2–6. Ogród deszczowy wkomponowany w zabudowę miejską (Londyn, K. Lejcuś)

2



3



4



5

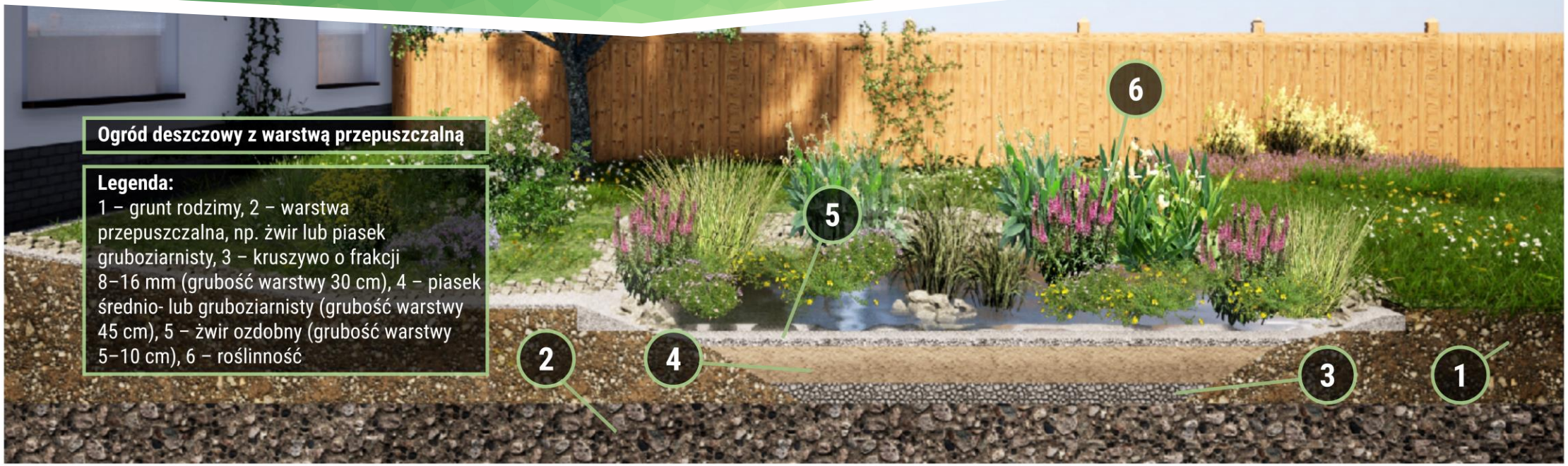


6



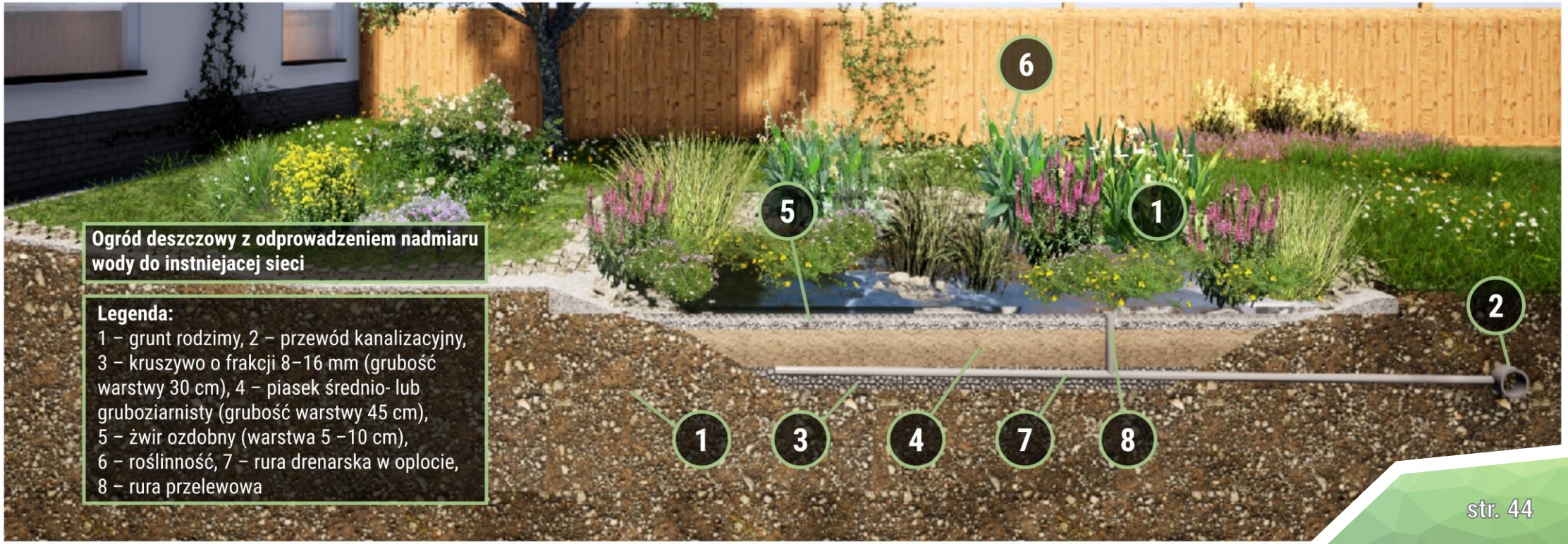
Legenda:
1 – ażurowa powierzchnia przepuszczalna wypełniona trawą, 2 – kostka brukowa z profilowanym spadkiem w kierunku ogrodu deszczowego, 3 – zieleń dedykowana do ogrodów deszczowych, 4 – przestrzeń rekreacyjna, 5 – tablica informacyjno-edukacyjna dotycząca inwestycji

7 **Ogród deszczowy na osiedlu Meksyk w Gdyni (Gdynia, M. Śpitalniak)**



Ogród deszczowy z warstwą przepuszczalną

Legenda:
1 – grunt rodzimy, 2 – warstwa przepuszczalna, np. żwir lub piasek gruboziarnisty, 3 – kruszywo o frakcji 8–16 mm (grubość warstwy 30 cm), 4 – piasek średnio- lub gruboziarnisty (grubość warstwy 45 cm), 5 – żwir ozdobny (grubość warstwy 5–10 cm), 6 – roślinność



Ogród deszczowy z odprowadzeniem nadmiaru wody do instniejacej sieci

Legenda:
1 – grunt rodzimy, 2 – przewód kanalizacyjny, 3 – kruszywo o frakcji 8–16 mm (grubość warstwy 30 cm), 4 – piasek średnio- lub gruboziarnisty (grubość warstwy 45 cm), 5 – żwir ozdobny (warstwa 5 –10 cm), 6 – roślinność, 7 – rura drenarska w oplocie, 8 – rura przelewowa



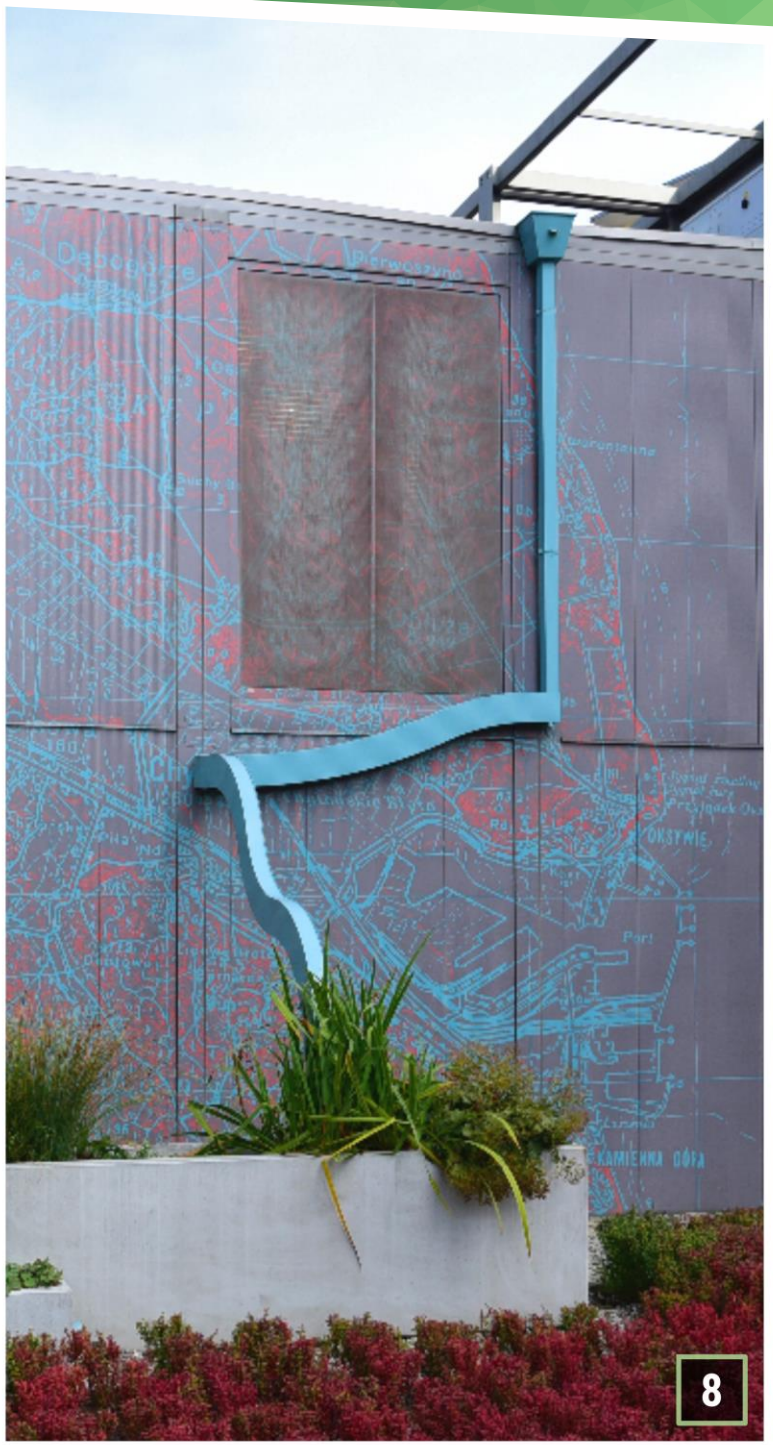
Ogród deszczowy z odprowdzeniem nadmiaru wody do studni chłonnej

Legenda:
1 – grunt rodzimy, 2 – studnia chłonna, 3 – kruszywo o frakcji 8–16 mm (grubość warstwy 30 cm), 4 – piasek gruby (grubość warstwy 45 cm), 5 – żwir ozdobny (grubość warstwy 5–10 cm), 6 – roślinność, 7 – rura drenarska w oplocie, 8 – rura przelewowa



Ogród deszczowy z powierzchniowym przelewem awaryjnym

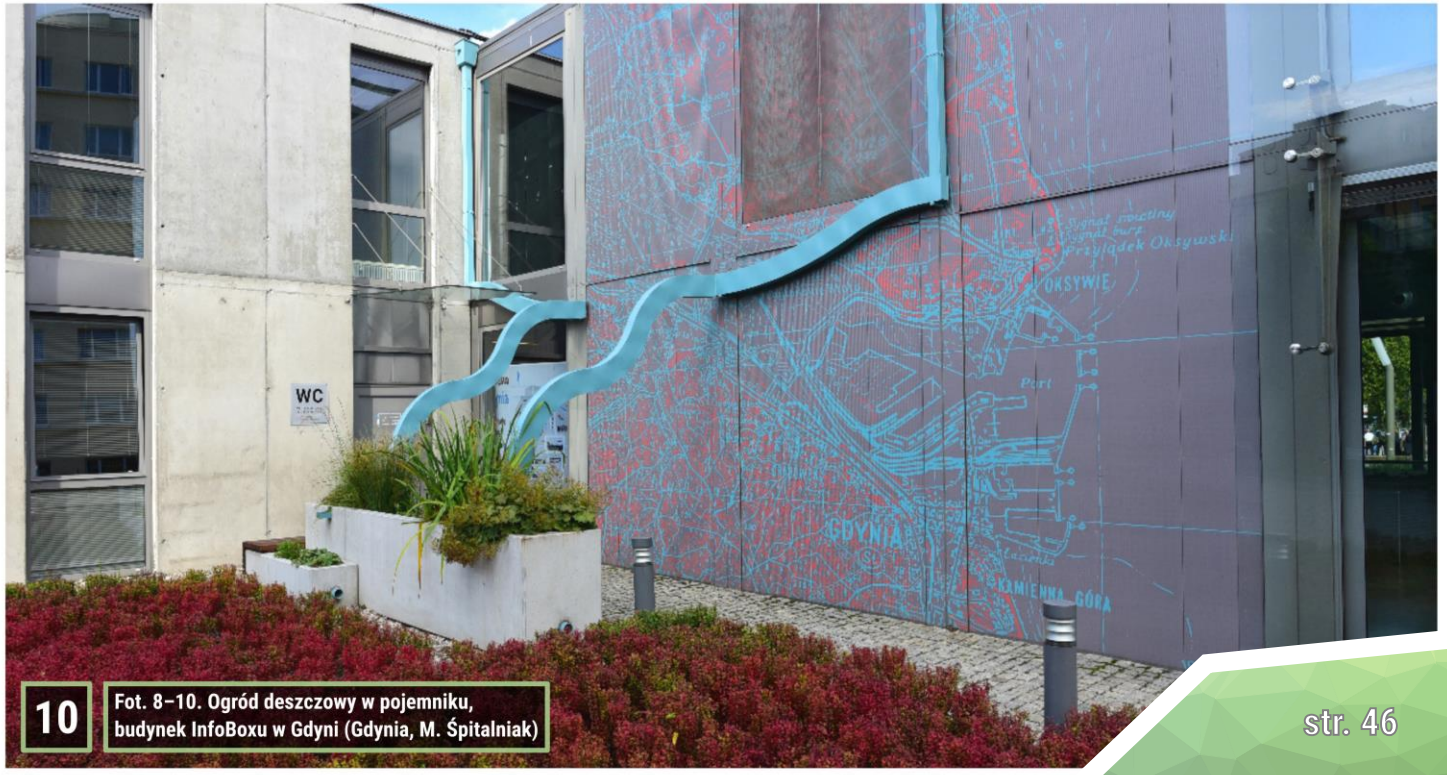
Legenda:
1 – grunt rodzimy, 2 – przelew na teren zieleni, 3 – kruszywo o frakcji 8–16 mm (grubość warstwy 30 cm), 4 – piasek średnio- lub gruboziarnisty (grubość warstwy 45 cm), 5 – żwir ozdobny (grubość warstwy 5–10 cm), 6 – roślinność



8



9



10

Fot. 8–10. Ogród deszczowy w pojemniku, budynek InfoBoxu w Gdyni (Gdynia, M. Śpitalniak)



Ogród deszczowy w pojemniku

Legenda:
1 – rura spustowa, 2 – klapa odpływowa, 3 – żwir ozdobny (grubość warstwy 5–10cm), 4 – piasek średnio- lub gruboziarnisty (grubość warstwy 45 cm), 5 – kruszywo o frakcji 8–16 mm (grubość warstwy 20–25 cm), 6 – rura drenarska w oplocie, 7 – trójnik, 8 – rura przelewowa, 9 – wylot rury, 10 – folia PVC, 11 – ruszt odwodnienia liniowego lub inne rozwiązanie do przyjęcia nadmiaru spływów (np. trawnik, rów chłonny)

02 PRZYDOMOWY ZBIORNIK NA WODĘ OPADOWĄ

2. Przydomowy zbiornik na wodę opadową

Opis rozwiązania

Naziemne zbiorniki do magazynowania wód opadowych stanowią jedno z najprostszych rozwiązań wpisujących się w racjonalną gospodarkę wodami opadowymi. Znajdują zastosowanie na prywatnych posesjach, gdzie zazwyczaj są montowane bezpośrednio przy budynku, a ich głównym zadaniem jest magazynowanie wody wypływającej z rur odwadniających dach obiektu. Woda opadowa idealnie nadaje się do nawadniania roślin, nie zawiera substancji chemicznych, przeciwnie – jest bogata w składniki mineralne. Zgromadzoną deszczówkę można stosować do celów gospodarczych, w tym prac porządkowych. Szeroki wachlarz dostępnych zbiorników pozwala na ich dobór, tak aby spełniały walory dekoracyjne i wpisywały się w lokalny krajobraz.

Warianty rozwiązania:

- Beczka na wody opadowe

Naziemne zbiorniki przeznaczone do gromadzenia wody opadowej mogą mieć formę tradycyjnej beczki, którą należy umieścić na stabilnym podłożu bezpośrednio przy budynku. Doprowadzenie wody do beczki odbywa się przez system rur spustowych odprowadzających wodę z dachu budynku, tak aby mogła wpływać bezpośrednio do zbiornika. Zanim deszczówka zostanie odprowadzona do zbiornika, powinna być oczyszczona z zanieczyszczeń zgromadzonych na dachu, np. liści. Zaleca się stosowanie separatorów lub specjalnych koszy na grubsze zanieczyszczenia, które są montowane na rurach spustowych. Przy wlocie do zbiornika sprawdzają się również sita.

W przypadku tego rozwiązania warto jest zapewnić odpływ w postaci rury zamontowanej przy górnej krawędzi beczki, tak aby uniknąć przelewu wody podczas intensywnych opadów w bezpośrednim sąsiedztwie budynku. Do zbiornika można również zamontować kranik umożliwiający napełnienie konewki lub podłączenie węża ogrodowego.

- Zbiorniki dekoracyjne

Zbiorniki dekoracyjne przeznaczone są do magazynowania wody w celu jej późniejszego wykorzystania. Zasada działania oraz sposób podłączenia tego typu zbiorników są dokładnie takie same jak w przypadku tradycyjnej beczki. Na rynku dostępna jest szeroka gama zbiorników o pojemności od 120 do 1500 litrów, o różnych kształtach, rozmiarach, fakturze oraz kolorach. Zbiorniki dekoracyjne wykonywane są najczęściej z wysokiej jakości materiałów, odpornych na działanie promieniowania UV, zapobiegających powstawaniu zanieczyszczeń w zgromadzonej wodzie.

Zbiorniki zazwyczaj są wyposażone w zestaw podłączeniowy, przelew zapewniający kontrolowany odpływ oraz kranik, co umożliwia bezobsługową pracę urządzenia. W przypadku niedostatecznej pojemności istnieje możliwość łączenia kolejnych zbiorników wężem połączeniowym, a nawet zamontowania pompy zewnętrznej zwiększającej efektywność pracy urządzenia. Ciekawym rozwiązaniem są zbiorniki z komorą na nasadzenia roślinności lub wysypanie kruszywa dekoracyjnego.

Korzyści:

- ograniczenie zużycia wody wodociągowej, co stanowi dużą oszczędność pieniędzy oraz zasobów;
- idealne rozwiązanie na prywatnych posesjach z istniejącą zabudową;
- estetyka – szeroka gama produktów pozwalająca na dopasowanie wyglądu zbiornika do oczekiwań klienta;
- budowa zbiornika naziemnego oparta jest na bardzo prostej technologii, co pozwala na samodzielną instalację;
- zastosowanie wody zgromadzonej w zbiorniku jest zalecane przy prowadzeniu nawodnień roślin ze względu na brak substancji chemicznych obecnych w wodzie wodociągowej;

- woda zgromadzona w zbiorniku może być wykorzystana do celów gospodarczych, w tym prac porządkowych;
- ograniczenie kosztów związanych z odprowadzeniem wody opadowej do systemu kanalizacji deszczowej;
- zmniejszenie obciążenia systemów kanalizacji deszczowej, co wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa powodziowego.

Ograniczenia:

- konieczność systematycznego oczyszczania filtrów, rynien oraz dachów, szczególnie w przypadku płaskich konstrukcji;
- zbiorniki o dużych pojemnościach zajmują znaczną powierzchnię użytkową.

Podstawowe potrzebne materiały:

- zbiornik naziemny (tradycyjna beczka lub zbiornik dekoracyjny);
- w przypadku beczki dopasowana pokrywa;
- kranik;
- łapacz wody z filtrem;
- krótki elastyczny przewód do podłączenia rury spustowej ze zbiornikiem.

Etapy montażu:

1. Wyznaczyć odpowiednią lokalizację zbiornika oraz przygotować stabilne podłoże pod konstrukcję.
2. Wyznaczyć poziom napełnienia zbiornika, a następnie zaznaczyć górną oraz dolną krawędź zbieracza na deszczówkę na rurze spustowej.
3. Ostrą piłką lub nożykiem wykonać wycięcie w wyznaczonych miejscach na rurze spustowej.
4. Górną część zbieracza nasunąć na górną część rury spustowej.
5. Dolną część zbieracza wyposażoną w filtr nasadzić na dolną część rury spustowej.
6. Połączyć na wcisk górną i dolną część zbieracza.
7. Wsunąć oraz uszczelnić elastyczny przewód odprowadzający wodę z rury spustowej do zbiornika.
8. Połączyć elastyczny przewód doprowadzający wodę ze zbiornikiem.

Zalecenia:

- W przypadku tradycyjnej beczki należy lokalizować zbiornik w zacienionym miejscu, tak aby uniknąć namnażania się bakterii i glonów.
- Zbiorniki naziemne należy eksploatować od wiosny do jesieni. Przed pierwszymi przymrozkami należy je całkowicie opróżnić z wody, oczyścić oraz zabezpieczyć przed działaniem niskich temperatur.

Możliwe miejsca zastosowania:

- budynki mieszkalne (jednorodzinne i wielorodzinne);
- ogródki działkowe.



11 Przydomowy zbiornik na wodę opadową (Wrocław, K. Lejcuś)

03 NAWIERZCHNIA PRZEPUSZCZALNA



3. Nawierzchnia przepuszczalna

Opis rozwiązania

Nawierzchnie przepuszczalne pozwalają na swobodną infiltrację (wsiąkanie) wód opadowych w glebę, ograniczając intensywny spływ powierzchniowy (część opadu, która spływa po powierzchni). Gleba działa jak naturalny filtr, rozkładając i usuwając zanieczyszczenia, które mogą być obecne w spływach opadowych. Obecność nawierzchni przepuszczalnych pozytywnie wpływa na stan wód gruntowych, stanowi naturalne źródło nawodnienia, ograniczając zużycie wody. Jest pierwszym krokiem do poprawy gospodarowania wodami opadowymi, szczególnie w zwartej zabudowie miejskiej. Stosowanie nawierzchni przepuszczalnych stanowi najprostszą metodę zatrzymania wody w środowisku.

Na rynku dostępna jest szeroka gama nawierzchni przepuszczalnych, a ich dobór zależy od przeznaczenia, rodzaju oraz natężenia ruchu, typu podłoża, spadku terenu, a także wymaganej estetyki. Do powszechnie stosowanych nawierzchni przepuszczalnych można zaliczyć nawierzchnie:

- trawiaste,
- żwirowe i kamienne,
- kraty ażurowe, tzw. ekokraty,
- mieszanki mineralno-żywiczne,
- beton porowaty,
- asfalt porowaty.

Warianty rozwiązania:

- Nawierzchnie trawiaste

Nawierzchnie trawiaste stanowią najprostsze, całkowicie naturalne rozwiązanie umożliwiające swobodny przepływ wody w głąb profilu glebowego. Poza względami estetycznymi stanowią istotny element w ścisłej zabudowie terenów miejskich, gdzie liczy się każdy metr kwadratowy nawierzchni biologicznie czynnej. Takie rozwiązanie może być z powodzeniem stosowane na terenie posesji (nieruchomości) oraz pasach zieleni występujących w przestrzeni miejskiej.

Istnieją pewne ograniczenia stosowania nawierzchni zadarnionych, które mogą ulegać uszkodzeniu podczas dużych obciążeń oraz intensywnego ruchu. W tym przypadku skutecznym rozwiązaniem jest stosowanie tzw. kratek trawnikowych. Są to kraty o różnych rozmiarach z tworzywa pochodzącego z recyklingu, służące wzmocnieniu nawierzchni trawiastych lub żwirowych. Stanowią estetyczną, naturalnie wyglądającą przepuszczalną nawierzchnię, która przypomina trawnik, ale jest bardziej odporna na działanie dużych obciążeń i warunki atmosferyczne.

- Nawierzchnie żwirowe i kamienne

Luźny kruszony kamień lub żwir to najtańszy materiał do stosowania na nawierzchnie przepuszczalne. Jest to estetycznie wyglądająca nawierzchnia, która dobrze wtapia się w naturalny krajobraz. Wykonywana jest z kruszyw o różnej granulacji i łagodnych krawędziach. Nawierzchnie żwirowe są układane warstwami od najgrubszych do najdrobniejszych, a następnie zagęszczane. Jest to popularne rozwiązanie, z powodzeniem stosowane na przydomowych ścieżkach i podjazdach. Ze względu na możliwość przemieszczenia oraz ewentualnych odkształceń nie nadaje się do użytku na terenach o dużych spadkach lub dużym natężeniu ruchu.

- Płyty ażurowe

Płyty ażurowe są produkowane z betonu, co czyni je odpornymi na duże obciążenia, ścieranie oraz niskie temperatury. Płyta ażurowa ma specjalne komory o rożnych kształtach i rozmiarach, dzięki czemu istnieje możliwość swobodnego odprowadzenia nadmiaru wody do gleby i ograniczenia tym samym zastosowania dodatkowego odwodnienia. W zależności od potrzeb można wypełnić je kruszywem (żwirem, drobnym kamieniem) lub zasiać trawę. Mogą być z powodzeniem stosowane na terenach o dużym nachyleniu, a także

w przypadku nawierzchni narażonych na stałe obciążenia i umiarkowane natężenie ruchu, np. na parkingach, dojazdach do posesji oraz garażu.

- Mieszanki mineralno-żywiczne

Nawierzchnia z mieszanki mineralno-żywicznej jest produkowana z naturalnych kruszyw połączonych żywicą epoksydową, nadającą nawierzchni wysoką trwałość w czasie wieloletniej eksploatacji. Porowata nawierzchnia pozwala na przenikanie wody przez szczeliny między kruszywem a żywicą. Wykazuje dużą odporność mechaniczną. Zastosowany materiał nie przemieszcza się pod naciskiem i nie zarasta niepożądaną roślinnością, a przy tym ma wysokie walory estetyczne. Istnieje możliwość łączenia kruszyw o różnych kolorach i rozmiarach. Rozwiązanie to dobrze sprawdza się w przypadku ścieżek, obiektów sportowych, podjazdów oraz parkingów.

Wykonanie tego typu nawierzchni wymaga zatrudnienia odpowiedniej firmy ze względu na konieczność profesjonalnego przygotowania podłoża oraz rozprowadzenia mieszanki mineralno-żywicznej. Klasyczny układ warstw sprowadza się do rozprowadzenia i zagęszczenia warstwy piasku, a następnie żwiru lub drobnego kamienia. Na tak przygotowane podłoże wylewana jest gotowa masa.

- Beton porowaty

Beton porowaty, nazywany również jamistym, stanowi przepuszczalną mieszankę składającą się z cementu zmieszanego z gruboziarnistym kruszywem i wodą. W przeciwieństwie do tradycyjnego betonu zawiera śladowe ilości piasku lub nie ma go wcale, co zapewnia porowatą, wodoprzepuszczalną strukturę. Jest bardzo skuteczny w przechwytywaniu wody opadowej, w rezultacie sprawdza się na parkingach, nawierzchniach sportowych, komunikacyjnych, placach zabaw, podjazdach i jako nawierzchnia pod zielone dachy lub tereny zieleni miejskiej.

Możliwość dodawania barwników do betonu pozwala na szeroki zakres opcji projektowych. Aplikacja betonu porowatego wymaga zatrudnienia specjalistycznej firmy.

- Asfalt porowaty

Asfalt porowaty (drenażowy) stanowi alternatywę dla konwencjonalnego asfaltu stosowanego w budownictwie drogowym. Ta mieszanka mineralno-asfaltowa dzięki porowatej budowie umożliwia swobodny przepływ wody i powietrza w głębsze partie gleby. Składa się z gruboziarnistych frakcji kruszyw o bardzo wysokiej jakości, odpornych na ścieranie oraz deformacje. Ze względu na obecność wolnych przestrzeni (17–25%) redukowany jest hałas charakterystyczny dla ciągów komunikacyjnych o dużym natężeniu ruchu. W celu zachowania wodoprzepuszczalności konieczne jest wiosenne oczyszczanie nawierzchni z pyłów oraz innych zanieczyszczeń.

Korzyści:

- nie wymaga stosowania systemów odwadniających i zapobiega tworzeniu się kałuż;
- umożliwia szybki i swobodny przepływ wody opadowej i roztopowej do podłoża;
- zapewnia prawidłowe napowietrzenie oraz dopływ wody do systemu korzeniowego roślin;
- wpływa na poprawę jakościową i ilościową wód powierzchniowych i podziemnych;
- stanowi estetyczne rozwiązanie, wpisujące się w lokalny krajobraz;
- łatwe w utrzymaniu czystości, w przypadku powierzchni ażurowych wytrzymałe na mechaniczne czyszczenie;
- nie wymaga kosztownych oraz pracochłonnych czynności pielęgnacyjnych;
- odporne na działanie niskich temperatur oraz sól drogową stosowaną przy odladzaniu;

- rekompensuje powierzchnię biologicznie czynną, zwiększa bioróżnorodność terenów miejskich (tylko te rozwiązania zapewniające roślinność);
- umożliwia rozwój bardziej przyjaznych dla środowiska oraz atrakcyjnych miejsc wypoczynku w przestrzeni miejskiej.

Ograniczenia:

- nawierzchnie żwirowe nie powinny być stosowane na terenach o spadku większym niż 2–2,5% – możliwość wymywania kruszywa;
- powierzchnie zadarnione powinny być stosowane na podłożu przepuszczalnym.

Podstawowe potrzebne materiały:

- żwir o frakcji 5–7 mm;
- żwir o frakcji 8–16 mm;
- biały grys lub inne kruszywo dekoracyjne;
- piasek;
- geowłóknina;
- krawężnik;
- ekokraty;
- nasiona traw;
- ziemia ogrodowa.

Etapy montażu:

Montaż nawierzchni zadarnionej lub żwirowej umocnionej tzw. ekokratami

1. Wytyczyć kształt projektowanej nawierzchni za pomocą palików i sznurka.
2. Wykonać wykop o zaprojektowanej powierzchni oraz głębokości min. 30–40 cm – zależnie od charakteru planowanej nawierzchni.
3. Wykop wzmocnić krawężnikami.
4. Dno wykopu wyrównać oraz zagęścić mechanicznie, np. ubijakiem.
5. Wykop wypełnić warstwą żwiru o granulacji 8–16 mm i miąższości ok. 20–30 cm, a następnie wyrównać i zagęścić.
6. Na warstwie nośnej żwiru wyłożyć geowłókninę.
7. Geowłókninę przysypać warstwą piasku o grubości ok. 2,5–3 cm, którą należy wyrównać i zagęścić. W przypadku nawierzchni zadarnionej zalecana jest mieszanka z gleby ogrodowej z piaskiem i perlitem (dla lepszego wzrostu trawy).
8. Na przygotowanym podłożu ułożyć rzędami kratki, które należy łączyć zaczepami za pomocą młotka gumowego.
9. Podłoże lekko wyrównać, tak aby nie uszkodzić kratek.
10. Kratki wypełniać według uznania żwirem, kruszywem dekoracyjnym lub warstwą ziemi urodzajnej i zasiać trawę.

Zalecenia:

- Grubość warstwy nośnej wykonanej ze żwiru może się różnić w zależności od przewidzianych obciążeń konstrukcji (im większe obciążenia, tym grubsza powinna być warstwa nośna).
- Montaż krat brukowych nie powinien odbywać się w temperaturach poniżej 2˚C.
- Przez cały okres eksploatacji ścianki kratki powinny być całkowicie zasypane kamieniem lub zarośnięte trawą, w przeciwnym razie mogą ulec uszkodzeniu.

Możliwe miejsca zastosowania:

- alejki spacerowe, parkowe;
- ścieżki rowerowe i miejsca postojowe dla rowerów;
- skwery, deptaki, bulwary, place zabaw;
- strefy rekreacyjne;
- aranżacja zewnętrznego otoczenia budynków;
- zielone dachy, tarasy, przydomowe ogródki;
- opaski wokół drzew;
- parkingi dla samochodów osobowych, wjazdy na posesje.



12 Powierzchnia przepuszczalna na parkingu w Malmö (Malmö, E. Burszta-Adamiak)



13 Powierzchnia przepuszczalna z kraty ażurowej (Stalowa Wola, E. Burszta-Adamiak)



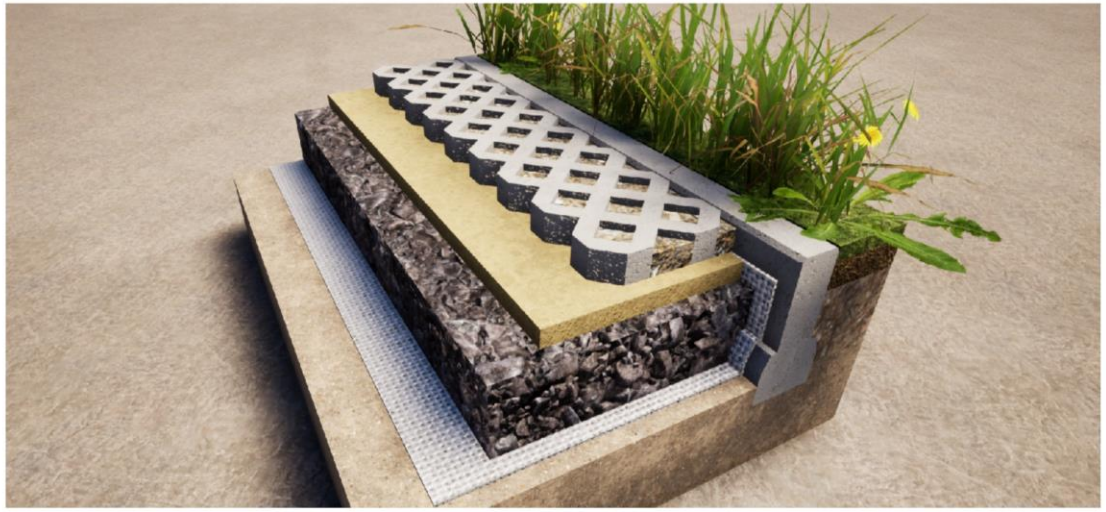
14 Połączenie przepuszczalnej powierzchni z kostki granitowej oraz pokrycia trawiastego (Berlin, K. Lejcuś)

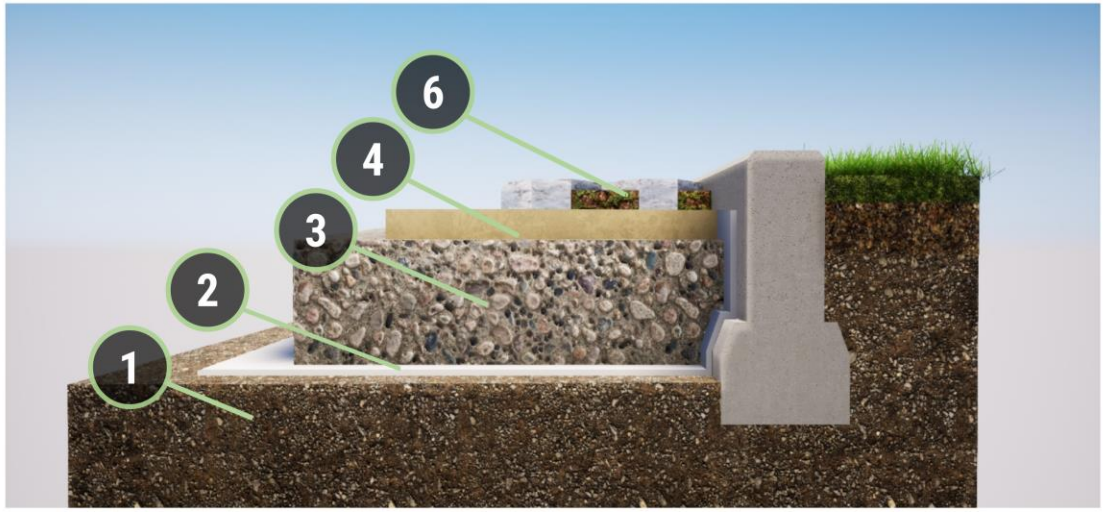


15 Kostka farmerska (Berlin, K. Lejcuś)









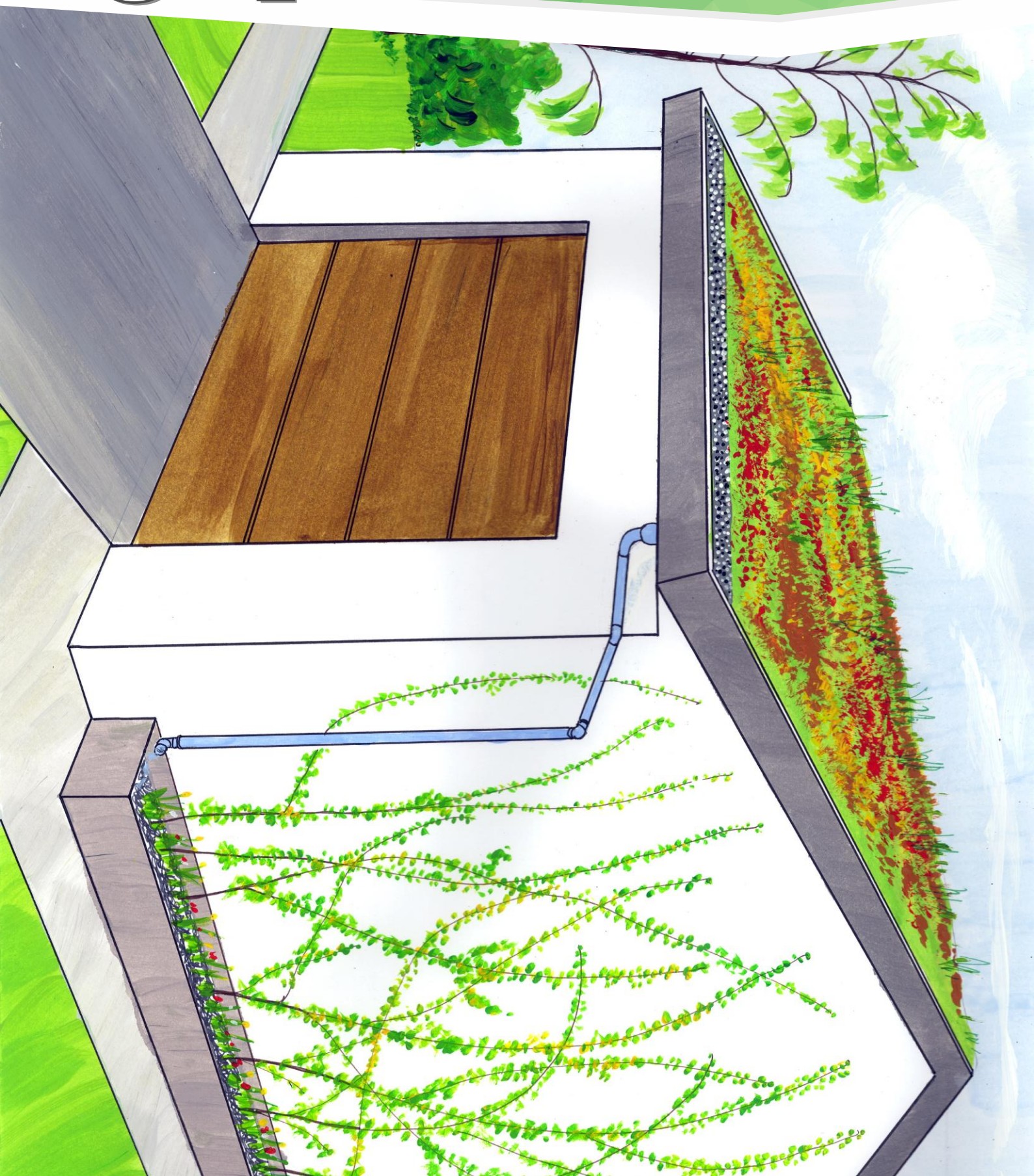




Przykłady nawierzchni przepuszczalnych

Legenda:
1 – grunt rodzimy, 2 – geowłóknina, 3 –tłuczeń lub pospółka, 4 – podsypka piaskowa (grubość warstwy ok. 5 cm), 5 – krata z tworzywa sztucznego wypełniona żwirem lub zadarniona, 6 – betonowa kostka brukowa wypełniona żwirem, 7 – betonowe płyty ażurowe

04 DACH ZIELONY



4. Dach zielony

Opis rozwiązania

Zielony dach to pokrycie dachowe składające się najczęściej z kilku warstw konstrukcyjnych pełniących różne funkcje, z umieszczonym na wierzchu substratem obsadzonym roślinami. Rozwiązań konstrukcyjnych zielonych dachów jest bardzo dużo, zależą one m.in. od typu dachu, jego nachylenia, uwarunkowań wytrzymałościowych stropu oraz lokalizacji i przeznaczenia. Zielone dachy można budować na konstrukcjach stropów i dachów o odpowiedniej nośności konstrukcji i nachyleniu. Dziś dostępne materiały i technologie pozwalają prawidłowo wykonać dach zielony na spadku nawet do 45°. Najczęściej stosowany układ zielonego dachu składa się z następujących warstw:

- warstwa izolacji wodochronnej, zabezpieczająca strop, a tym samym obiekt przed przenikaniem wilgoci z zewnątrz;
- warstwa termoizolacji, która odpowiada za izolację cieplną obiektu;
- warstwa drenażowa, która odpowiada za gromadzenie i odprowadzanie nadmiaru wody opadowej dostającej się na powierzchnię dachu;
- warstwa filtracyjna, która ma zabezpieczać warstwę drenażu przed zanieczyszczeniami;
- warstwa substratu, która umożliwia prawidłowy rozwój roślin;
- roślinność.

Warianty rozwiązania:

Struktura warstw i zastosowane produkty oraz wybrana roślinność na zielonym dachu zależą od specyfiki inwestycji. Podziału zielonych dachów można dokonać według różnych kryteriów. Jednym z nich jest rodzaj zastosowanej roślinności. Według tego kryterium dachy zielone dzieli się na ekstensywne i intensywne.

- Dachy ekstensywne

To dachy o funkcji ekologicznej, a nie użytkowej. W układzie, poza warstwami spełniającymi funkcje ochronne i drenażowe, znajduje się cienka warstwa substratu porośniętego roślinnością z płytkim systemem korzeniowym oraz niedużymi wymaganiami pielęgnacyjnymi. Roślinność ta (typu rojniki, rozchodniki) jest odporna na dłuższy brak wody (okresy bezopadowe) oraz wysokie temperatury, silniejsze wiatry, czyli trudniejsze warunki atmosferyczne, które mogą wystąpić na dachach. Mała masa podłoża glebowego pozwala na zakładanie roślinnego dachu bez dużej ingerencji w konstrukcję budynku. Dachy te są znacznie tańsze i łatwiejsze do wykonania niż dachy intensywne.

- Dachy intensywne

Mają charakter ogrodów i pełnią funkcje rekreacyjne. Są zazwyczaj płaskie z możliwością użytkowania przez ludzi. Ich rozbudowana konstrukcja z grubą warstwą substratu (dochodzącą nawet do 2 m lub więcej) pozwala na sadzenie krzewów, drzew, czyli roślin bardziej wymagających pod względem uprawy. Konstrukcja dachu intensywnego musi być przygotowana na przyjmowanie dodatkowych obciążeń pochodzących np. od obiektów małej architektury, takich jak ławki, oczka wodne, place zabaw lub ciągi pieszo-jezdne.

- Dachy półintensywne

Stanowią wariant pośredni pomiędzy dachem ekstensywnym a intensywnym. Z reguły w tych rozwiązaniach nieco grubsza warstwa substratu (powyżej 15 cm) niż w rozwiązaniach ekstensywnych zapewnia przestrzeń życiową bardziej wymagającym roślinom (np. łąki kwietne, pnącza, wiciokrzewy, a nawet małe krzewy). Są to jednak nadal rośliny mniej wymagające pod względem pielęgnacji i nawadniania niż te sadzone na dachach intensywnych. Rozwiązanie to jest często stosowane jako element dekoracyjny w przypadku widocznych dachów.

- Dachy nieocieplone i dachy docieplone

Dachy zielone mogą być wykonywane zarówno na dachach nieocieplonych, jak i docieplonych. **Dachy nieocieplone** nie mają warstwy izolacji termicznej, a **dachy docieplone** mają taką warstwę. Jeżeli warstwa izolacji wodochronnej umieszczona jest pod warstwą termoizolacji taki dach nazywa się **dachem odwróconym**. Ten rodzaj dachów jest najbardziej rozpowszechnioną technologią w budownictwie w Polsce ze względu na bardzo dobrą ochronę izolacji wodochronnej, wydłużenie okresu jej użytkowania oraz zabezpieczenie przed skokami temperatury i krótszy czas wykonania dachu.

W ofercie firm dostarczających technologie zielonych dachów dostępne są także systemy wyróżniające się zwiększonymi możliwościami zatrzymywania wody w konstrukcji dachu, czyli **zielone dachy retencyjne**. Dzięki zastosowanym elementom zatrzymującym czasowo większe ilości wody w czasie opadu i opóźniającym spływ z dachu usprawniają gospodarowanie wodą opadową w przestrzeni urbanistycznej.

We współczesnych rozwiązaniach zielonych dachów coraz częściej dąży się do tego, aby przyczyniły się one do zwiększenia **bioróżnorodności w środowisku miejskim**. Jest wiele sposobów, aby tak się stało. Do najczęściej stosowanych metod należy różnicowanie grubości warstw substratu, a tym samym zaplanowanie różnic w konstrukcji instalacji, wykonanie niewielkich rozmiarów zagłębień, które mogą gromadzić przez dłuższy czas wodę opadową lub roztopową (siedlisko dla niektórych zwierząt i poidło dla ptaków i owadów), oraz zastosowanie zróżnicowanego doboru gatunkowego roślin (np. wybór roślin przystosowanych do różnych miąższości podłoży, dedykowany wabieniu niektórych owadów, np. motyli czy pszczół itp.). Kształtowanie siedlisk za pomocą dodatkowych elementów takich jak obumarłe konary drzew, kamienie, na których żyją przede wszystkim mchy, porosty, grzyby, chrząszcze, dzikie pszczoły czy mrówki, oraz wykonywanie budek lęgowych to kolejne przykłady ukierunkowane na wzrost różnorodności gatunkowej na zielonym dachu.

Korzyści:

- zwiększają walory estetyczne otoczenia;
- umożliwiają retencjonowanie wód opadowych, spowalniają spływy z dachów, przez co przyczyniają się do odciążenia systemów kanalizacyjnych w czasie opadów;
- łagodzą klimat miejski (zmniejszają efekt miejskiej wyspy ciepła, zwiększają wilgotność powietrza, poprawiają mikroklimat);
- zwiększają bioróżnorodność flory i fauny w przestrzeniach miejskich;
- zwiększają izolację akustyczną (dach bardzo dobrze tłumi hałasy z zewnątrz);
- polepszają izolację termiczną (zielony dach latem chroni budynek przed nadmiernym nagrzewaniem, a zimą zabezpiecza przed wychładzaniem się obiektu, w ten sposób zmniejszając jego energochłonność, szczególnie tam, gdzie stosowane są klimatyzatory);
- zwiększają efektywność działania paneli słonecznych;
- chronią pokrycie dachowe przed wpływami zewnętrznymi, takimi jak wahania temperatury, słońce, deszcz i wiatr;
- zwiększają ognioodporność pokrycia dachu;
- oczyszczają powietrze atmosferyczne z zanieczyszczeń, dostarczają tlen do otoczenia;
- stanowią powiększenie terenu biologicznie czynnego działki (w polskich uwarunkowaniach prawnych w 50%, dzięki temu można zabudować większą powierzchnię działki, zyskując większy zwrot z inwestycji).

Ograniczenia:

- koszty wykonania zazwyczaj są wyższe od tradycyjnego pokrycia dachu (dachówka, papa itp.);
- duży ciężar konstrukcji nośnej, szczególnie w przypadku zielonych dachów intensywnych, co ogranicza ich zastosowanie na niektórych budynkach;
- potrzeba prowadzenia zabiegów pielęgnacyjnych w czasie eksploatacji, związanych głównie z utrzymaniem roślinności w dobrej kondycji.

Podstawowe potrzebne materiały:

- materiały do wykonania poszczególnych warstw konstrukcyjnych zielonego dachu (zgodnie z projektem technicznym);
- elementy dla odwodnienia dachu, np. wpusty deszczowe; nadstawki rewizyjne nad wpusty, rynny itp.;
- żwir płukany o granulacji 16–32 mm z przeznaczeniem na wykonanie opaski żwirowej;
- obrzeża, profile perforowane, kątowniki;
- w przypadku zielonych dachów wykonywanych na dachach skośnych niezbędne jest zastosowanie dodatkowych elementów takich jak progi, nośniki przeciwślizgowe, które zabezpieczają przed osunięciem;
- system asekuracyjny dla zapewnienia bezpieczeństwa osobie przebywającej na dachu, wykonującej zabiegi pielęgnacyjne lub konserwacyjne.

Etapy montażu:

Przed montażem dachu zielonego zawsze należy skonsultować się z architektem w celu oceny, czy budynek/strop, na którym ma być wykonany dach zielony, ma odpowiednią wytrzymałość konstrukcyjną.

1. Oczyścić dokładnie powierzchnię dachu/stropu, w szczególności usunąć ostre przedmioty.
2. Ułożyć poszczególne warstwy konstrukcyjne według kolejności z projektu (np. warstwę izolacji wodochronnej, termicznej, ochronną, drenażową, filtracyjną itp.). Należy zwrócić uwagę na to, aby warstwa izolacji wodochronnej była odporna na przerastanie przez korzenie roślin.
3. Przed rozsypaniem warstwy substratu umieścić elementy odwadniające dach, tj. wpust deszczowy, skrzynkę kontrolną itp., wykonując opaskę żwirową wokół nich.
4. Rozłożyć równomiernie na dachu substrat o specjalnym przeznaczenia na zielony dach – należy pamiętać, że na dachu nie można stosować ziemi ogrodowej lub z wykopu!
5. Roślinność: w zależności od tego, jak szybko chcemy uzyskać efekt zazielenienia dachu, można zastosować różne warianty nasadzeń, tj. hydroobsiew, pędy, np. rozchodników, sadzonki różnych gatunków roślin, prekultywowane maty wegetacyjne.

Proponowany powyżej układ warstw jest tylko przykładowym rozwiązaniem. Ich różnorodność pozwala na podejście indywidualne do każdego projektu. Szczególnej uwagi przy wykonywaniu wymagają prace przy układaniu izolacji wodochronnej. Należy bezwzględnie unikać jej uszkodzenia w trakcie montażu. Przy mniejszych inwestycjach, takich jak zazielenianie dachu garażu, wiaty śmietnikowej, altany, zielony dach można wykonać samodzielnie. Przy większych należy powierzyć to zadanie specjalistom. Każdorazowo projekt dachu zielonego wymaga konsultacji z doradcą od projektowania i wykonywania zielonych dachów.

Możliwe miejsca zastosowania:

- budownictwo mieszkaniowe;
- obiekty przemysłowe;

- hotele, restauracje, kawiarnie;
- handlowe nieruchomości inwestycyjne;
- obiekty edukacyjne, np. szkoły, przedszkola;
- budynki służby zdrowia, np. szpitale, przychodnie;

Propozycje kompozycji roślin z uwzględnieniem miejsca nasadzeń

W tabelach zaprezentowano miesiące kwitnienia roślin oraz przybliżoną barwę ich kwiatów.

Zestaw D.1 – rośliny odporne na suszę (kserofity) na dach półintensywny

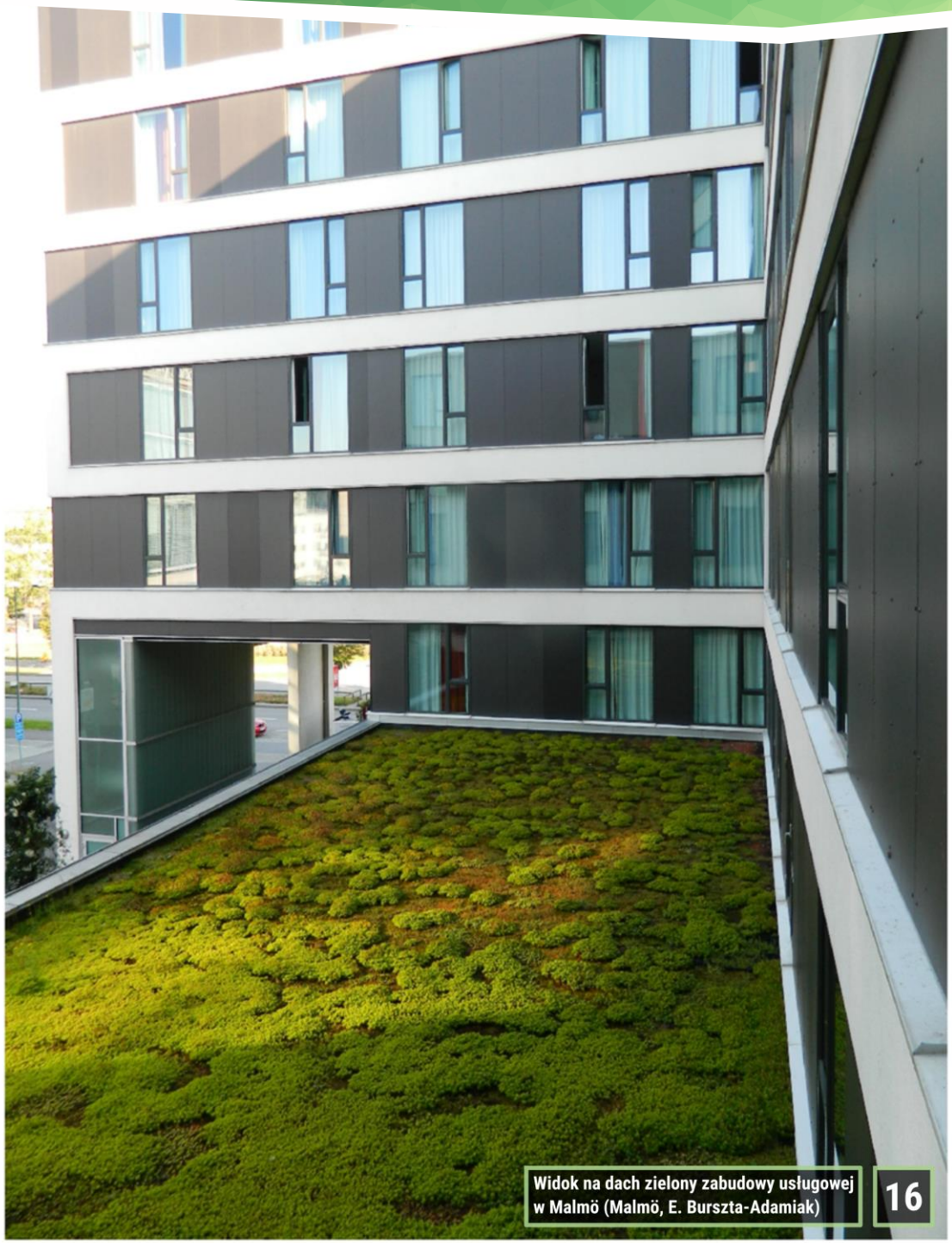
Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Goździk kartuzek *Dianthus carthusianorum*							
Przelot pospolity *Anthyllis vulneraria*							
Driakiew gołębia *Scabiosa columbaria*							
Driakiew żółtawa *Scabiosa ochroleuca*							
Goryczka krzyżowa *Gentiana cruciata*							
Szałwia okręgowa *Salvia verticillata*							
Pajęcznica gałęzista *Anthericum ramosum L.*							
Posłonek rozesłany *Helianthemum nummularium*							

Zestaw D.2 – rośliny odporne na suszę (kserofity) na dach półintensywny nr 2 (ekspansywne)

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Goździk kartuzek *Dianthus carthusianorum*							
Szałwia łąkowa *Salvia pratensis*							
Sparceta siewna *Onobrychis viciifolia*							
Rumian żółty *Anthemis tinctoria*							
Dzwonek skupiony *Campanula glomerata*							
Przytulia biała *Galium album*							
Przetacznik kłosowy *Veronica spicata*							
Posłonek rozesłany *Helianthemum nummularium*							

Zestaw E – rośliny odporne na suszę (kserofity) na dach ekstensywny

Nazwa polska *Nazwa łacińska*	Miesiąc kwitnienia						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Czosnek szczypiorek *Allium schoenoprasum*							
Wilczomlecz sosnka *Euphorbia cyparissias*							
Lucerna siewna *Medicago sativa*							
Nostrzyk żółty *Melilotus officinalis*							
Żmijowiec zwyczajny *Echium vulgare*							
Farbownik lekarski *Anchusa officinalis*							
Rozchodnik biały *Sedum album*							
Rozchodnik ostry *Sedum acre*							



Widok na dach zielony zabudowy usługowej w Malmö (Malmö, E. Burszta-Adamiak) 16



17 Dach zielony na budynku centrum handlowego Wroclavia we Wrocławiu (Wrocław, E. Burszta-Adamiak)



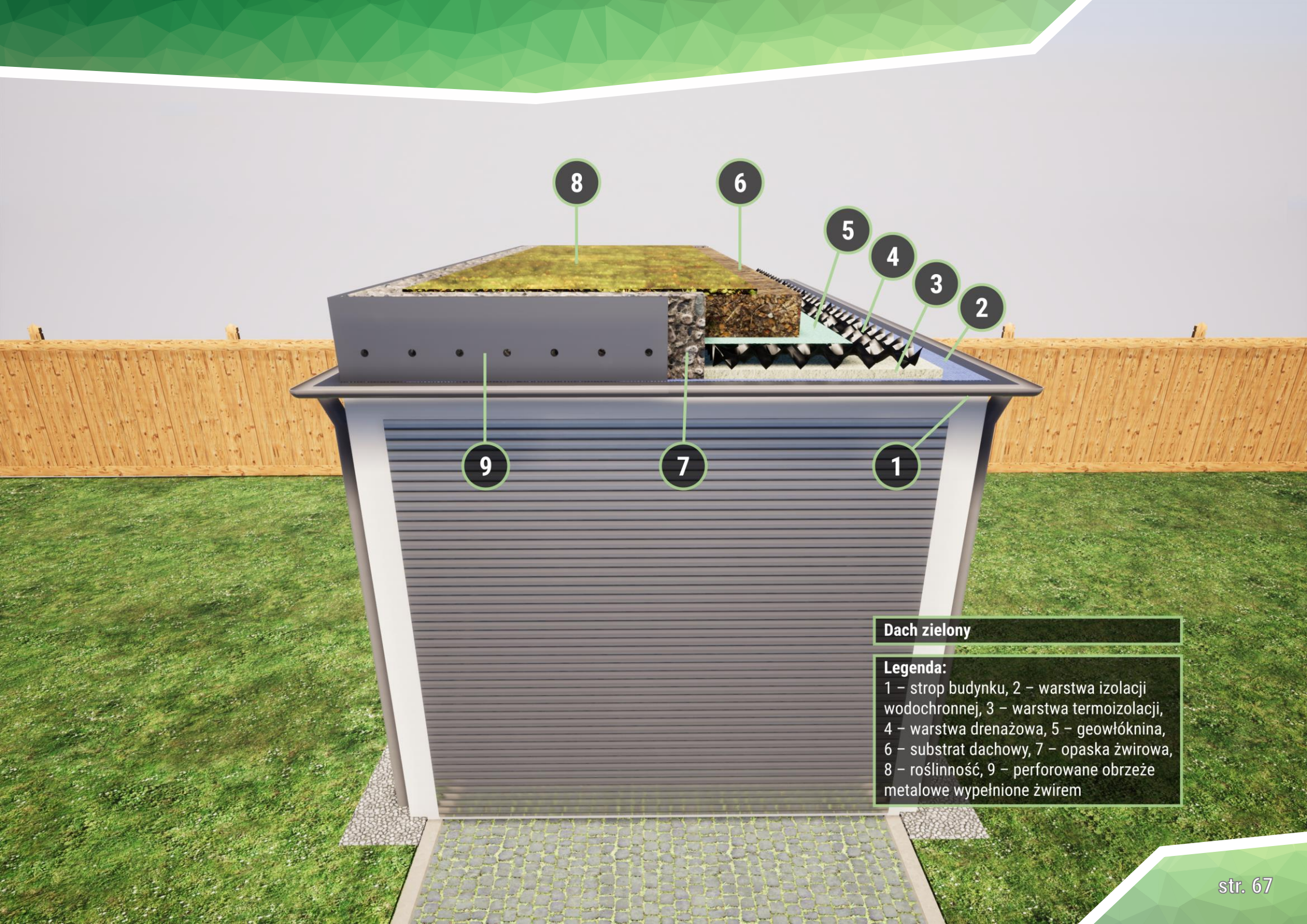
Przykład konstrukcyjnie prostego dachu zielonego na garażach samochodowych (Londyn, K. Lejcuś) 18



Możliwa do uzyskania bioróżnorodność dachu zielonego (Polska, K. Wróblewska) 19



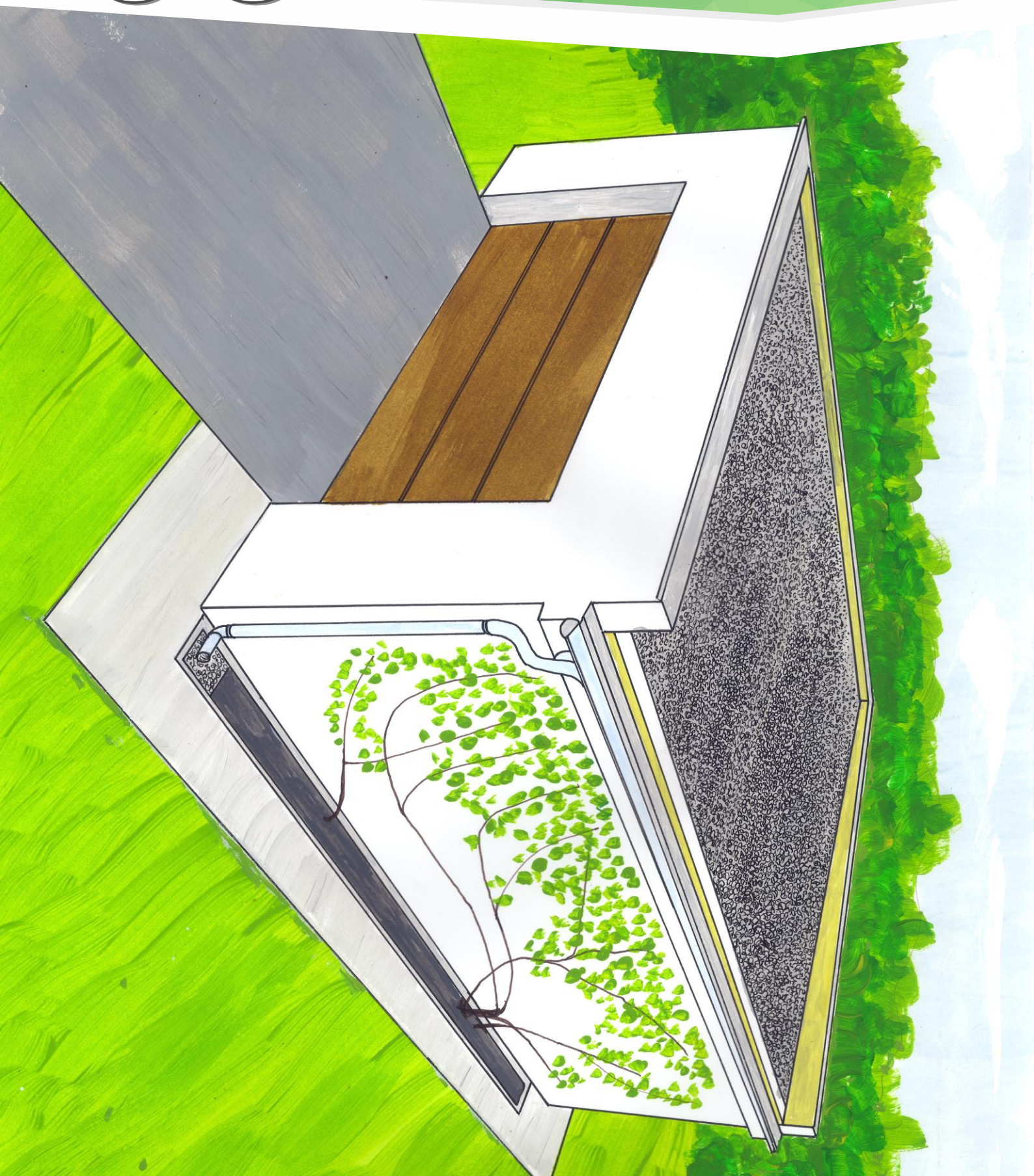
20 Dach zielony na osiedlu Augustenborg w Malmö (Malmö, E. Burszta-Adamiak)



Dach zielony

Legenda:
1 – strop budynku, 2 – warstwa izolacji wodochronnej, 3 – warstwa termoizolacji, 4 – warstwa drenażowa, 5 – geowłóknina, 6 – substrat dachowy, 7 – opaska żwirowa, 8 – roślinność, 9 – perforowane obrzeże metalowe wypełnione żwirem

05 DACH ŻWIROWY



5. Dach żwirowy (balastowy)

Opis rozwiązania

Dach żwirowy jest jednym z rodzajów dachów balastowych. Wykonuje się go na dachach płaskich. Balastem w tego typu rozwiązaniu jest żwir płukany o frakcji 16/32 mm (ewentualnie o większym uziarnieniu). Poszczególne warstwy stropodachu ułożone są w sposób luźny (bez zakotwiczania do stropu ani łączenia ze sobą), a ich utrzymanie w danym miejscu na dachu gwarantuje dociążenie powierzchni tzw. balastem.

Jako balastu zamiast warstwy żwiru można również zastosować płyty kamienne i gresowe oraz tarasy drewniane. Dachy żwirowe nie mogą być użytkowane przez ludzi. Korzystanie z nich jest możliwe tylko w czasie prac konserwacyjnych przez ograniczoną liczbę osób.

Warianty rozwiązania:

Dachy żwirowe mogą być wykonywane w dwóch wersjach konstrukcji (tradycyjnej i dachu odwróconego). Koncepcja dachu odwróconego polega na zastosowaniu odwrotnej kolejności nakładania poszczególnych warstw hydro- i termoizolacyjnych. Warstwa izolacji wodochronnej znajduje się pod warstwą termoizolacji. Przykładowy układ warstw zestawiono poniżej:

Układ warstw od dołu (układ tradycyjny):

1. warstwa paroizolacji;
2. warstwa termoizolacji;
3. warstwa izolacji wodochronnej;
4. geowłóknina ochronna;
5. żwir płukany o uziarnieniu 16/32 mm.

Układ warstw od dołu (układ dachu odwróconego):

1. warstwa izolacji wodochronnej;
2. warstwa termoizolacji;
3. geowłóknina ochronna;
4. żwir płukany o uziarnieniu 16/32 mm.

Uwaga!!! Nie na każdym dachu płaskim można wykonać dach żwirowy. Możliwość jego zastosowania musi być poprzedzona obliczeniami konstruktora odnośnie do przeniesienia obciążenia przez strop/konstrukcję dachu. Każdorazowo należy określić ciężar balastu i strefy dociążenia dla dachu.

Masa balastu (np. żwiru) powinna być obliczona w zależności od obciążenia wiatrem (według normy PN-EN 1991-1-4:2008 na terenie Polski istnieją 3 strefy obciążenia wiatrem). Wartość ciężaru podawana jest w dokumentacji projektowej. Grubości warstwy żwiru nie należy nigdy zmniejszać, aby nie doszło do awarii w czasie użytkowania dachu, np. do poderwania warstw izolacyjnych. Masy balastu nie można również zwiększać, aby nie powodować nadmiernego obciążenia konstrukcji dachu.

Uwaga!!! Do masy balastu przy projekcie dachu żwirowego należy doliczyć w uwarunkowaniach polskich także obciążenie śniegiem.

Korzyści:

- wyeliminowanie łączenia ze sobą termoizolacji i izolacji wodochronnej zapewnia zachowanie ciągłości i szczelności poszczególnych warstw konstrukcyjnych (w tradycyjnych/zwykłych dachach płaskich termoizolacja i izolacja wodochronna mocowane są do podłoża za pomocą kotw);
- żwir dodatkowo chroni warstwę izolacji wodochronnej przed uszkodzeniami mechanicznymi;
- poprawa właściwości termicznych dachu (warstwa żwiru ogranicza nadmierne nagrzewanie stropu dachu);
- warstwa żwiru zabezpiecza pokrycia dachowe przed szkodliwym oddziaływaniem promieniowania słonecznego, szczególnie promieniowania UV;

- poprawa warunków akustycznych w budynkach (żwir/balast jest w stanie skutecznie chłonąć dźwięki i ograniczać ich rozprzestrzenianie się w budynku);
- ognioodporność dachu, tzn. z uwagi na ułożony balast (żwir) dachy te nie podlegają badaniom pod kątem ognia przenoszonego z zewnątrz;
- prace mogą być prowadzone w różnych warunkach pogodowych, co przyspiesza termin ich wykonania;
- układ warstw spowolnia spływ wody opadowej.

Ograniczenia:

- zwiększenie obciążenia oddziałującego na konstrukcję obiektu.

Podstawowe potrzebne materiały:

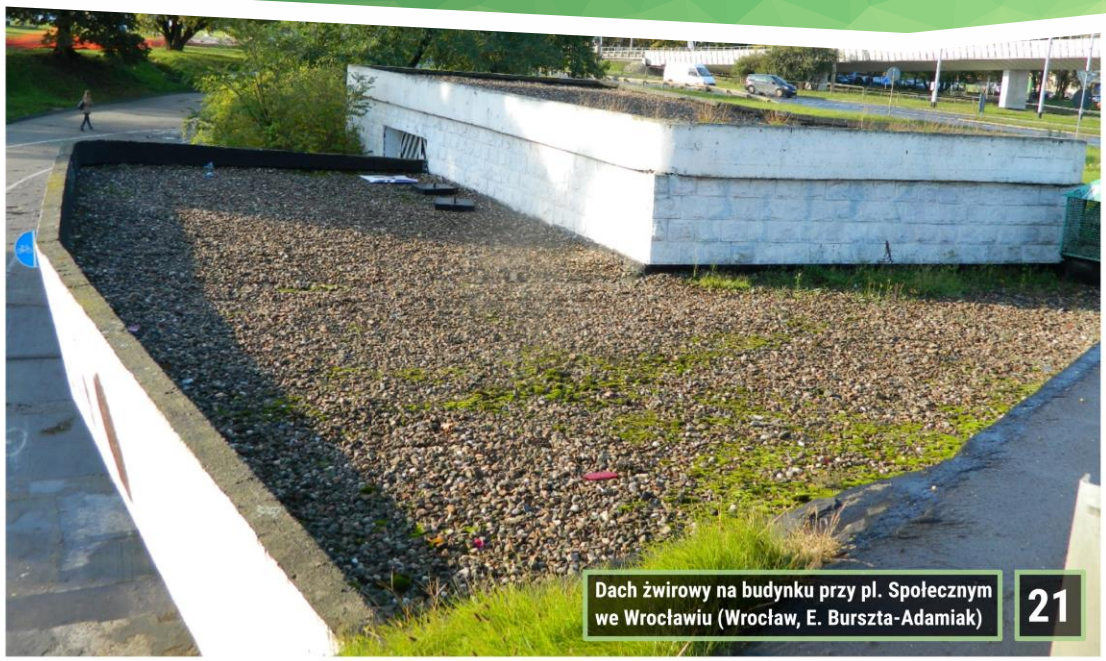
- warstwa paroizolacji, np. folia paroizolacyjna PE klejona w zakładzie;
- warstwa termoizolacji, np. styropianowe płyty pokryte folią polipropylenową EPS 100;
- izolacja przeciwwodna (do wyboru folie PCW i EPDM, pokrycia bitumiczne, masy asfaltowe);
- geowłóknina polipropylenowa (PP) o gramaturze ok. 300 g/m^2;
- żwir płukany o uziarnieniu 16/32 mm.

Etapy montażu:

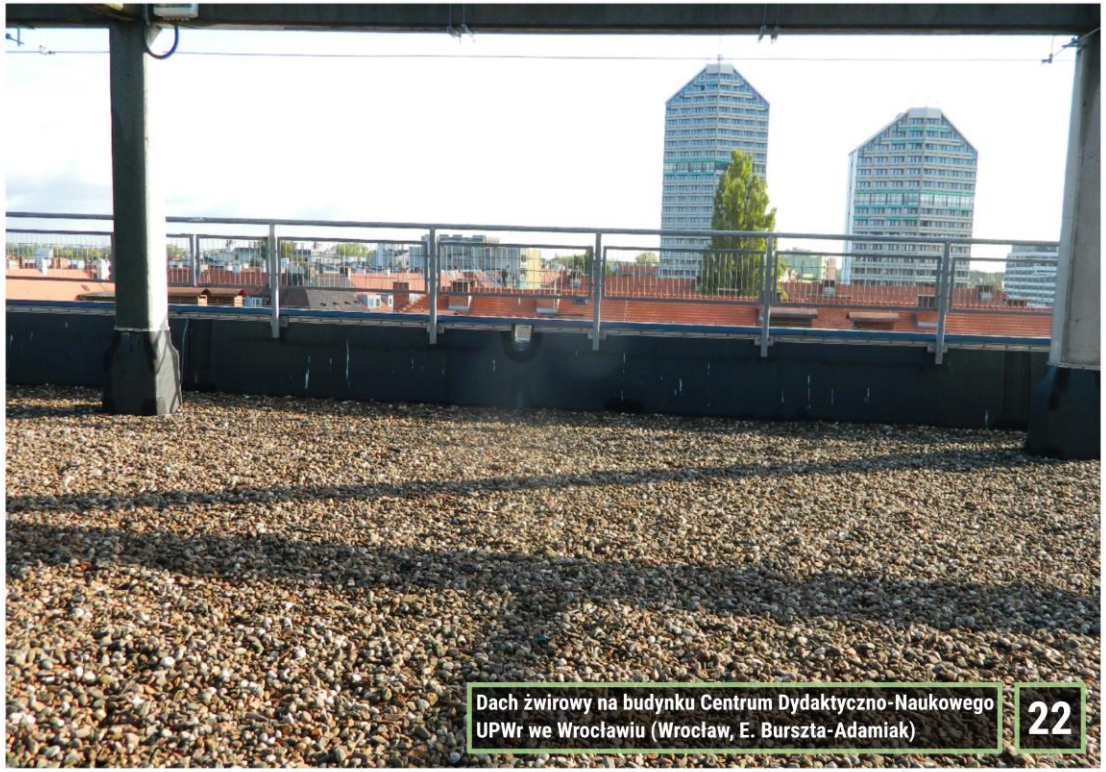
1. Wyprofilować podłoże pod warstwę izolacji wodochronnej (zachowanie spadków w kierunku odpływów wody deszczowej).
2. Przed ułożeniem kolejnych warstw wykonać próbę szczelności (próbę wodną) izolacji wodochronnej (zalanie całego dachu wodą na okres co najmniej 3 dni).
3. Ułożyć warstwę termoizolacji (w przypadku dachu odwróconego na warstwie izolacji wodochronnej).
4. Ułożyć warstwę rozdzielającą (najczęściej geowłókninę, która zapobiega zamulaniu, tzn. przedostawaniu się drobnych frakcji z warstwy żwirowej do warstw znajdujących się poniżej).
5. Ułożyć warstwę dociążającą (balastową), którą w przypadku dachu żwirowego może stanowić żwir płukany o uziarnieniu 16–32 mm i minimalnej grubości warstwy 50 mm.

Możliwe miejsca zastosowania:

- dachy płaskie.



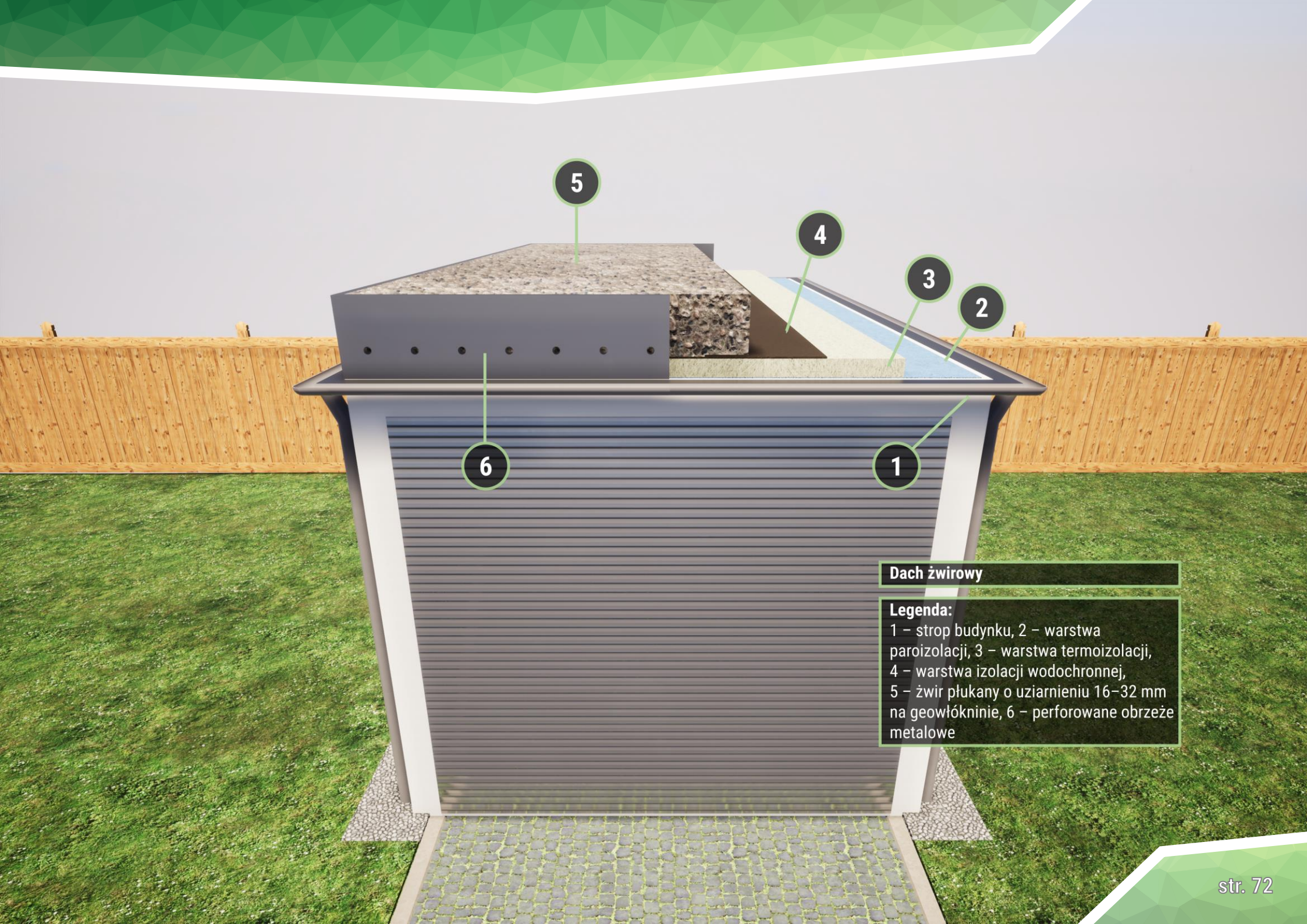
Dach żwirowy na budynku przy pl. Społecznym we Wrocławiu (Wrocław, E. Burszta-Adamiak) 21



Dach żwirowy na budynku Centrum Dydaktyczno-Naukowego UPWr we Wrocławiu (Wrocław, E. Burszta-Adamiak) 22



23 Dach żwirowy na budynku usługowym w Kopenhadze (Kopenhaga, E. Burszta-Adamiak)


5
4
3
2
6
1
Dach żwirowy
Legenda:
1 – strop budynku, 2 – warstwa paroizolacji, 3 – warstwa termoizolacji, 4 – warstwa izolacji wodochronnej, 5 – żwir płukany o uziarnieniu 16–32 mm na geowłókninie, 6 – perforowane obrzeże metalowe

06 OBIEKT HYDROFITOWY



6. Obiekt hydrofitowy

Opis rozwiązania

Obiekty hydrofitowe stanowią sztucznie utworzone tereny wodne lub bagienne, które są powszechnie uważane za filtry biologiczne, zapewniające ochronę zasobów wodnych. W ostatnich latach są coraz chętniej stosowane w celu ograniczenia przedostawania się zanieczyszczeń z wód opadowych do wód gruntowych lub powierzchniowych. Woda opadowa zasilająca urządzenia zwykle pochodzi z silnie zanieczyszczonych powierzchni utwardzonych, w tym ulic i parkingów.

Obiekty hydrofitowe zależnie od sposobu przepływu wody w układzie można podzielić na dwie grupy: z przepływem powierzchniowym lub podpowierzchniowym (pionowym i poziomym). Bez względu na typ urządzenia są zaprojektowane tak, aby naśladować prace naturalnych mokradeł, a ich konstrukcja stanowiła siedliska lokalnej flory i fauny oraz atrakcyjne miejsce rekreacyjne dla ludzi.

Warianty rozwiązania:

- Obiekt hydrofitowy z przepływem podpowierzchniowym

Zgodnie z kierunkiem przepływu wody w układzie obiekty hydrofitowe z przepływem podpowierzchniowym można podzielić na typy o pionowym lub poziomym przepływie, które mogą być połączone w jeden system (hybrydowy) o bardzo wysokiej skuteczności usuwania zanieczyszczeń.

W systemie z przepływem pionowym ścieki doprowadza się od góry, następnie grawitacyjnie przenikają w głębsze warstwy i są odprowadzane z systemu przez drenaż. W układzie o przepływie poziomym ścieki doprowadzane są do systemu rozprowadzającego, a następnie przepływają przez materiał filtracyjny równolegle do powierzchni. Na końcu układu znajduję się rura odprowadzająca podczyszczony odpływ z układu.

Niezależnie od sposobu pracy konstrukcja obiektu hydrofitowego jest zbliżona. Pierwszym etapem oczyszczania ścieków jest osadnik, w którym zatrzymywane są zanieczyszczenia ulegające sedymentacji (opadanie cząstek rozproszonych w cieczy). Cała konstrukcja obiektu sprowadza się do zaprojektowania zbiornika uszczelnionego folią, matą bentonitową lub gliną. Wnętrze złoża wypełnione jest najczęściej piaskiem lub żwirem o granulacji 2–8 mm oraz miąższości warstwy 0,6–1,2 m. Na dnie konstrukcji znajdują się rury odwadniające obiekt, otoczone grubszymi frakcjami żwiru, aby zapewnić stały odbiór oczyszczonych ścieków. W złożu nasadzone są rośliny hydrofitowe (roślinność wodna lub bagienna), które odgrywają kluczową rolę w usuwaniu zanieczyszczeń, w tym metali ciężkich. Najczęściej stosowanymi roślinami są: trzcina (*Phragmites australis*), pałka szerokolistna (*Typha latifolia*), oczeret (Schoenoplectus lacustris) oraz wiklina (*Salix viminalis*).

- Obiekt hydrofitowy z przepływem powierzchniowym

Obiekty hydrofitowe z przepływem powierzchniowym wyglądem przypominają stawy deszczowe, różnią się głównie głębokością wody w poszczególnych strefach i powiązanym z tym doborem roślinności. Obiekt składa się z uszczelnionej, płytkiej sadzawki zapobiegającej wyciekaniu wód do warstwy wodonośnej. Wody przedostają się do systemu od góry, a następnie przepływają poziomo przez warstwy filtracyjne. Swobodny przepływ wody pozwala na symulacje warunków naturalnego mokradła, co wpływa na różnorodność dzikiej fauny i flory. Ten typ rozwiązania wymaga najczęściej dużej powierzchni, nie mniejszej niż 1,5% powierzchni odwadnianej. Powoduje to pewne ograniczenia w zastosowaniu tego typu rozwiązań, jednak odpowiednio zaprojektowany i utrzymywany obiekt może stanowić cenny element krajobrazu.

Korzyści:

- bardzo wysoka skuteczność w oczyszczaniu zanieczyszczonych spływów wód opadowych, przy zastosowaniu naturalnych procesów;
- skuteczna redukcja zanieczyszczeń w przypadku przyjęcia wód opadowych z dużych powierzchni uszczelnionych i mocno zanieczyszczonych;

- możliwość oczyszczania ścieków w miejscu ich powstawania;
- możliwość zastosowania na terenach z wysokim poziomem wód gruntowych;
- redukcja zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do kanalizacji deszczowej;
- pozytywny wpływ na bioróżnorodność flory i fauny;
- odpowiednio zwymiarowane i zbudowane obiekty są skuteczne w kontrolowaniu wielkości odpływu, co przekłada się na bezpieczeństwo powodziowe poniżej obiektu;
- redukcja zjawiska miejskiej wyspy ciepła poprzez obniżenie temperatury oraz zwiększenie wilgotności powietrza;
- poprawa jakości powietrza – filtracja zanieczyszczonego powietrza, a także zmniejszenie stężenia CO_2;
- zwiększenie walorów estetycznych obszarów miejskich;
- poprawa jakości życia, zdrowia oraz samopoczucia mieszkańców;
- roślinność hydrofitowa nie wymaga szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych oraz nawożenia;
- stosunkowo proste w obsłudze i eksploatacji.

Ograniczenia:

- wymaga dużej powierzchni;
- wysokie koszty wykonania;
- wymaga starannego zaprojektowania i wykonania, aby zapewnić wysoką skuteczność oczyszczania;
- jakość wody w obiekcie może podlegać sezonowej zmienności;
- wymaga okresowych kontroli oraz usuwania osadów.

Potrzebne materiały:

- rura drenarska perforowana;
- rura doprowadzająca;
- rura odprowadzająca;
- folia PVC, mata bentonitowa lub glina;
- geowłóknina;
- żwir o granulacji 8–16 mm;
- piasek lub żwir o granulacji 2–8 mm;
- roślinność hydrofitowa, np. trzcina.

Etapy montażu:

1. Wybrać odpowiednią lokalizację obiektu – 5 m od budynków, aby uniknąć gromadzenia wody w pobliżu fundamentów.
2. Określić powierzchnię obiektu hydrofitowego. W przypadku urządzenia o przepływie powierzchniowym zaleca się projektowanie obiektów nie mniejszych niż 2% odwadnianej powierzchni. W przypadku obiektów o przepływie podpowierzchniowym minimalna powierzchnia złoża dla pojedynczego gospodarstwa nie powinna być mniejsza niż 16 m^2.
3. Wykonać wykop o głębokości 0,8–1,5 m i wielkości zaprojektowanej powierzchni.
4. Oczyścić wykop z większych i ostrych kamieni. Uszczelnić dno zbiornika folią, matą bentonitową lub gliną. Membrana powinna być chroniona geowłókniną po obu stronach.
5. Na dnie zabezpieczonego wykopu wysypać warstwę drenażową o miąższości 20 cm zbudowaną z gruboziarnistego żwiru (o granulacji 8–16 mm).
6. Umieścić rurę odprowadzającą połączoną z przelewem.

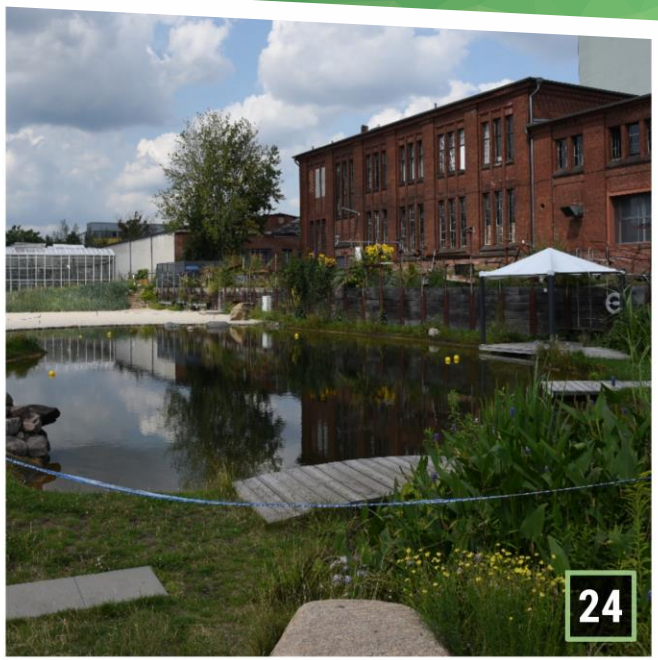
7. Wnętrze wykopu wypełnić piaskiem lub żwirem o granulacji 2–8 mm oraz miąższości warstwy 0,6–1,2 m.
8. Umieścić rurę doprowadzającą ścieki ze spadkiem 1,5–2% na stałej wysokości zbiornika.
9. Wierzchnia warstwa podłoża powinna znajdować się 20–30 cm poniżej górnej krawędzi urządzenia oraz 30 cm poniżej lustra wody, aby zapewnić miejsce na rozrastanie się roślin. Liczba sadzonek, które umieszcza się w najwyższej warstwie filtracyjnej, w przypadku trzciny wynosi najczęściej 4 szt./m^2.

Zalecenia:

- Obiekt należy zlokalizować w miejscu, w którym możliwy jest systematyczny dopływ wód powierzchniowych oraz pochodzących z odwodnienia.
- Rury powinny być zakopane poniżej głębokości przemarzania gruntów (dla Wrocławia 0,8 m).
- Należy zapewnić bufor rozciągający się mniej więcej na 2 m na zewnątrz urządzenia. Stałe konstrukcje nie powinny być budowane w obrębie bufora.
- W przypadku otwartych zbiorników o swobodnym zwierciadle wody zaleca się stosowanie stref o różnych głębokościach i roślinności, tak aby zwiększyć sprawność urządzenia.
- W celu zwiększenia skuteczności oczyszczania zaleca się stosować przed właściwym zbiornikiem osadnik, w którym zatrzymywane są zanieczyszczenia ulegające sedymentacji (opadanie cząstek rozproszonych w cieczy).
- W przypadku złóż pionowych wymagana jest zazwyczaj pompa, która co jakiś czas dozuje ścieki na złoże.

Możliwe miejsca zastosowania:

- parki;
- osiedla z zabudową jedno- i wielorodzinną;
- przydomowe ogrody, tereny gospodarstw agroturystycznych;
- miejsca odprowadzania wód opadowych z autostrad, dróg, parkingów oraz lotnisk.


24

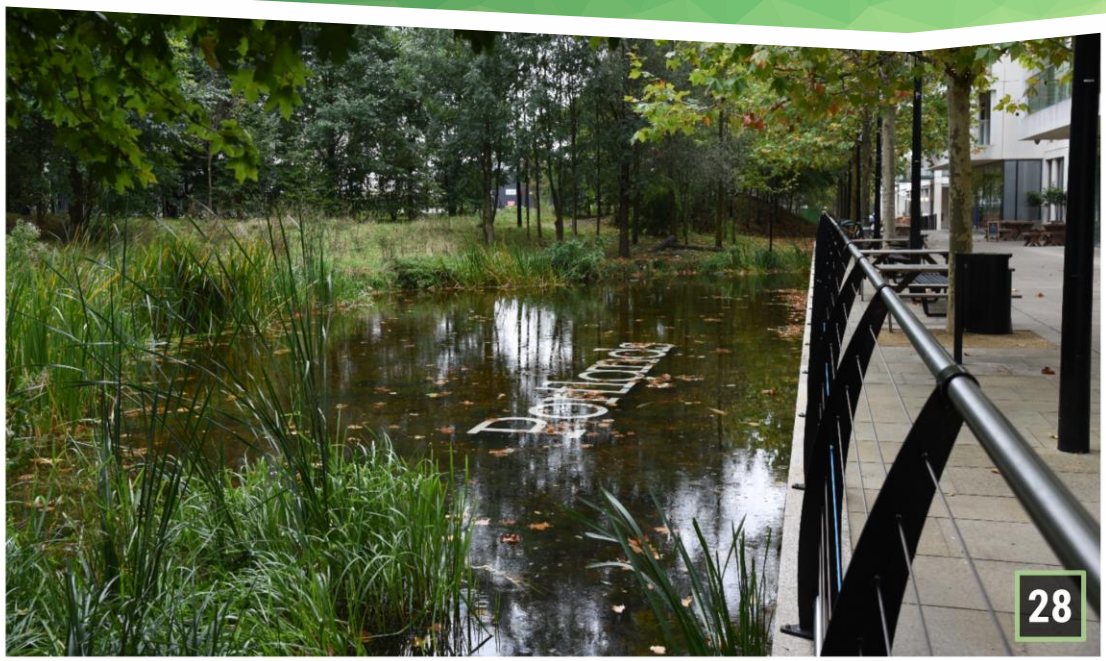

25


26

Fot. 24–27. Ogród hydrofitowy w Berlinie, na zdjęciu 27 widoczna tablica informacyjna (Berlin, K. Lejcuś)



27





Fot. 28–30. Ogród hydrofitowy w Londynie (Londyn, K. Lejcuś)

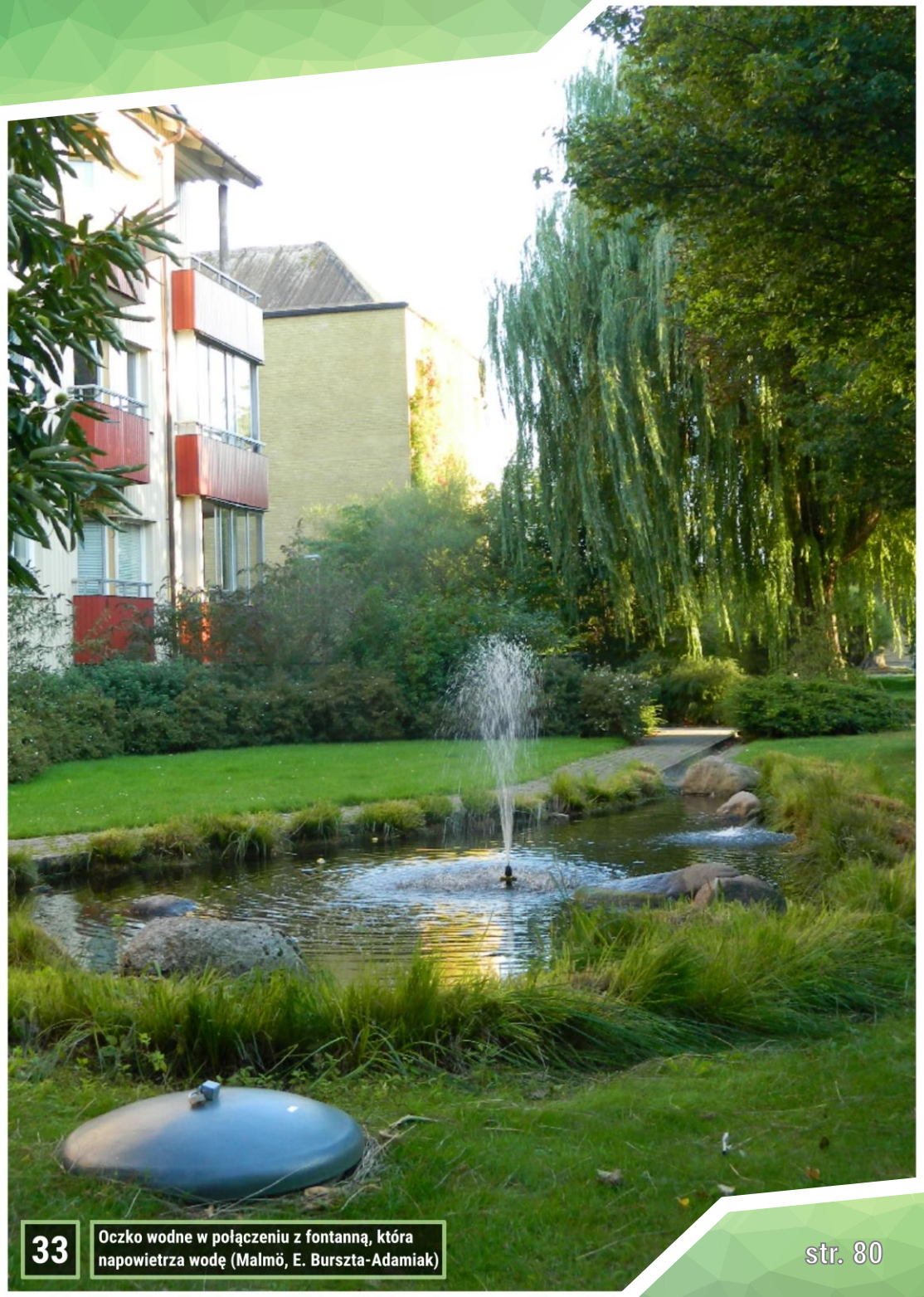




Ogród hydrofitowy (Londyn, K. Lejcuś) 31



Oczko wodne na osiedlu mieszkaniowym w Malmö (Malmö, E. Burszta-Adamiak) 32



33 Oczko wodne w połączeniu z fontanną, która napowietrza wodę (Malmö, E. Burszta-Adamiak)

Obiekt hydrofitowy

Legenda:
1 – roślinność hydrofitowa, 2 – warstwa piasku gruboziarnistego, 3 – warstwa żwiru, 4 – rura drenarska w oplocie, 5 – geomembrana lub uszczelnienie mineralne, 6 – studnia chłonna



07 POWIERZCHNIOWY ZBIORNIK RETENCYJNY



7. Powierzchniowy zbiornik retencyjny

Opis rozwiązania

Powierzchniowe zbiorniki retencyjne służą do magazynowania wody opadowej i roztopowej. Zbiornik może być zlokalizowany w naturalnie lub sztucznie stworzonym zagłębieniu terenu z uszczelnionym dnem i ścianami, tak aby zgromadzona woda nie infiltrowała do gruntu. Pojemność zbiornika wyznaczana jest m.in. w zależności od przewidywanej objętości dopływu oraz ukształtowania terenu. Standardowo zbiorniki retencyjne wyposażone są w zaporę z upustem dennym, przelew awaryjny oraz obwałowanie. Dopływ wód opadowych odbywa się przez betonowy wlot, zabezpieczony kratami przed napływem zanieczyszczeń. Często praktykowanym rozwiązaniem jest niecka sedymentacyjna zlokalizowana przed właściwym zbiornikiem, gdzie zachodzi wstępne podczyszczenie ścieków z zawiesin. W normalnych warunkach eksploatacji odpływ odbywa się przez odpowiednio zlokalizowany i zwymiarowany upust denny, w razie potrzeby istnieje możliwość odprowadzenia nadmiaru wody przez przelew awaryjny. Zbiorniki retencyjne wykazują częste zmiany położenia zwierciadła wody, które zależą od wielkości dopływu oraz zagospodarowania dostępnych zasobów. W celu ograniczenia negatywnego oddziaływania tego zjawiska na etapie projektowym należy przewidzieć pojemność nienaruszalną oraz przepływ biologiczny, tak aby stworzyć dogodne warunki bytowania dla flory i fauny.

Korzyści:

- umożliwia retencjonowanie dużych objętości wód opadowych, przyczyniając się do odciążenia systemów kanalizacji miejskiej w czasie opadów;
- zagospodarowanie opadu w miejscu jego wystąpienia, co pozwala na ograniczenie rozprzestrzeniania zanieczyszczeń;
- bezpieczne przechwycenie i odprowadzenie wód opadowych z terenów zurbanizowanych, co ogranicza zagrożenie powodziowe;
- możliwość zagospodarowania zgromadzonej wody do nawodnień lub ochrony przeciwpożarowej;
- zwiększenie bioróżnorodności flory i fauny w przestrzeni miejskiej;
- łagodzenie klimatu miejskiego (zmniejszenie efektu miejskiej wyspy ciepła, zwiększenie wilgotności powietrza, poprawa mikroklimatu);
- stanowią element urozmaicający krajobraz, wzbogacają walory i estetykę terenu.

Ograniczenia:

- wysokie koszty budowy;
- wymagana bardzo duża przestrzeń użytkowa;
- wymagana obecność specjalistów na etapie projektu, budowy i eksploatacji.

Potrzebne materiały:

- folia PVC lub geomembrana EPDM, lub grunty spoiste (nieprzepuszczalne);
- piasek;
- geowłóknina;
- płyty ażurowe;
- rury PVC;
- nasiona traw.

Etapy montażu:

Projekt, budowa i eksploatacja wymaga zaangażowania osób uprawnionych.

1. Oszacować wielkość zbiornika.

2. Wybrać lokalizację z uwzględnieniem lokalnych warunków (hydrologicznych, geologicznych i terenowych).
3. Roboty przygotowawcze pod wykop, m.in. oczyszczenie z korzeni drzew, krzewów oraz usunięcie warstwy urodzajnej (humusu).
4. Wykonać wykop o wyznaczonych wymiarach przy jednoczesnym wbudowaniu urobku w wał zbiornika z pominięciem humusu.
5. Oczyścić wykop z elementów o ostrych krawędziach.
6. Nadać określony kształt dna oraz skarp zbiornika. Należy formować zbiorniki o łagodnych skarpach (nachylenie 1:4 lub 1:5), tak aby ułatwić jego eksploatację oraz stworzyć naturalny wygląd.
7. Rozmieścić i wykonać wlot, upust denny oraz przelew awaryjny.
8. Na wyrównane dno oraz skarpy wysypać 20-centymetrową warstwę piasku i zagęścić.
9. Zabezpieczyć dno oraz skarpy geowłókniną.
10. Rozłożyć folię PVC lub geomembranę EPDM.
11. Wysypać oraz zagęścić warstwę piasku o miąższości na skarpie 40–50 cm, a na dnie 30–40 cm.
12. Zabezpieczyć czaszę zbiornika.
13. Na zabezpieczonych skarpach rozłożyć i wyrównać 20-centymetrową warstwę oczyszczonego humusu i wysiać trawę.
14. Stopniowo napełnić zbiornik do projektowanej rzędnej.

Zalecenia:

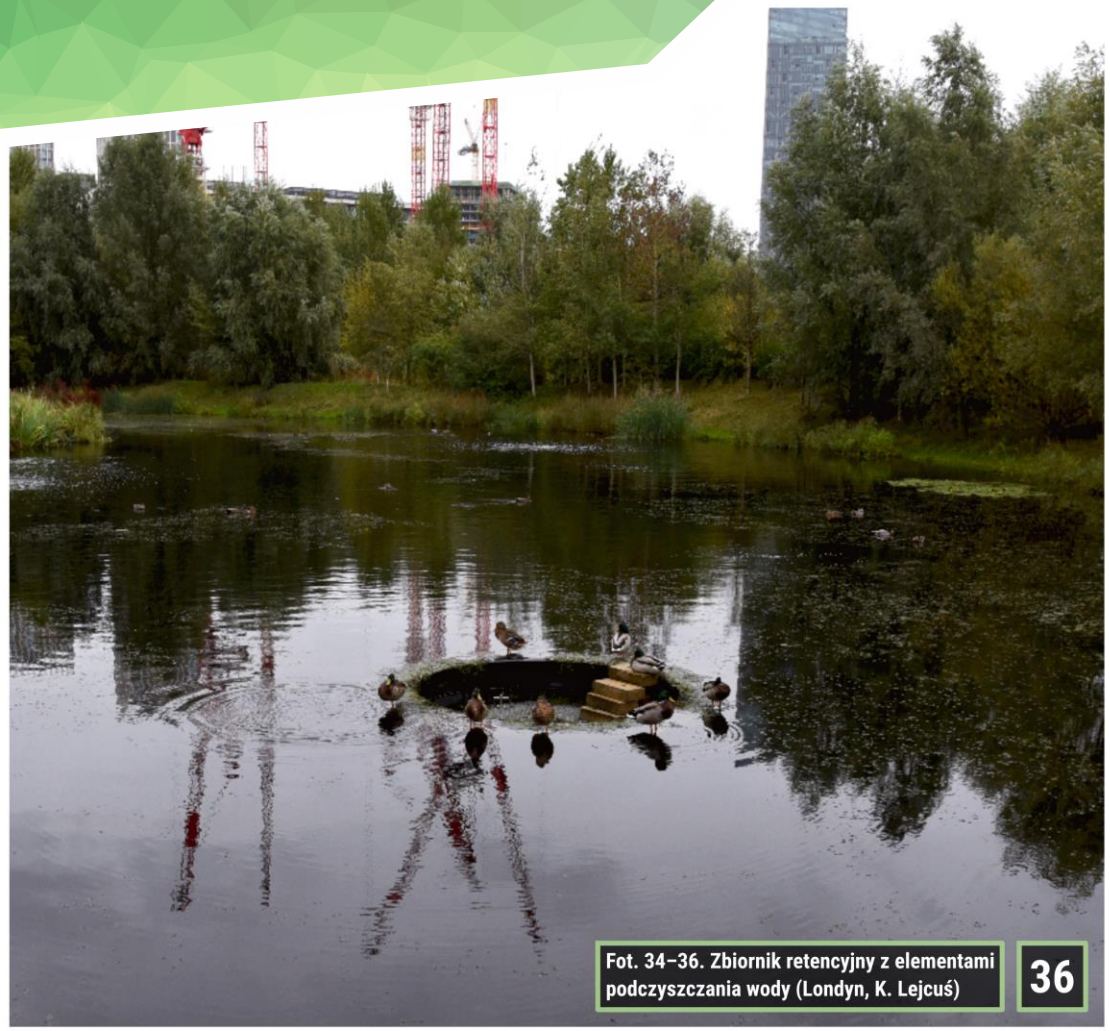
- Zbiornik powinien znajdować się 4–5 m od drzew, tak aby korzenie nie uszkodziły uszczelnienia dna, a spadające liście nie powodowały zanieczyszczenia zmagazynowanej wody.
- Zbiornik powinien być wpasowany w lokalne środowisko, tak aby zwiększał bioróżnorodność poprzez uatrakcyjnienie linii brzegowej i nasadzenia roślinności trawiastej.

Możliwe miejsca zastosowania:

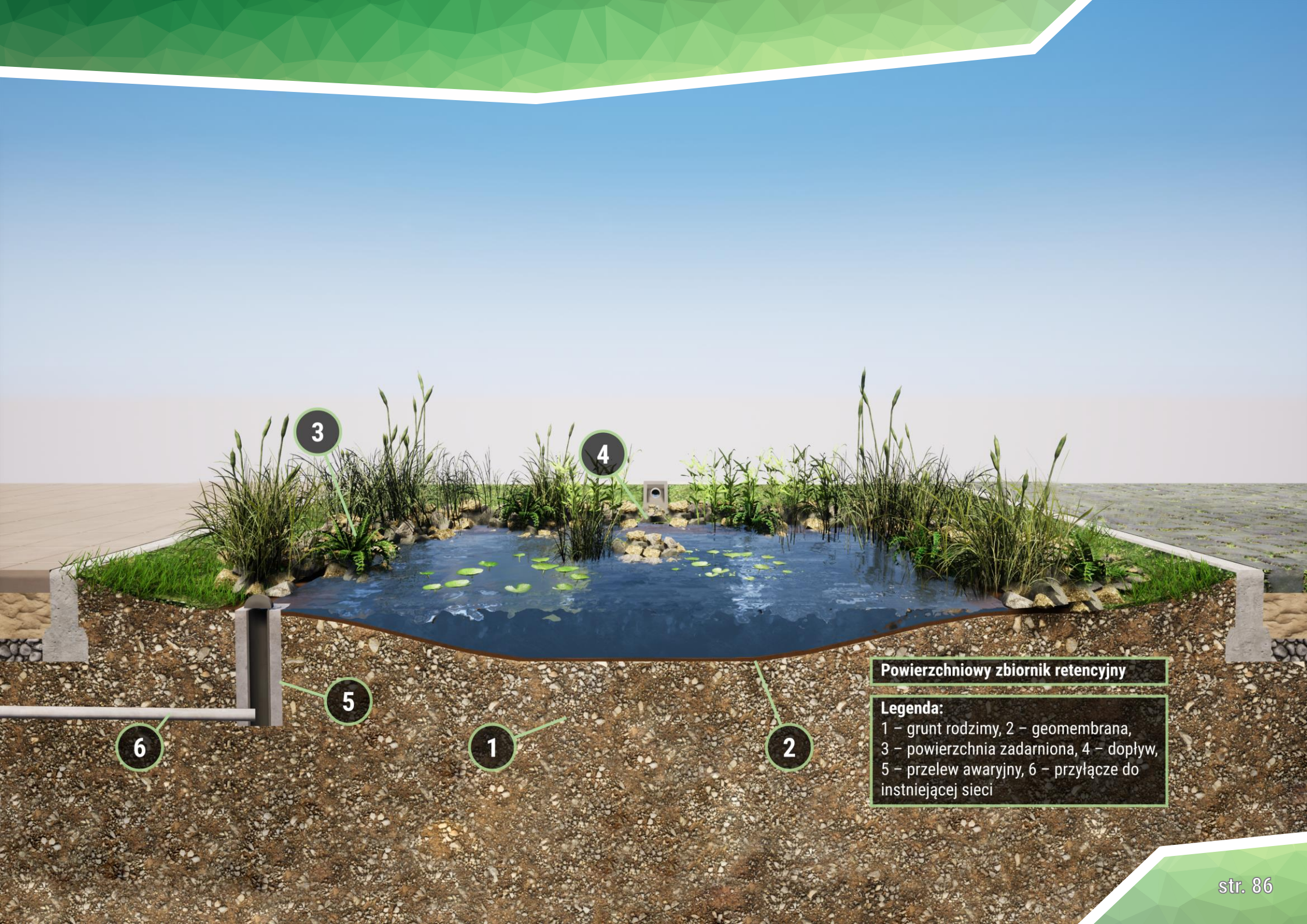
- osiedla;
- parkingi;
- lokalne drogi;
- obiekty przemysłowe.


34

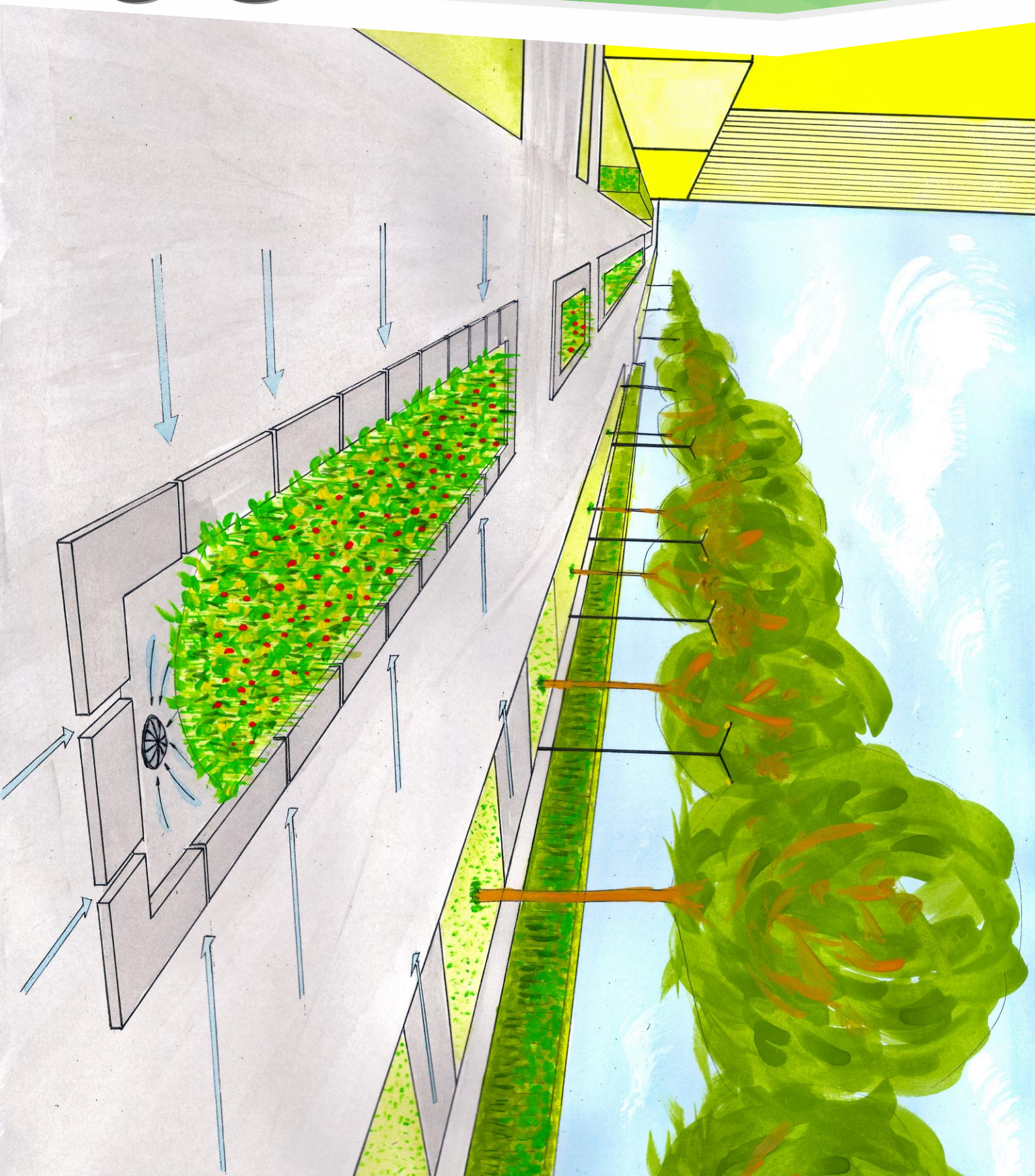

35


Fot. 34–36. Zbiornik retencyjny z elementami podczyszczania wody (Londyn, K. Lejcuś)
36


37
Zbiornik retencyjny na osiedlu mieszkaniowym (Malmö, E. Burszta-Adamiak)


3
4
5
6
1
2
Powierzchniowy zbiornik retencyjny
Legenda:
1 – grunt rodzimy, 2 – geomembrana,
3 – powierzchnia zadarniona, 4 – dopływ,
5 – przelew awaryjny, 6 – przyłącze do instniejącej sieci

08 MULDA RETENCYJNA



8. Mulda retencyjna

Opis rozwiązania

Mulda retencyjna to zazwyczaj liniowe zagłębienie terenu przypominające rów odwadniający. Najczęściej jest porośnięta roślinnością, w tym trawami, co powoduje spowolnienie spływającej wody. Konstrukcja muldy chłonnej umożliwia infiltrację (wsiąkanie) wód opadowych do gruntu lub ich magazynowanie i odprowadzanie nadmiaru do sieci kanalizacji deszczowej. Muldy retencyjne doskonale sprawdzają się wzdłuż dróg, placów, parkingów czy domów wielorodzinnych. Rozwiązanie to jest przystosowane do czasowego gromadzenia wody, dlatego też okresowe stagnowanie wody (do ok. 48 godzin) jest zjawiskiem naturalnym.

Warianty rozwiązania:

Mulda retencyjna ma kilka wariantów. Do najczęściej stosowanych należy wersja porośnięta trawą. Jest wtedy stosunkowo łatwa w utrzymaniu. Inne warianty to wersja przypominająca ogród deszczowy lub wyłożenie muldy retencyjnej kamieniami (taka wersja rozwiązania wymaga najmniejszych nakładów na obsługę).

Korzyści

Mulda retencyjna to rozwiązanie dość proste w wykonaniu; w prostych wariantach również niewymagające wiele obsługi. Odpowiednio zaprojektowana i wykonana może zatrzymywać duże ilości wód opadowych (nawet do 450 $dm^3 \cdot m^{-2}$). Może być wykonana zarówno, jeśli w podłożu występują grunty przepuszczalne, jak i nieprzepuszczalne (wtedy konieczne jest wykonanie przelewu awaryjnego).

Ograniczenia

Wykonanie i eksploatacja muldy retencyjnej nie wiąże się z wieloma ograniczeniami. Jedyną większą niedogodnością jest miejsce niezbędne do jej wykonania. Jest to rozwiązanie powierzchniowe i zwykle szerokość muldy retencyjnej to co najmniej 1,5 m.

Podstawowe potrzebne materiały

Mulda retencyjna zbudowana jest z kilku warstw. Licząc od dołu, są to:

- Warstwa przepuszczalna wykonana ze żwiru lub kamienia łamanego. Jeśli w podłożu występują grunty nieprzepuszczalne, należy w tej warstwie zainstalować system drenażowy.
- Warstwa zapewniająca bioretencję. Warstwa ta powinna zostać wydzielona geowłókniną w celu zapobieżenia kolmatacji („zatykania" się gruntu). Składa się ona najczęściej z mieszaniny humusu, torfu lub kompostu (20–30%), gruntu niespoistego (przepuszczalnego) stanowiącego 50–60% tej warstwy i ziemi urodzajnej (20–30%). Wszystkie elementy tej warstwy muszą być dobrze wymieszane ze sobą.
- Warstwa powierzchniowa. Może ją stanowić ok. 5-centymetrowa warstwa kory, kamienia łamanego lub otoczaków. Innym sposobem jest obsianie całości mieszanką traw.

Etapy montażu

Przed wykonaniem rozwiązania należy sprawdzić możliwość wykonania muldy w danej lokalizacji, a także rodzaj zalegających w podłożu gruntów. Wykonanie muldy retencyjnej jest zbliżone do wykonania rowu melioracyjnego, z tym że po wykonaniu wykopu i ukształtowaniu skarp należy wbudować odpowiednią warstwę drenażową i warstwę zapewniającą bioretencję. Następnie wbudowuje się warstwę powierzchniową, całość obsiewa mieszanką traw lub nasadza roślinność z podziałem na strefy.

Możliwe miejsca zastosowania:

- wzdłuż dróg, chodników, placów, parkingów budynków mieszkalnych.









Fot. 38–42. Mulda retencyjna (Berlin, K. Lejcuś)





43


44

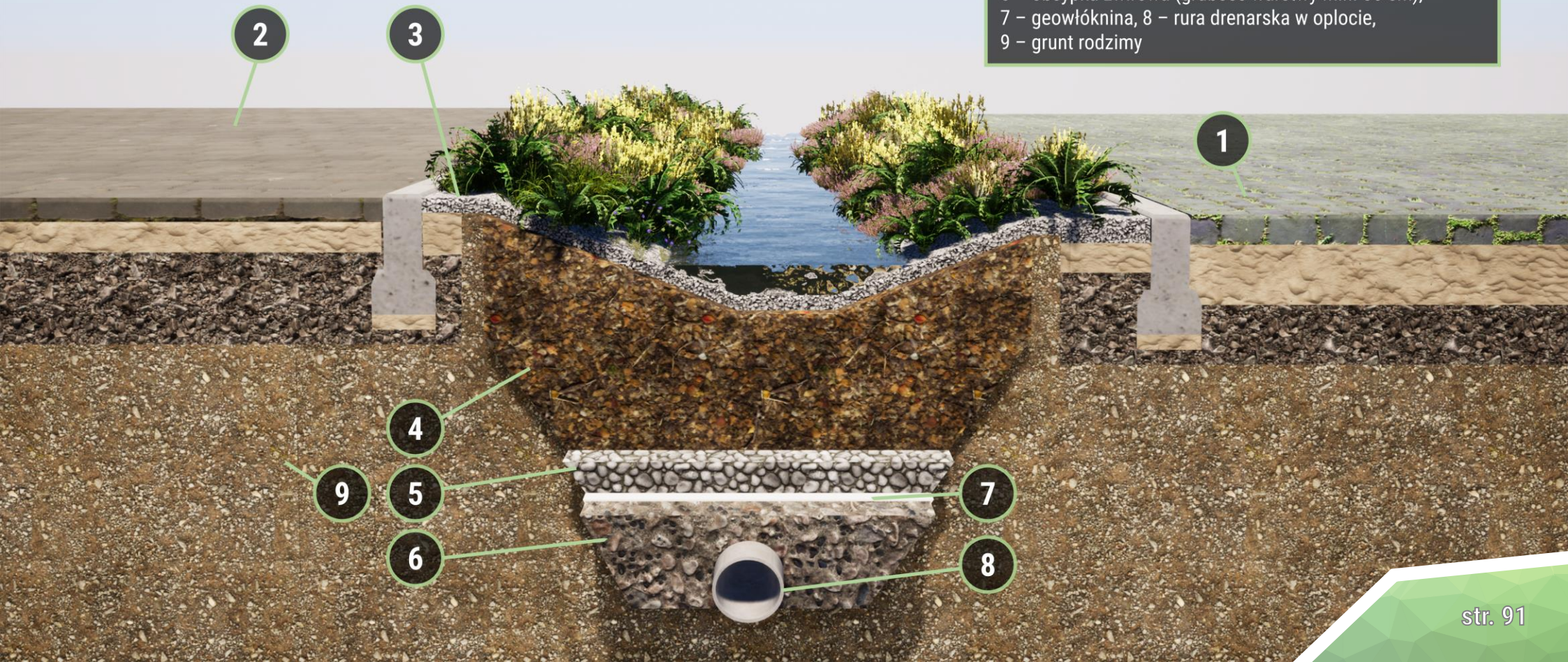

45


46

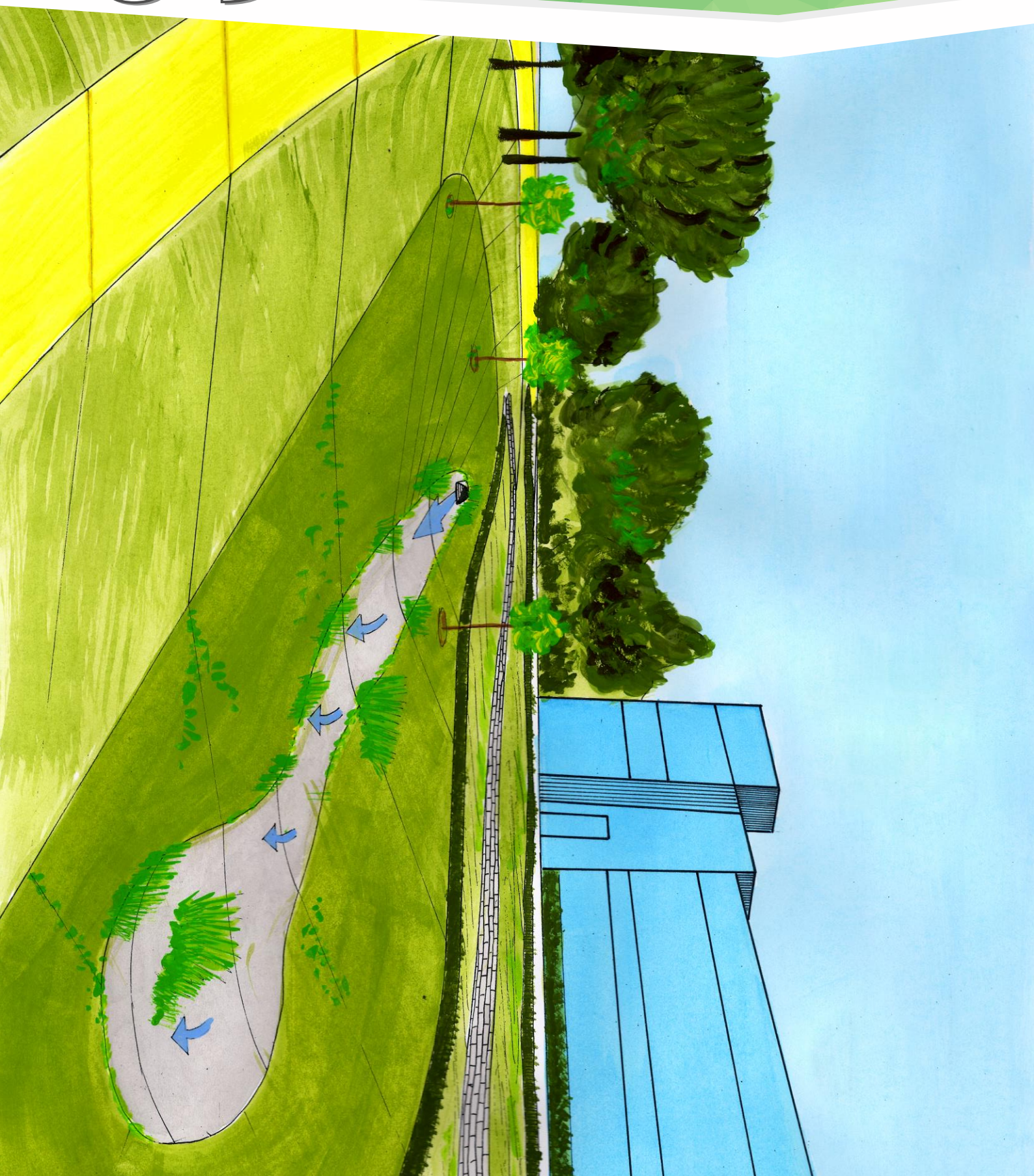
Fot. 43–46. Mulda retencyjna (Berlin, K. Lejcuś)

Mulda retencyjna

Legenda:
1 – jezdnia, 2 – chodnik lub droga dla rowerów, 3 – warstwa kruszywa o uziarnieniu 16–32 mm (grubość warstwy 5 cm),
4 – warstwa wegetacyjna (grubość warstwy min. 45 cm),
5 – warstwa separacyjna (grubość warstwy ok. 10 cm),
6 – obsypka żwirowa (grubość warstwy min. 30 cm),
7 – geowłóknina, 8 – rura drenarska w oplocie,
9 – grunt rodzimy



09 ZBIORNIK INFILTRACYJNY



9. Zbiornik infiltracyjny

Opis rozwiązania

Powierzchniowy zbiornik infiltracyjny jest to obiekt przeznaczony do tymczasowego gromadzenia znacznych ilości wody opadowej. Po wystąpieniu opadu woda doprowadzona do zbiornika zostaje rozsączona w głąb profilu glebowego dzięki dużej przepuszczalności gleby. Proces ten może trwać od kilku do kilkudziesięciu godzin.

Po zakończeniu opadu woda w zbiorniku, który został całkowicie zapełniony, w zależności od jego głębokości nie powinna zalegać dłużej niż 2 dni.

Powierzchniowy zbiornik infiltracyjny wykonuje się, kształtując w gruncie zagłębienie o łagodnych zboczach. Tak wyprofilowane skarpy pozwolą na płynne przejście z terenu otaczającego zbiornik do jego dna. Należy również pamiętać o takim ukształtowaniu terenu, aby zapewnić swobodny dopływ do zbiornika wody z odwadnianego terenu. Obiekt należy wyposażyć w system przelewowy do odprowadzania nadmiaru wód, który będzie chronił otoczenie przed zalaniem.

Zbiorniki infiltracyjne mogą przyjmować różne kształty, regularne lub nieregularne. Idealnie jeśli da się wykorzystać istniejące zagłębienia terenu, co pozwoli na wkomponowanie obiektu w otoczenie. Zazwyczaj wierzchnią warstwę stanowi pokrycie trawiaste lub narzut kamienny, który dobrze sprawdza się w dnie zbiornika oraz na dopływie do niego. Warto zaznaczyć, że wydobyte masy ziemne nie muszą być traktowane jako zbędny materiał. Można je zabudować w innym miejscu, tworząc skarpę, która po odpowiedniej aranżacji urozmaici lokalny krajobraz.

Warianty rozwiązania:

- Powierzchniowy zbiornik infiltracyjny

Proponuje się, aby głębokość zbiornika nie przekraczała 0,6 m. W sytuacji, kiedy potrzebujemy wykonać głębszy zbiornik i chcielibyśmy utrzymać łagodne nachylenie skarp, warto rozważyć wykonanie głębszego wykopu i ułożenie w dnie warstwy narzutu kamiennego na podsypce piaskowej, który pozwoli utrzymać głębokość 0,6 m, ale jednocześnie doda objętości retencyjnej. Długość i szerokość linii brzegowej można kształtować dowolnie. Pokrycie trawiaste ma taką zaletę, że tak zaaranżowany zbiornik nie musi być terenem wykluczonym z innych funkcji użytkowych.

Ważnym elementem konstrukcyjnym zbiornika jest umocnienie miejsc, w których dopływać będzie do niego woda, tak aby ochronić jego skarpy przed rozmyciem (erozją). Poniżej korytka, rury lub innego elementu doprowadzającego wodę do zbiornika w formie skoncentrowanej strugi należy ułożyć warstwę narzutu kamiennego na geowłókninie lub ciosany kamień spojony zaprawą cementową. Zwykle takie wzmocnienie obejmuje obszar od wlotu elementu doprowadzającego wodę poprzez długość skarpy, kończąc na dnie zbiornika. Ostatnim elementem konstrukcji jest przelew awaryjny, który ma zastosowanie w sytuacji przepełnienia zbiornika wodą. Zwykle przyjmuje on formę pionowej studzienki, przez którą przelewa się nadmiar wody.

- Kryty powierzchniowy zbiornik infiltracyjny

Konstrukcja tego rozwiązania jest zbliżona do tej opisanej powyżej. Różnica polega na tym, że w czaszy zbiornika krytego usypuje się narzut kamienny, który redukuje jego głębokość do 20–30 cm. Po zagęszczeniu narzutu kamiennego należy na jego powierzchni rozłożyć geowłókninę o minimalnej gramaturze 200 g/m^2. Następnie na geowłókninie rozplanowuje się humus, tworząc warstwę o grubości co najmniej 20 cm. Humus rozprowadzamy, pozostawiając pewien obszar odkryty i tworząc tzw. okno filtracyjne, przez które będzie wsiąkać woda. W kierunku tego okna należy ukształtować spadki terenu. Ostatecznie 20% powierzchni zbiornika powinno być wykonane z kruszywa, a reszta powinna być pokryta humusem. Połączenie kruszywa i humusu powinno być oddzielone geowłókniną. Na tak przygotowanej powierzchni wprowadzamy mieszankę traw. Realizując ten wariant, również należy

pamiętać o ubezpieczeniu dopływów do zbiornika, tam gdzie może dojść do uszkodzeń, oraz o instalacji przelewu awaryjnego.

Korzyści:

- zbiorniki infiltracyjne mogą odebrać znaczne ilości wód opadowych;
- można im nadać dowolny kształt i formę;
- mogą podnieść walory estetyczne terenu, na którym się znajdują, zwłaszcza jeśli z wybranego gruntu uformuje się w pobliżu skarpy, kopce;
- nie wymagają szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych;
- teren nie musi być wyłączony z użytkowania, może pełnić funkcje rekreacyjne.

Ograniczenia:

- nie nadają się do stosowania na terenach z wysokim poziomem wód gruntowych.

Podstawowe potrzebne materiały:

- kruszywo o uziarnieniu nie mniejszym niż 16–63 mm;
- piasek średnioziarnisty lub inne podłoże zapewniające swobodną infiltrację (wsiąkanie) wody w grunt;
- żwir ozdobny, kamienie itp.;
- geowłóknina o gramaturze nie mniejszej niż 200 g/m^2 lub w wariancie zbiornika krytego – 300 g/m^2;
- studzienka przelewowa;
- mieszanka traw.

Etapy montażu:

Projekt, budowa i eksploatacja zbiornika infiltracyjnego wymaga udziału osób uprawnionych.

Zbiornik odkryty o głębokości do 60 cm:

1. Wytyczyć teren pod zbiornik, wyznaczyć jego górną krawędź.
2. Zdjąć wierzchnią próchniczną warstwę gleby, tj. humus, i złożyć w jednym miejscu.
3. Wykonać wykop o głębokości ok. 1 m.
4. Wyprofilować skarpy wykopu do uzyskania możliwie łagodnego nachylenia.
5. Zainstalować przelew awaryjny oraz korytka lub spusty doprowadzające wody opadowe. W razie braku kanalizacji deszczowej można wykonać przelew awaryjny.
6. Dno zbiornika oraz skarpy należy przykryć warstwą żwiru lub piasku o grubości 20 cm i go zagęścić. Na piasku należy ułożyć geowłókninę o gramaturze nie mniejszej niż 200 g/m^2. Zakłady na krawędziach geowłókniny powinny wynosić od 15 do 20 cm. Następnie na tak przygotowaną podsypkę układamy warstwę humusu o grubości ok. 20 cm, którą obsiewamy trawą.
7. Nadmiarowy grunt i humus można wykorzystać do wykonania nasypu/skarpy ozdobnej w pobliżu zbiornika.

Zbiornik kryty:

1. Wytyczyć teren pod zbiornik, wyznaczyć jego górną krawędź.
2. Zdjąć wierzchnią próchniczną warstwę gleby, tj. humus, i złożyć w jednym miejscu.
3. Wykonać wykop o głębokości ok. 1 m.
4. Wyprofilować skarpy wykopu do uzyskania możliwie łagodnego nachylenia.
5. Zainstalować przelew awaryjny oraz korytka lub spusty doprowadzające wody opadowe. W razie braku kanalizacji deszczowej można wykonać przelew awaryjny działający jako studnia chłonna.

6. Na dnie i skarpach zbiornika należy usypać 20-centymetrową warstwę podsypki, np. piasku grubego.
7. Następnie należy wyłożyć dno zbiornika oraz skarpy geowłókniną o gramaturze nie mniejszej niż 300 g/m^2. Zakłady na krawędziach geowłókniny powinny wynosić od 15 do 20 cm.
8. Czasza zbiornika powinna zostać wypełniona tłuczniem kamiennym o uziarnieniu 16–63 mm. W miejscu, gdzie planuje się usytuowanie okna filtracyjnego, warstwa tłucznia powinna zostać usypana do głębokości 30–40 cm, mierząc od terenu okalającego zbiornik. Następnie okno filtracyjne należy okryć geowłókniną i przysypać 12-centymetrową warstwą tłucznia. Finalnie powierzchnia okna filtracyjnego powinna być zagłębiona na mniej więcej 20–30 cm, mierząc od terenu okalającego zbiornik.
9. W pozostałej części zbiornika należy usypać tłuczeń na głębokość ok. 40 cm, mierząc od terenu okalającego zbiornik, i przykryć go geowłókniną. Następnie na geowłókninie należy rozłożyć warstwę humusu o grubości nie mniejszej niż 20 cm.
10. Zrównać powierzchnię okna filtracyjnego z warstwą zahumusowaną. Spadek warstwy zahumusowanej powinien zostać tak ukształtowany, aby zapewnić dopływ wody do okna filtracyjnego w czaszy zbiornika.
11. Na koniec rozplantowaną warstwę humusu należy zagęścić i obsiać trawą.
12. Nadmiarowy grunt i humus można wykorzystać do wykonania nasypu/skarpy ozdobnej w pobliżu zbiornika.

Zalecenia:

- Minimalna odległość od budynku powinna wynosić 4 m.
- Nachylenie przyległego terenu (kierunek spływu) powinno być ukształtowane w kierunku zbiornika.

Nie zaleca się lokalizacji zbiorników:

- bezpośrednio przy fundamentach budynku;
- blisko osadników gnilnych (szamb);
- przy wysokim poziomie wód gruntowych (dno zbiornika powinno znajdować się co najmniej 1,5 m nad sezonowo występującym najwyższym poziomem wody gruntowej).

Możliwe miejsca zastosowania:

- budynki mieszkalne (jednorodzinne i wielorodzinne);
- parkingi.







Fot. 47–49. Zbiornik infiltracyjny wraz z widokiem na dopływ i przelew awaryjny (Londyn, K. Lejcuś)

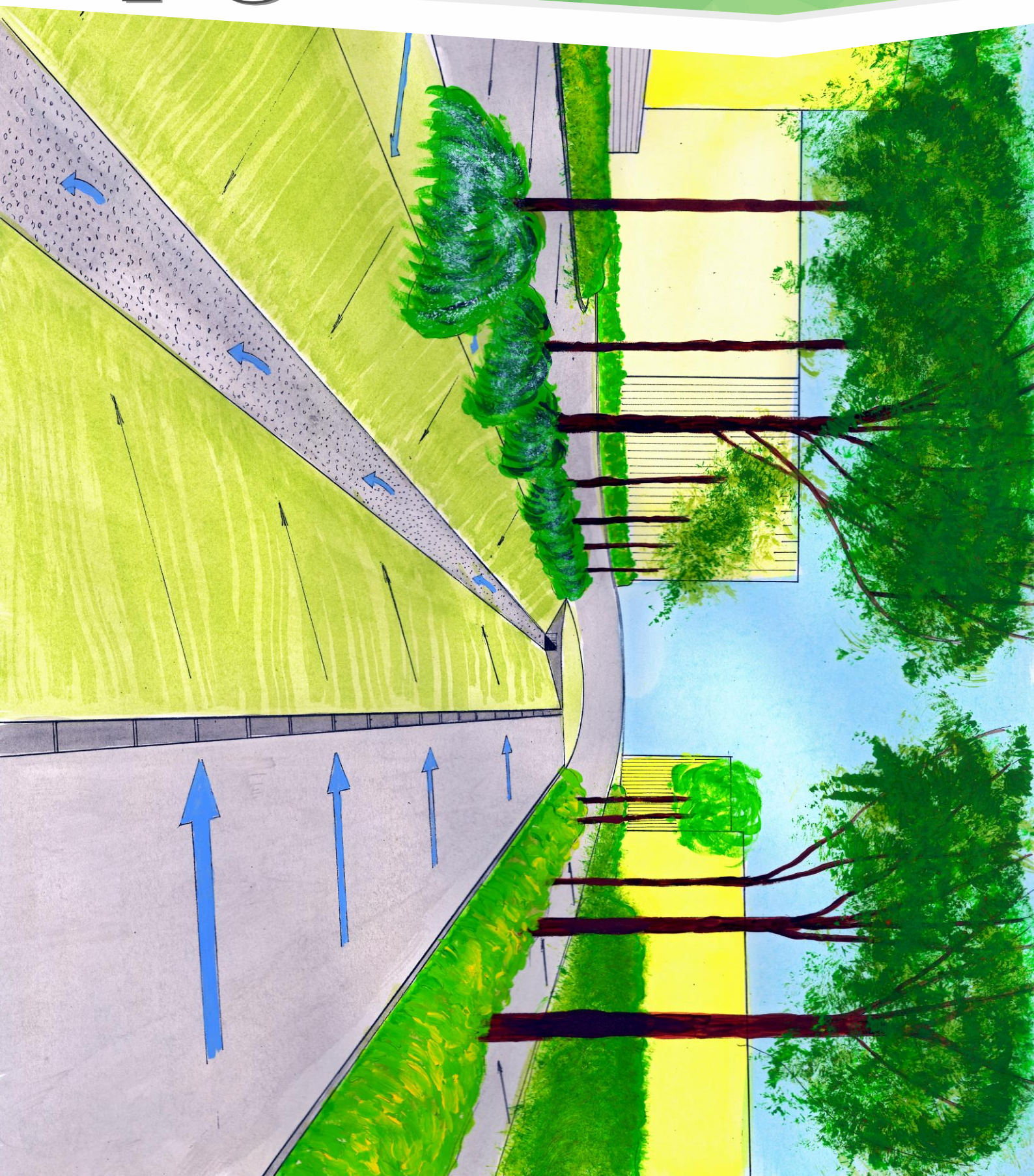


50 Zbiornik infiltracyjny na osiedlu mieszkaniowym (Gdańsk, M. Śpitalniak)


Zbiornik infiltracyjny
Legenda:
1 – dopływ wód, 2 – narzut kamienny, 3 – geowłóknina,
4 – powierzchnia zadarniona, 5 – przelew awaryjny
1
2
3
4
5


Kryty zbiornik infiltracyjny
Legenda:
1 – dopływ wód, 2 – wypełnienie kamienne,
3 – powierzchnia zadarniona z warstwą humusu,
4 – przelew awaryjny, 5 – geowłóknina separacyjna
1
2
3
4
5

10 RÓW INFILTRACYJNY



10. Rów infiltracyjny

Opis rozwiązania

Rów infiltracyjny to obiekt przeznaczony do liniowego odprowadzania wody opadowej w głąb gruntu. Po wystąpieniu opadu woda doprowadzona do rowu infiltracyjnego zostaje rozsączona w gruncie dzięki dużej przepuszczalności podłoża. Woda może być doprowadzana powierzchniowo lub wpustem umieszczonym pod wierzchnią warstwą gleby. Proces rozsączania wody opadowej z rowu infiltracyjnego do gruntu może trwać od kilku do kilkudziesięciu godzin. Woda skierowana do rowu infiltracyjnego, który został całkowicie napełniony, powinna wsiąknąć w grunt w czasie nie dłuższym niż 2 dni.

Zaleca się wykonanie wykopu o łagodnych opływowych skarpach. Tak wyprofilowane skarpy pozwolą na płynne przejście z terenu otaczającego rów do jego dna. W sytuacji, kiedy w grę wchodzą ograniczenia estetyczne lub związane z dostępną powierzchnią, można wykonać rów kryty, tzw. drenaż francuski. W przypadku zastosowania rowu tego typu ingerencja w otoczenie jest ograniczona do minimum. Rowy infiltracyjne mogą stanowić skuteczny system retencjonowania wód opadowych.

Warianty rozwiązania:

- Rów infiltracyjny otwarty

Proponuje się, aby głębokość rowu nie przekraczała 0,6 m. W tym celu należy wykonać wykop dodatkowo pogłębiony, ponieważ w dnie rowu musimy uwzględnić warstwę filtracyjną z tłucznia kamiennego lub żwiru i podsypki piaskowej. Jeśli chodzi o profil skarp najlepiej sprawdzą się takie o łagodnym nachyleniu ze względu na bezpieczeństwo użytkowania i łatwość w prowadzeniu zabiegów konserwacyjnych. Darnią można pokryć cały rów lub tylko jego skarpy, a dno wyłożyć narzutem kamiennym. Ważnym elementem konstrukcyjnym rowu infiltracyjnego jest umocnienie miejsc, w których będzie do niego dopływać woda. Należy chronić skarpy rowu przed erozją (rozmyciem). Poniżej korytka, rury lub innego elementu doprowadzającego wodę do rowu w formie skoncentrowanej strugi należy ułożyć warstwę narzutu kamiennego na geowłókninie lub ciosany kamień spojony zaprawą cementową. Zwykle takie wzmocnienie obejmuje obszar od wlotu elementu doprowadzającego wodę poprzez długość skarpy, kończąc na dnie rowu. W zależności od wodoprzepuszczalności gruntu w podłożu należy rozważyć zastosowanie przelewu awaryjnego, który będzie wykorzystywany w sytuacji przepełnienia rowu wodą. Nadmiar wody za pomocą przelewu awaryjnego może zostać odprowadzony do innego odbiornika, jakim może być kanalizacja burzowa lub studnia chłonna. Przelew awaryjny zwykle przyjmuje formę pionowej studzienki. Ma krawędź, przez którą przelewa się woda, a na pewnej głębokości wylot odprowadzający wodę do wcześniej wspominanych odbiorników.

- Kryty rów infiltracyjny (drenaż francuski)

Kryty rów infiltracyjny wykonany w formie drenażu francuskiego jest ciekawą alternatywą dla innych form odprowadzania wód opadowych. Wykonuje się go w wykopie o pionowych ściankach, umieszczając wewnątrz niego podsypkę piaskową i tłuczeń kamienny odseparowany geowłókniną od ścianek wykopu. Dodatkowo można umieścić rury drenarskie w obsypce kamiennej, które pozwolą na równomierne wypełnienie rowu infiltracyjnego i mogą przyśpieszyć odprowadzenie wód opadowych do innego odbiornika. Powierzchnia rowu infiltracyjnego powinna pozostać otwarta, eksponując narzut kamienny. Realizując ten wariant, również należy pamiętać o ubezpieczeniu dopływów do zbiornika, tam gdzie może dojść do uszkodzeń, oraz o instalacji przelewu awaryjnego.

Korzyści:

- rów infiltracyjny może odebrać znaczne ilości wód opadowych z dużych powierzchni uszczelnionych;

- nie wymaga szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych ani kosztownej konserwacji.

Ograniczenia:

- w podłożu wymagane są grunty przepuszczalne;
- nie nadaje się do stosowania na terenach z wysokim poziomem wód gruntowych.

Podstawowe potrzebne materiały:

- kruszywo o uziarnieniu nie mniejszym niż 32 mm bez drobniejszych frakcji;
- piasek średnioziarnisty (lub inne podłoże zapewniające swobodną infiltrację wody w głąb gruntu);
- żwir ozdobny, kamienie itp.;
- geowłóknina o gramaturze nie mniejszej niż 200 g/m^2;
- studzienka przelewowa;
- mieszanka traw.

Etapy montażu:

Rów infiltracyjny odkryty o głębokości do 60 cm

1. Wytyczyć teren pod rów infiltracyjny. Rów powinien zostać wytyczony w linii łączącej najniższe punkty terenu, tak aby woda z otoczenia swobodnie mogła do niego spływać.
2. Zdjąć wierzchnią próchniczną warstwę gleby, tj. humus, i złożyć w jednym miejscu.
3. Wykonać wykop o głębokości ok. 60 cm, profilując łagodne skarpy. Szerokość rowu powinna wynosić minimum 40 cm.
4. W dnie wykopu należy wykonać pogłębienie rzędu 50 cm. Ze względów bezpieczeństwa zabronione jest wykonywanie wykopów głębszych niż 1 m o pionowych ścianach w gruntach sypkich bez zabezpieczenia skarp przed osunięciem.
5. Zainstalować przelew awaryjny. Następnie powinien on zostać podłączony do odbiornika mogącego przechwycić nadmiar wód, np. kanalizacji burzowej. Do tej operacji potrzebna jest specjalistyczna pomoc osób uprawnionych.
6. Następnie na dnie pogłębionego rowu należy rozplantować podsypkę z piasku średniego lub grubego o warstwie 20 cm, a na niej wyłożyć geowłókninę. Geowłóknina musi być tak przygotowana, aby wychodziła (była wywinięta) na zewnątrz z pogłębionego rowu, pozwalając w kolejnym etapie montażu na szczelne zamknięcie materiału, który umieścimy wewnątrz pogłębionego rowu. Podłużne i poprzeczne zakłady geowłókniny powinny być nie mniejsze niż 15–20 cm.
7. Wewnątrz pogłębionego rowu na geowłókninę wykładamy tłuczeń kamienny o uziarnieniu nie mniejszym jak 31,5 mm. Wariantowo po usypaniu warstwy 15 cm kruszywa można na niej posadowić drenaż rurowy, aczkolwiek nie jest to konieczne. Uzupełniamy rów kruszywem do wysokości 10 cm poniżej dna rowu pierwotnego. Następnie tak przygotowaną powierzchnię kruszywa okrywamy geowłókniną wcześniej wywiniętą w kroku 6.
8. Brakujące 10 cm do wysokości dna rowu pierwotnego uzupełniamy według własnych preferencji tłuczniem kamiennym, ozdobnym kruszywem, kamieniem łamanym bądź humusem, który obsiejemy trawą. Należy pamiętać również o pokryciu skarp warstwą humusu o grubości 20 cm. Ostatecznie powierzchnia dna rowu powinna płynnie łączyć się ze skarpami rowu.
9. W miejscu, gdzie ulokowane są korytka lub spusty doprowadzające skoncentrowane strugi wody opadowej, należy wykonać ubezpieczenie skarp i dna. W tym celu proponuje się wykonanie zagłębienia w gruncie rodzimym, a następnie usypanie warstwy podsypki, na której powinna zostać ułożona geowłóknina o gramaturze nie mniejszej jak 200 g/m^2.

Na geowłókninie należy ułożyć warstwę tłucznia kamiennego. Zamiennie z tłuczniem kamiennym można zastosować kamień ciosany na zaprawie cementowej. Tak przygotowane stanowiska powinny uchronić skarpy zbiornika i dno przed rozmyciem.

Rów infiltracyjny (drenaż francuski)

1. Wytyczyć teren pod rów infiltracyjny. Powinien przebiegać w najniższych punktach terenu, tak aby woda z otoczenia mogła do niego swobodnie spływać.
2. Zdjąć wierzchnią próchniczną warstwę gleby, tj. humus, i złożyć w jednym miejscu.
3. Wykonać wykop o głębokości ok. 100 cm, utrzymując możliwie pionowe ściany wykopu. Szerokość rowu powinna wynosić ok. 40–50 cm. Ze względów bezpieczeństwa zabronione jest wykonywanie wykopów głębszych niż 1 m o pionowych ścianach w gruntach sypkich bez zabezpieczenia skarp przed osunięciem
4. Zainstalować przelew awaryjny i podłączyć go do odbiornika mogącego przechwycić nadmiar wód, np. kanalizacji burzowej.
5. Następnie na dnie rowu należy rozplantować 20-centymetrową warstwę podsypki z piasku średniego lub grubego, a na niej wyłożyć geowłókninę. Geowłóknina powinna być tak przygotowana, aby wychodziła (była wywinięta) na zewnątrz z pogłębionego rowu, pozwalając w kolejnym etapie montażu na szczelne zamknięcie materiału, który umieścimy wewnątrz pogłębionego rowu. Podłużne i poprzeczne zakłady geowłókniny powinny być nie mniejsze niż 15–20 cm.
6. Wewnątrz pogłębionego rowu na geowłókninie układamy tłuczeń kamienny o uziarnieniu nie mniejszym jak 31,5 mm. Wariantowo po usypaniu 15 cm kruszywa można na nim posadowić drenaż rurowy, aczkolwiek nie jest to konieczne. Uzupełniamy rów kruszywem do wysokości 15 cm poniżej terenu przyległego do rowu. Następnie tak przygotowaną powierzchnię kruszywa okrywamy geowłókniną wcześniej wywiniętą w kroku 5.
7. Brakujące 15 cm do wysokości terenu przyległego uzupełniamy według własnych preferencji tłuczniem kamiennym, ozdobnym kruszywem, kamieniem łamanym bądź humusem, który obsiejemy trawą. Należy pamiętać o wyprofilowaniu terenu okalającego rów, kształtując spływ powierzchniowy w kierunku rowu.

Zalecenia:

- Minimalna odległość od budynku powinna wynosić 4 m.
- Nachylenie przyległego terenu (kierunek spływu) powinno być ukształtowane w kierunku rowu.
- Przy wysokim poziomie wód gruntowych dno rowu powinno znajdować się co najmniej 1,5 m nad sezonowo występującym najwyższym poziomem wody gruntowej.

Możliwe miejsca zastosowania:

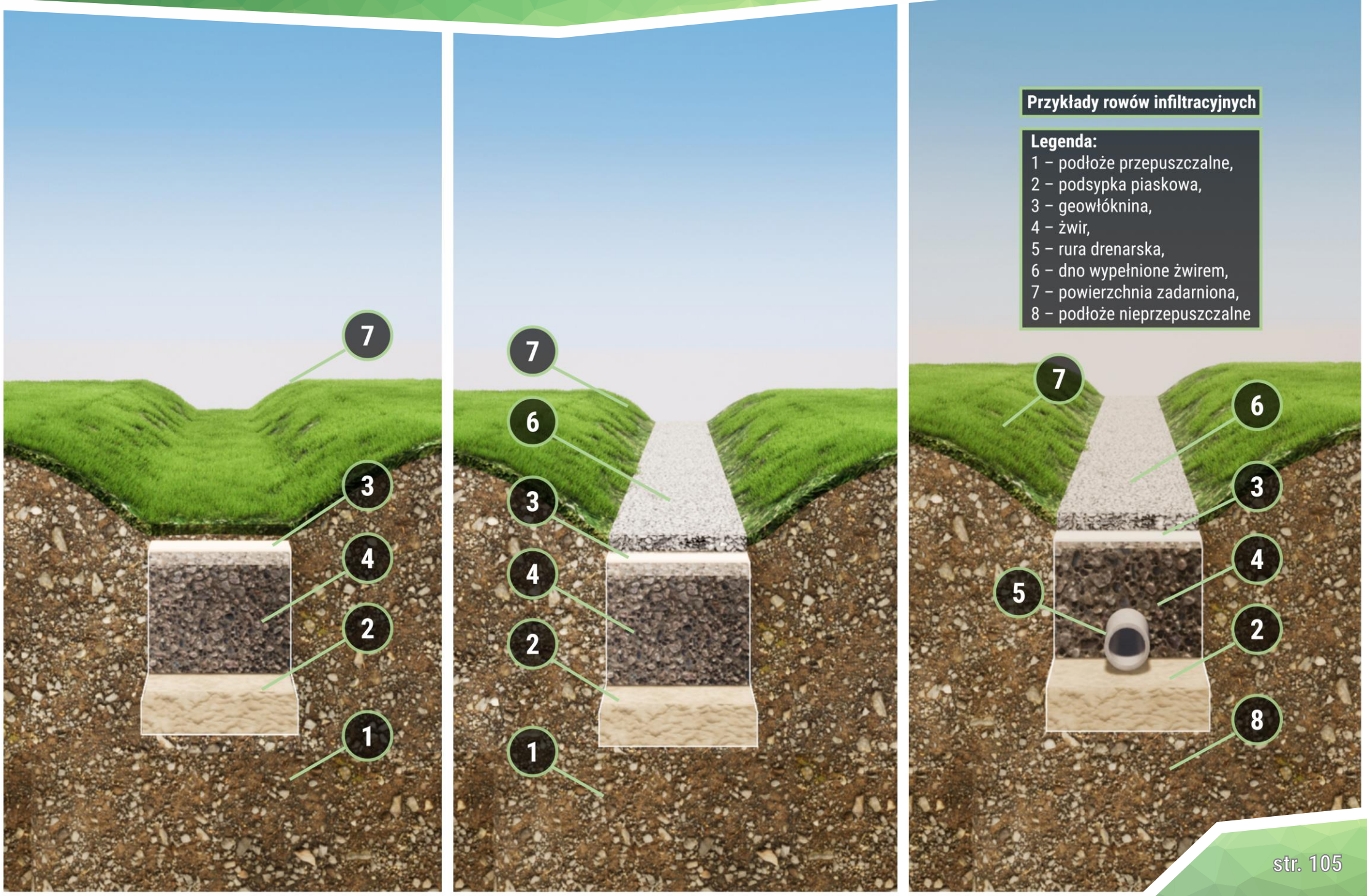
- budynki mieszkalne jed2norodzinne i wielorodzinne, parkingi.

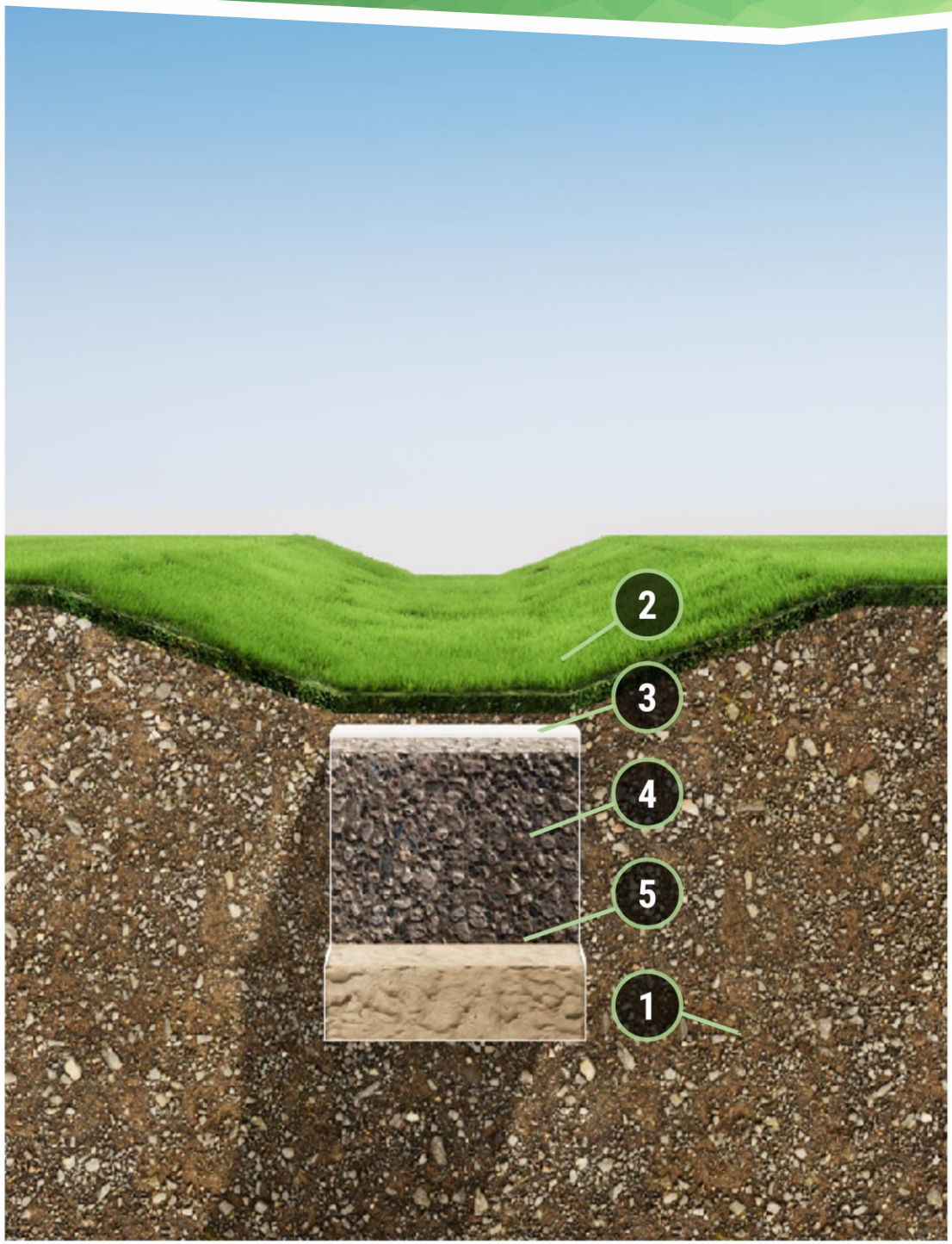




Fot. 51– 53. Rów infiltracyjny na osiedlu mieszkalnym zwartej zabudowie (Gdańsk, M. Śpitalniak)




Przykłady rowów infiltracyjnych
Legenda:
1 – podłoże przepuszczalne,
2 – podsypka piaskowa,
3 – geowłóknina,
4 – żwir,
5 – rura drenarska,
6 – dno wypełnione żwirem,
7 – powierzchnia zadarniona,
8 – podłoże nieprzepuszczalne
7
3
4
2
1
7
6
3
4
2
1
7
6
3
4
5
2
8

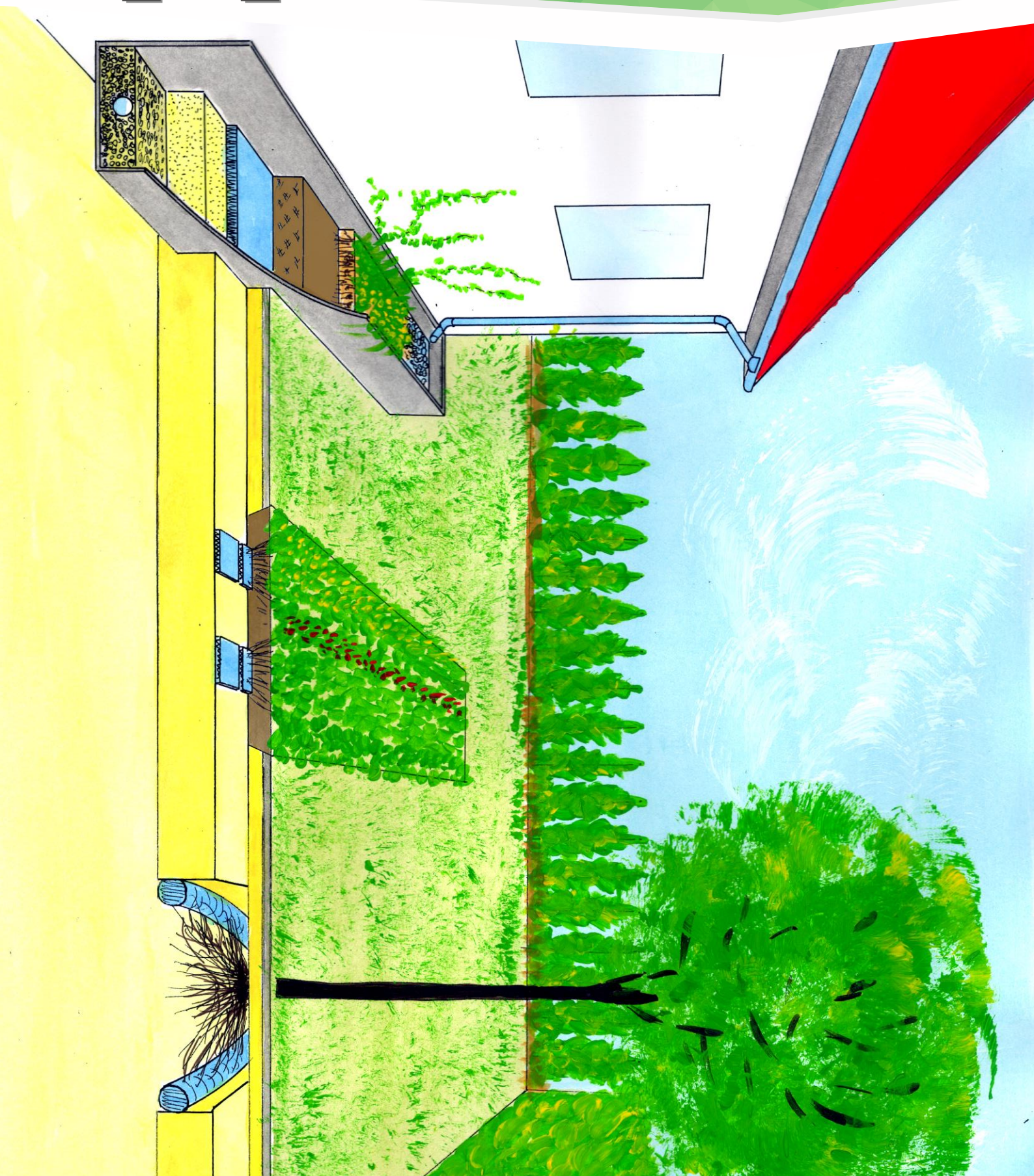


Kryty rów infiltracyjny

Legenda:
1 – podłoże przepuszczalne,
2 – powierzchnia zadarniona,
3 – geowłóknina,
4 – żwir,
5 – podsypka piaskowa,
5 – żwir ozdobny na powierzchni



11 GEOKOMPOZYT SORBUJĄCY WODĘ



11. Geokompozyt sorbujący wodę

Opis rozwiązania

Geokompozyt sorbujący wodę (GSW) służy do zatrzymywania wody w glebie, tak aby była ona później dostępna dla roślin. Składa się z włókniny osłonowej przepuszczającej wodę, materiału zatrzymującego wodę (hydrożel/superabsorbent) oraz wewnętrznego szkieletu umożliwiającego jego swobodne pęcznienie. Wewnętrzny szkielet stanowi mata o strukturze przestrzennej. GSW ma wymiary dostosowane do wielkości bryły korzeniowej sadzonej rośliny i może czasowo zatrzymywać wodę, która może być później swobodnie pobierana przez korzenie roślin. Geokompozyt sorbujący wodę, koniecznie po uprzednim namoczeniu, instaluje się pod bryłą korzeniową roślin lub w przypadku drzew dokoła bryły korzeniowej, na głębokości 15–30 cm.

Warianty rozwiązania:

Geokompozyty sorbujące wodę występują w wielu rozmiarach, dostosowanych do wielkości nasadzanej rośliny. Dobierając wielkość geokompozytu do rośliny, należy brać pod uwagę m.in. takie czynniki, jak wymagania wodne sadzonych roślin, nasłonecznienie, rodzaj gruntu, wielkość sadzonek. W przypadku drzew z zakrytym systemem korzeniowym łączna długość GSW powinna być nie mniejsza niż połowa obwodu ich bryły korzeniowej. Dla pozostałych roślin należy przyjąć, że średnica geokompozytu powinna być zbliżona do średnicy bryły korzeniowej. Geokompozyty sorbujące wodę potrafią zatrzymać do 40 litrów wody/1 m^2. Dostępne są w postaci punktowej lub w postaci mat, gdy występuje potrzeba instalacji na większej powierzchni, np. dachu zielonym lub skarpie.

Korzyści

Dzięki zastosowaniu GSW rośliny są w stanie przetrwać okresy niedoborów wody lub suszy. Łatwiej się aklimatyzują do nowego siedliska. Odpowiednio nawożone i podlewane, dzięki stałemu dostępowi do wody i substancji nawozowych szybciej się rozwijają.

Ograniczenia

Geokompozyty sorbujące wodę powinny być instalowane wraz z nasadzaną rośliną. W przypadku potrzeby instalacji pod już posadzone rośliny należy bardzo ostrożnie wykopać wokół nich dołki, uważając, by nie uszkodzić systemu korzeniowego. W wykopanych dołkach instaluje się uprzednio namoczone GSW.

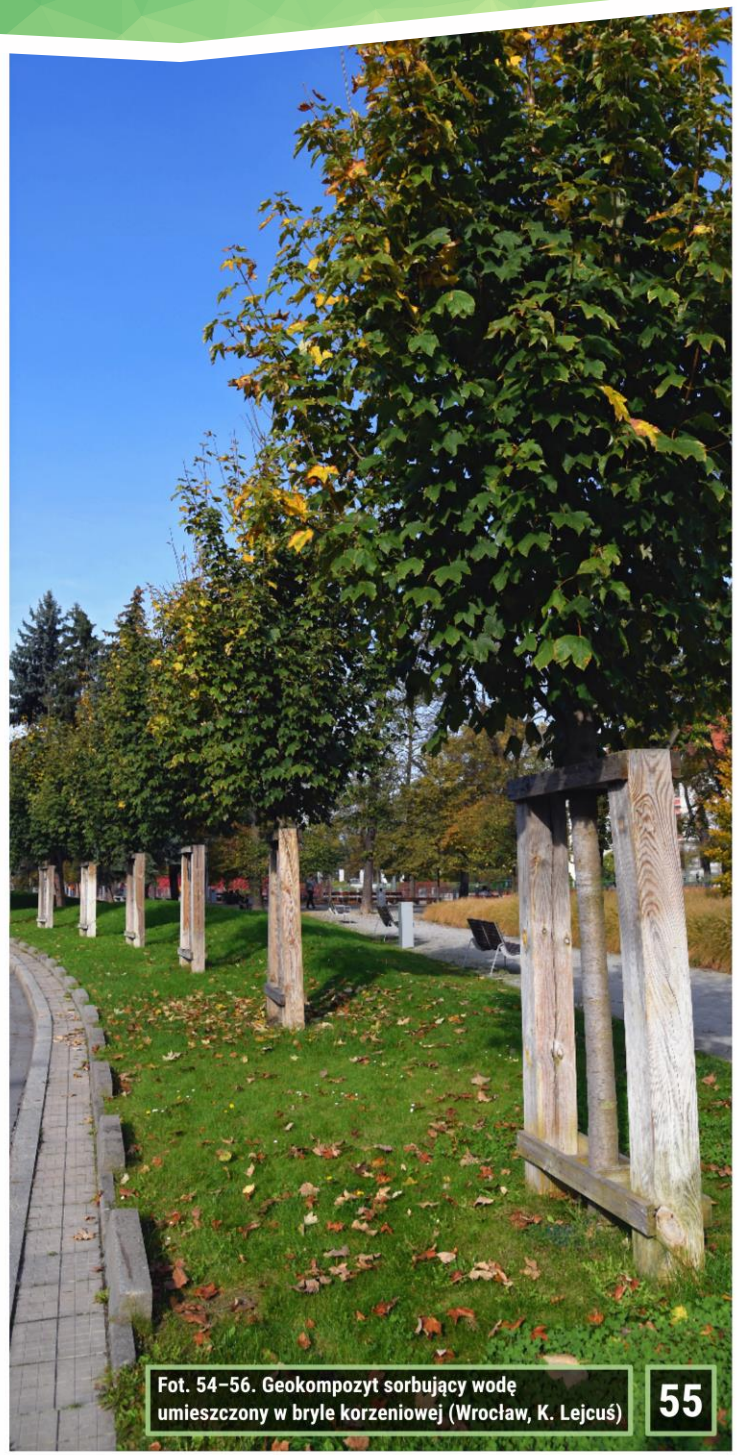
Podstawowe potrzebne materiały

Zastosowanie geokompozytów sorbujących wodę nie wymaga dodatkowych materiałów ani urządzeń. Wystarczy namoczyć je przed instalacją, ułożyć pod bryłą korzeniową lub w przypadku drzew wokół bryły, a następnie dokończyć sadzenie według tradycyjnie przyjętej metody.

Możliwe miejsca zastosowania:

- nasadzenia drzew alejowych, krzewów, kwiatów i bylin;
- w konstrukcjach dachów zielonych jako element zatrzymujący wodę;
- w donicach ozdobnych i wiszących przy nasadzeniach kwiatów, krzewów i bylin;
- na skarpach, gdzie wspomagają rozwój traw i krzewów.





Fot. 54–56. Geokompozyt sorbujący wodę umieszczony w bryle korzeniowej (Wrocław, K. Lejcuś)





Ułożenie geokompozytu sorbującego wodę (Wrocław, K. Lejcuś) 57



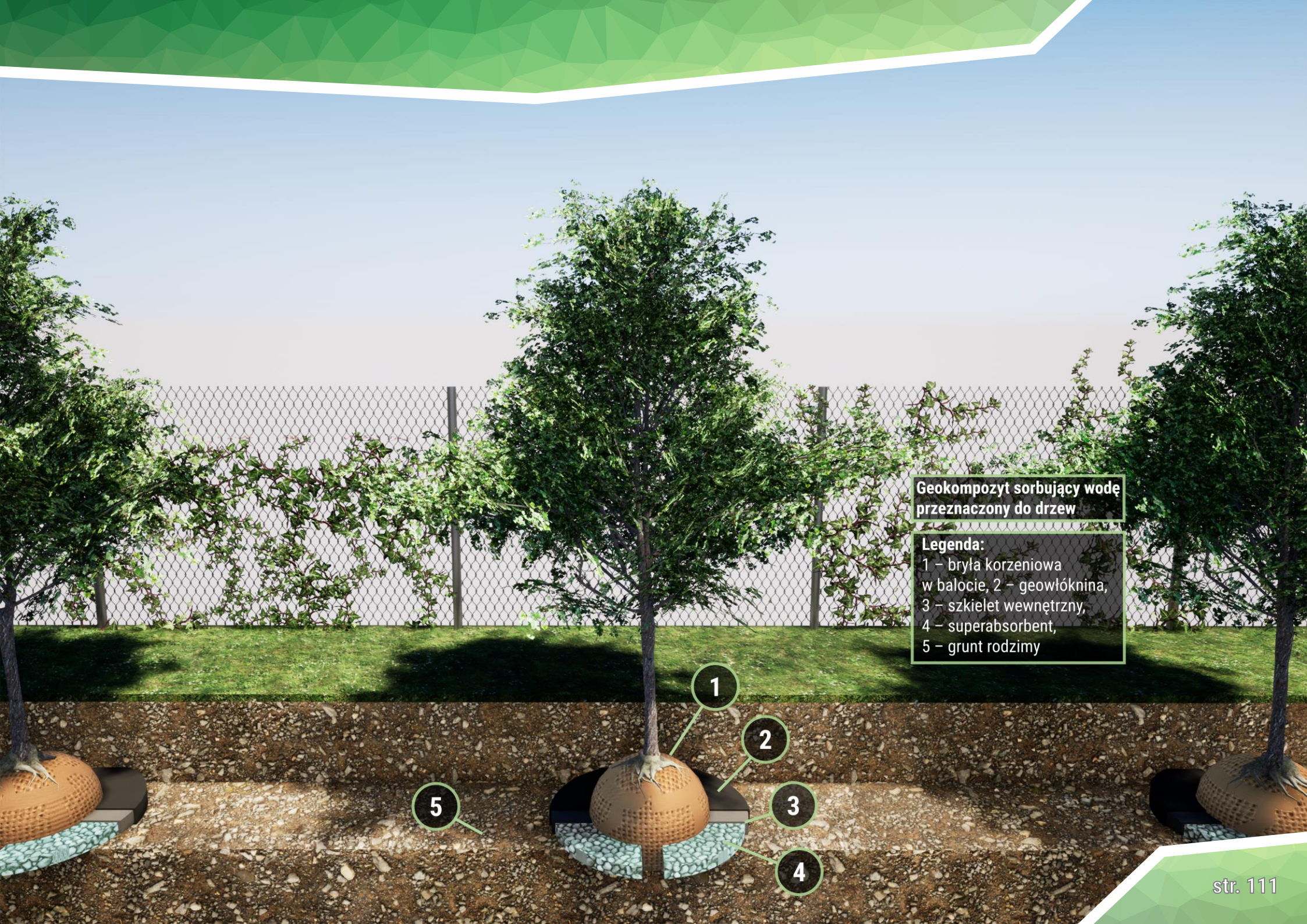
58

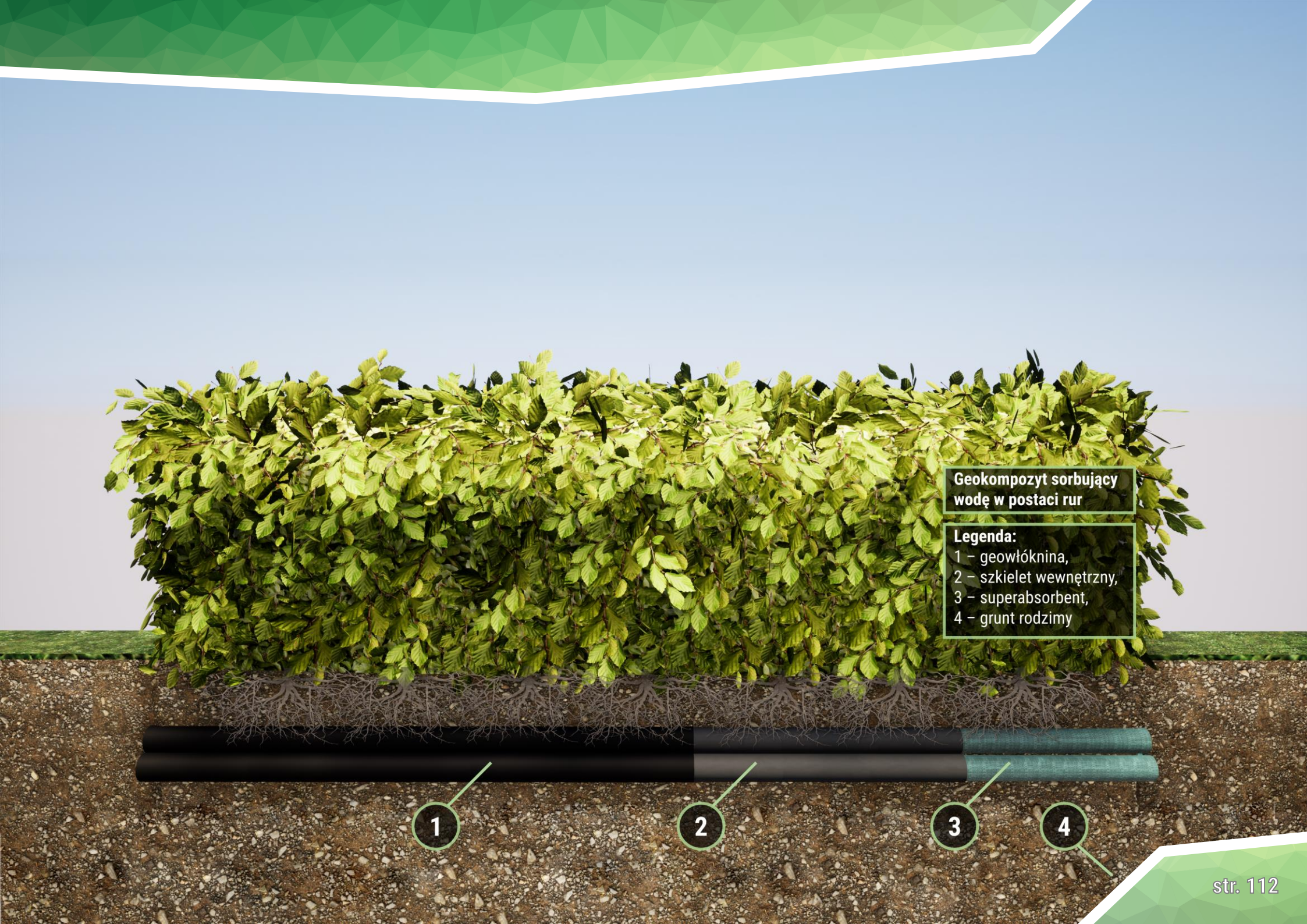


Fot. 58–60. Geokompozyt sorbujący wodę umieszczony w bryle korzeniowej oraz donicach (Wrocław, K. Lejcuś) 59

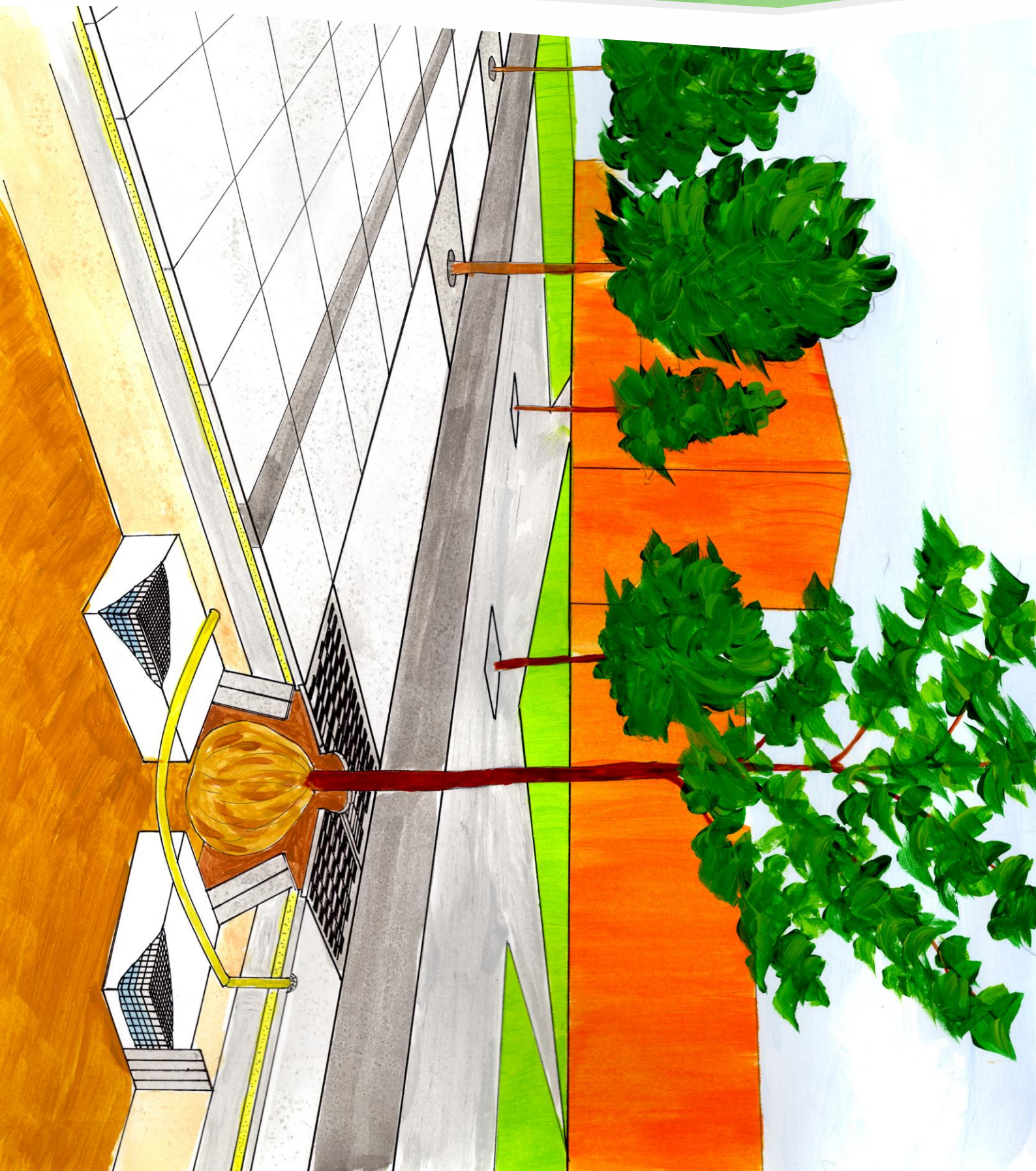


60


Geokompozyt sorbujący wodę przeznaczony do drzew
Legenda:
1 – bryła korzeniowa w balocie, 2 – geowłóknina, 3 – szkielet wewnętrzny, 4 – superabsorbent, 5 – grunt rodzimy
1
2
3
4
5


Geokompozyt sorbujący wodę w postaci rur
Legenda:
1 – geowłóknina,
2 – szkielet wewnętrzny,
3 – superabsorbent,
4 – grunt rodzimy
1
2
3
4

12 KONSTRUKCJE I PODŁOŻA MAGAZYNUJĄCE WODĘ WOKÓŁ DRZEW



12. Konstrukcje i podłoża magazynujące wodę wokół drzew

Opis rozwiązania

Systemy magazynujące wodę wokół drzew to specjalistyczne podłoża strukturalne lub dodatkowe moduły (zazwyczaj wykonane z tworzyw sztucznych) wraz z dobranym do nich specjalistycznym podłożem, wbudowywane w sąsiedztwie drzew. Z układów tych po opadzie woda jest w sposób kontrolowany absorbowana (pochłaniana) przez korzenie drzew. Prawidłowo funkcjonujacy system powinien pozytywnie oddziaływać na układ korzeniowy roślin, ograniczać problem stresu wodnego oraz nadmiernego zagęszczenia gleby i jej zbyt małej objętości w stosunku do potrzeb ukorzenienia.

Warianty rozwiązania:

- Podłoża strukturalne

To mieszanki kamienno-glebowe składające się z kruszywa o odpowiednio dobranej frakcji oraz substratu glebowego. Kruszywo tworzy szkielet, który może być podbudową dla konstrukcji nawierzchni pieszych i jezdnych. Zastosowane kruszywo łamane klinując się, zapewnia stabilność oraz tworzy puste przestrzenie, w których swobodnie przepływa woda, przemieszcza się powietrze i rozwija się system korzeniowy roślin. Puste przestrzenie pomiędzy kruszywem wypełnione są substratem, który wraz ze szkieletem kamiennym tworzy jednolitą całość. Podłoża strukturalne zapewniają możliwość dowolnego kształtowania przestrzeni korzenienia się dla drzew i mogą być stosowane nawet w warunkach powtarzającego się zasolenia. Altrernatywnie stosuje się podłoża strukturalne z domieszką hydrożelu.

- Misy z warstwą drenażu

W systemie tym warstwa drenażu zlokalizowana w dnie i alternatywnie po bokach wykopu zapewnia odpowiednią przepuszczalność podłoża oraz poprawę stosunków wodno-powietrznych w obrębie systemu korzeniowego. Warstwę drenażu stanowi żwir płukany (o granulacji 8–16 mm). Dodatkowo działanie drenażu można wspomóc instalacją z rur drenarskich. Następnie misę wypełnia się podłożem. System ten może być wspomagany wprowadzeniem rękawów z juty wypełnionych keramzytem w wykonane odwierty obok bryły korzeniowej.

- Moduły antykompresyjne

System ten zawiera w układzie moduły antykompresyjne wypełnione substratem, które instalowane są wokół drzew. Po opadzie korzenie drzew pobierają zaabsorbowaną w nich wodę. Nadmiar wody odprowadzany jest z opóźnieniem poza obszar nasadzeń, tzn. do kanalizacji lub do specjalnych zbiorników, skąd woda może być odzyskana i ponownie użyta np. do nawadniania w okresach suszy. Moduły antykompresyjne zapobiegają nadmiernemu zagęszczeniu substratu pod nawierzchniami utwardzonymi, tzn. konstrukcja modułów przejmuje duże obciążenia spowodowane ruchem pojazdów, podczas gdy substrat wewnątrz konstrukcji pozostaje nieskompresowany (nadmiernie zagęszczony), zapewniając drzewom optymalne warunki do rozwoju. Jako elementy dopełniające można zastosować układ rur drenarskich oraz moduły kierunkujące, które prowadzą do skierowania wzrostu korzeni drzew do głębszych warstw (w dół i na boki), zapobiegając w ten sposób przenikaniu korzeni do góry, a tym samym uszkodzeniom nawierzchni.

Korzyści:

- szybki i łatwy montaż, bez konieczności użycia specjalistycznego sprzętu;
- ukierunkowanie rozwoju systemu korzeniowego eliminujące uszkodzenia nawierzchni;
- możliwość demontażu rusztów wokół drzew, umożliwiająca konserwację systemu;
- możliwość integracji modułów kompensacyjnych z istniejącą lub planowaną infrastrukturą podziemną;

- moduły kompensacyjne wykonane z polipropylenu nadającego się do recyklingu;
- systemy zapewniają ochronę korzeni przed nadmiernym przesuszeniem, solą drogową, mechanicznym uszkodzeniem oraz nadmierną kompresją (zagęszczeniem) gleby;
- „dyskretne", nierzucające się w oczy elementy systemu.

Ograniczenia:

- w systemach bez elementów przyjmujących obciążenia z zabudowanych nawierzchni lub w źle dobranych mieszankach podłoży strukturalnych może wystąpić wraz z upływem lat silne zagęszczenie i ubicie gleby wpływające na pojawienie się oznak pogorszenia kondycji drzew;
- zastosowanie elementów systemów modułowych podraża koszt inwestycji;
- niezależnie od zastosowanego systemu warto pamiętać, że korzystny wpływ na drzewa rosnące w warunkach miejskich ma otwarta przestrzeń glebowa oraz związany z tym dostęp tlenu, wody oraz materii organicznej – średni wiek drzew rosnących w otoczeniu zabudowanych nawierzchni szacuje się na 7 lat, natomiast drzewa rosnące w pasach zieleni żyją średnio 4 razy dłużej.

Podstawowe potrzebne materiały

Rodzaj potrzebnych materiałów będzie uzależniony od wybranego wariantu rozwiązania:

Podłoża strukturalne:

- kruszywo łamane o różnym uziarnieniu, umożliwiającym ułożenie warstw o zmieniającej się granulacji (od największej do najmniejszej, licząc od dołu), np. kruszywo z zakresu frakcji 63–150 mm oraz 31,5–92 mm;
- specjalistyczny substrat (mieszanka mineralno-organiczna);
- ozdobny ruszt metalowy na powierzchni (wokół drzewa) lub kruszywo.

Misy z warstwą drenażową:

- żwir płukany o granulacji 8–16 mm;
- alternatywnie rury drenarskie;
- specjalistyczne podłoże;
- alternatywnie rękawy z juty wypełnione keramzytem;
- ozdobny ruszt metalowy na powierzchni (wokół drzewa) lub kruszywo.

Układy z modułami kompensacyjnymi:

- kruszywo na obsypkę (żwir płukany o granulacji 8–16 mm);
- moduły kompensacyjne;
- system napowietrzająco-nawadniający;
- wzmocniona (zbrojona) systemowa włóknina filtracyjna;
- specjalistyczny substrat;
- geowłóknina filtracyjna;
- alternatywnie moduł kierujący wzrost korzeni do dołu i na boki;
- ozdobny ruszt metalowy na powierzchni (wokół drzewa) lub kruszywo.

Etapy montażu

Etapy montażu zależą od wybranego rozwiązania. W przypadku podłoży strukturalnych:

1. Wykonać wykop (dół sadzeniowy) o wielkości dostosowanej do kształtu i rozmiaru systemu korzeniowego sadzonego drzewa.
2. Rozluźnić podłoże.
3. Na dnie wykonać drenaż z kruszywa.
4. Wprowadzić drzewo wraz z bryłą korzeniową.

5. Przestrzeń wokół drzewa wypełnić glebą miejscową/zastaną w celu minimalizowania różnic w budowie i stopniu zagęszczenia podłoża.
6. Pozostałą część przestrzeni w wykopie zapełnić mieszanką kruszywa łamanego, stosując warstwowy układ, tzn. o zmniejszającym się uziarnieniu (dolna warstwa kruszywa o granulacji 63–150 mm, a górna 31,5–92 mm).
7. W przestrzenie pomiędzy kruszywem dodawać stopniowo mieszankę substratu (podłoże powinno być jednorodne w całym profilu).
8. Na powierzchni terenu, wokół drzewa umieścić dekoracyjny ruszt lub ozdobne kruszywo, zapewniając możliwość przesiąkania wody opadowej w głąb systemu.

W przypadku zastosowania mis z warstwą drenażową:

1. Wykonać wykop (dół sadzeniowy) o wielkości dostosowanej do kształtu i rozmiaru systemu korzeniowego sadzonego drzewa.
2. Wyrównać dno wykopu.
3. Usypać warstwę drenażową wykonaną ze żwiru, alternatywnie dodatkowo zastosować rękawy z juty z wypełnieniem z keramzytu.
4. Umieścić drzewo wraz z bryłą korzeniową w wykopie.
5. Obsypać korzenie drzewa specjalistycznym substratem.
6. Na powierzchni terenu, wokół drzewa umieścić dekoracyjny ruszt lub ozdobne kruszywo, zapewniając możliwość przesiąkania wody opadowej w głąb systemu.

W przypadku zastosowania modułów antykompensujących wokół drzew:

1. Wykonać wykop (dół sadzeniowy) o wielkości dostosowanej do kształtu i rozmiaru systemu korzeniowego sadzonego drzewa.
2. Moduły ułożyć na równej powierzchni o dobrych właściwościach filtracyjnych (przepuszczalnych dla wody). W miejscach, gdzie okresowo występuje nadmiar wody, należy na dnie wykopu zamontować drenaż.
3. Moduły wypełnić specjalistycznym substratem warstwa po warstwie. Po wypełnieniu w każdej z warstw lekko zagęścić wprowadzony do niej substrat.
4. Alternatywnie zastosować system z modułami ukierunkowującymi korzenie do wzrostu w dół i na boki.
5. Na powierzchni terenu, wokół drzewa umieścić dekoracyjny ruszt lub ozdobne kruszywo, zapewniając możliwość przesiąkania wody opadowej w głąb systemu.

Zalecenia:

- Jeśli na terenie, na którym sadzone są drzewa, przewidywany jest wzmożony ruch ciężkich pojazdów, nie należy układać modułów w więcej niż 2 warstwach.
- Liczba użytych modułów zależy od dostępnego miejsca.
- Każdy etap wykonywania systemów, nawet taki, jak transport gleby czy sposób wprowadzania substratu między elementy systemów, należy wykonywać ze szczególną starannością, aby wyeliminować nadmierne zagęszczenie lub rozwarstwienie skomponowanej mieszanki i utratę odpowiednich właściwości w późniejszym okresie eksploatacji.
- Drzewa przed sadzeniem należy podlewać lub zanurzyć w wodzie (szczególnie dotyczy to małych drzew).

Możliwe miejsca zastosowania:

- zabudowa wielorodzinna;
- obiekty sportowe;
- obiekty handlowe;
- obiekty usługowe;
- tereny rekreacyjne;

- pasy zieleni przyulicznej, miejsca wąskie i narażone na zagęszczenie gleby oraz na zanieczyszczenia;
- ścisłe centra miast, tereny utwardzone, np. place i ciągi piesze (chodniki);
- miejsca, w których pod powierzchnią znajduje się infrastruktura techniczna.


61

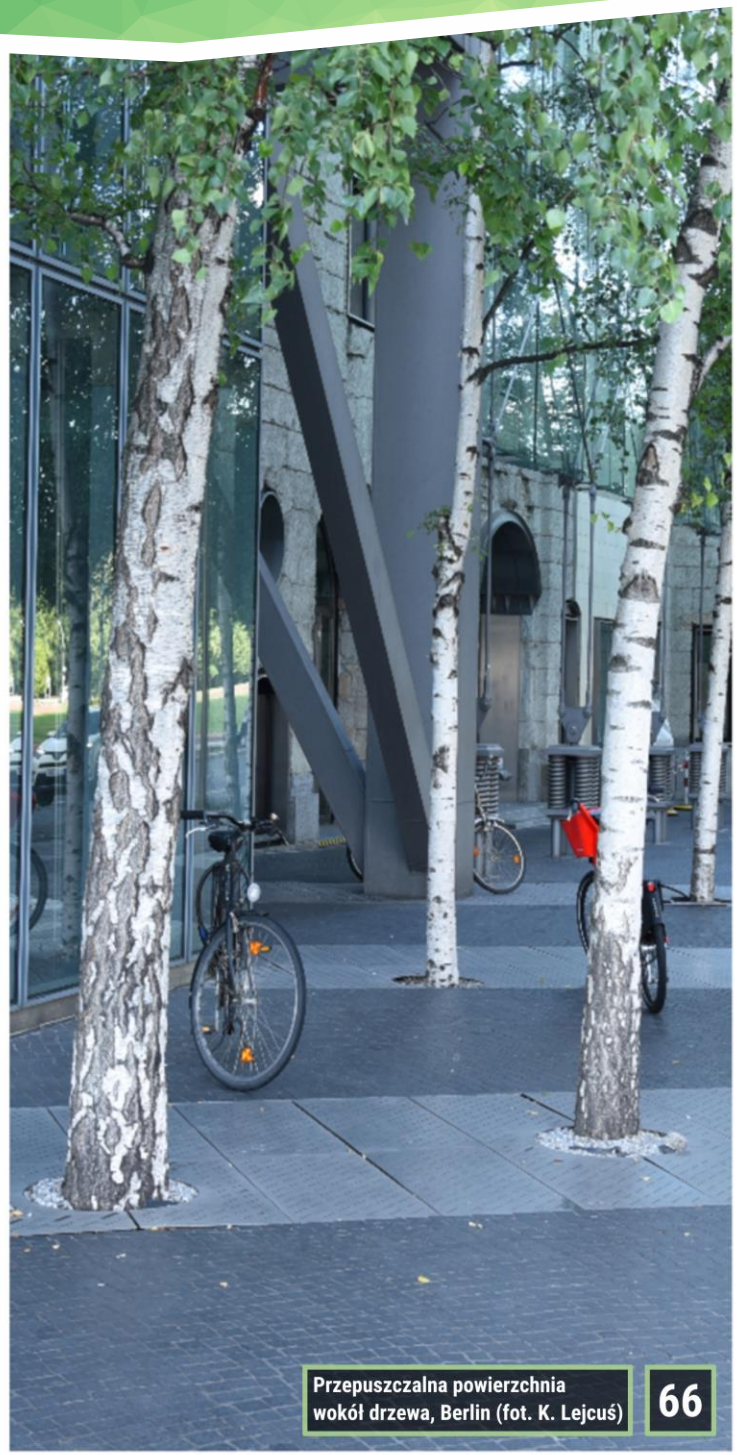

Fot. 61–64. Ażurowa przepuszczalna zabudowa wokół pnia drzewa, Berlin (fot. K. Lejcuś)
62


63


64



Przepuszczalna powierzchnia wokół drzewa, Londyn (fot. K. Lejcuś) 65



Przepuszczalna powierzchnia wokół drzewa, Berlin (fot. K. Lejcuś) 66



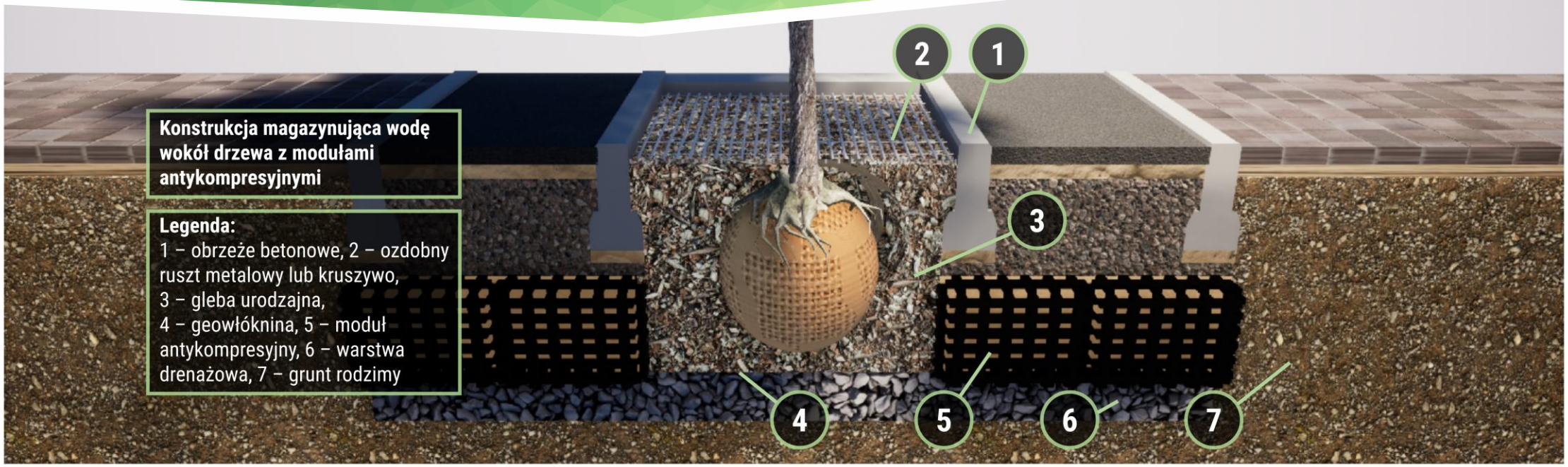
Nasadzenia wykonane z wykorzystaniem modułów antykompensacyjnych przy dworcu głównym PKP we Wrocławiu, Wrocław (fot. E. Burszta-Adamiak) 67



Konstrukcje retencjonujące wodę wokół drzew, Malmö (fot. E. Burszta- Adamiak) 68

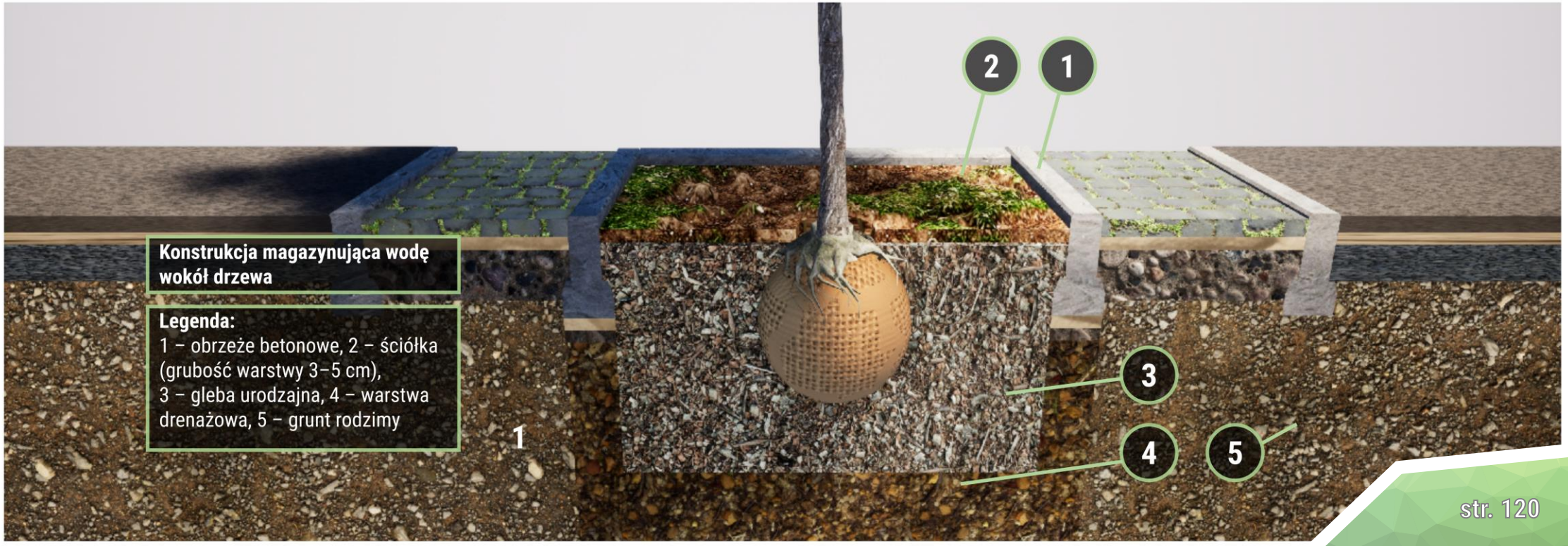


69 Konstrukcje retencjonujące wodę wokół drzew, Malmö (fot. E. Burszta- Adamiak)



Konstrukcja magazynująca wodę wokół drzewa z modułami antykompresyjnymi

Legenda:
1 – obrzeże betonowe, 2 – ozdobny ruszt metalowy lub kruszywo, 3 – gleba urodzajna, 4 – geowłóknina, 5 – moduł antykompresyjny, 6 – warstwa drenażowa, 7 – grunt rodzimy

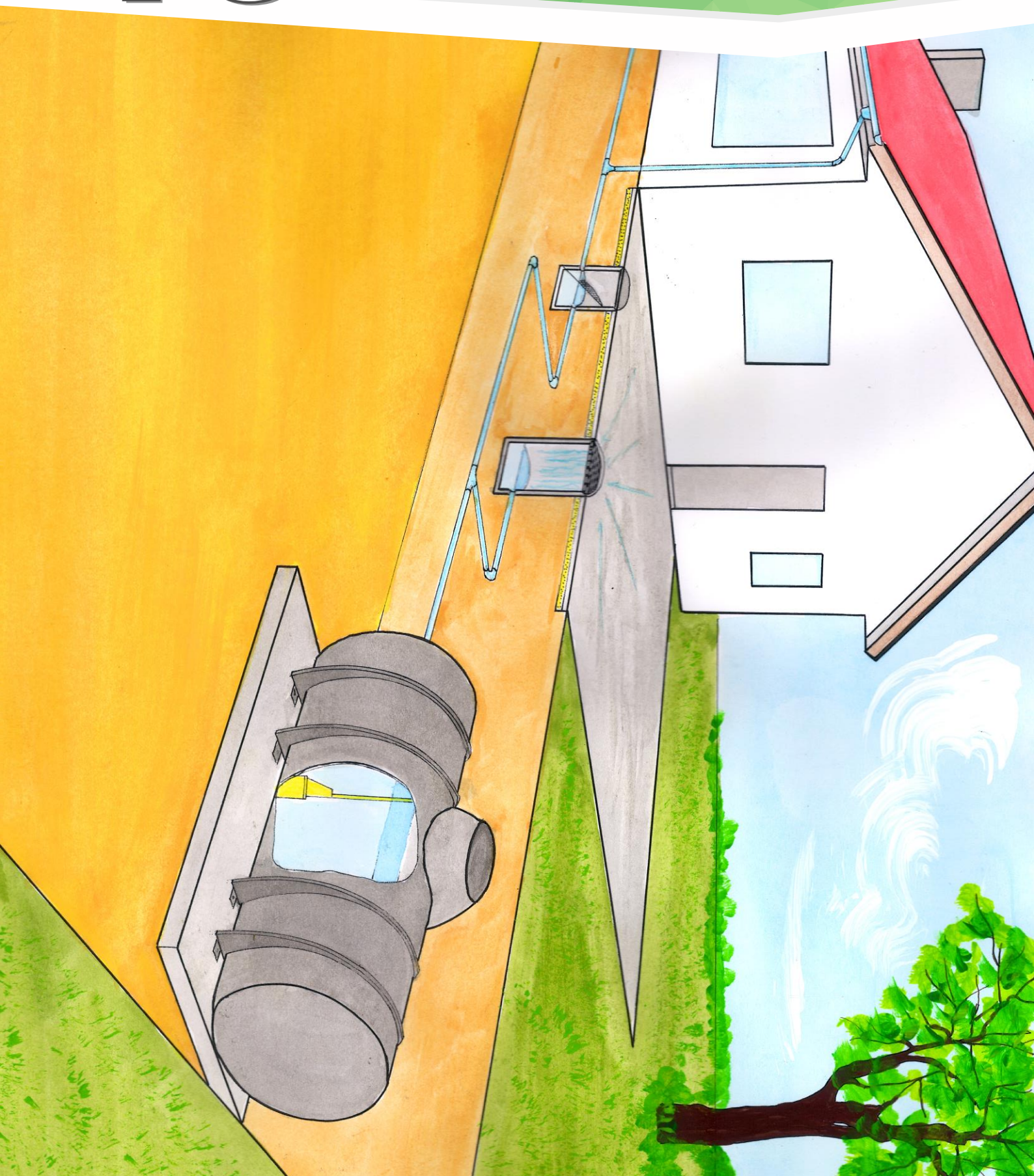


Konstrukcja magazynująca wodę wokół drzewa

Legenda:
1 – obrzeże betonowe, 2 – ściółka (grubość warstwy 3–5 cm), 3 – gleba urodzajna, 4 – warstwa drenażowa, 5 – grunt rodzimy

1

13 PODZIEMNY ZBIORNIK RETENCYJNY



13. Podziemny zbiornik retencyjny

Opis rozwiązania

Zbiorniki podziemne mają za zadanie gromadzić wodę opadową odprowadzaną z dachu rurami spustowymi. W zależności od przeznaczenia zgromadzonej deszczówki wyróżnia się systemy: ogrodowy lub domowo-ogrodowy. Wszystkie zbiorniki są wyposażone w filtr do zatrzymywania zanieczyszczenia i poprawy jakości wody. Na rynku dostępna jest szeroka gama zbiorników podziemnych o różnych kształtach oraz technice wykonania – żelbetowe, z tworzywa sztucznego oraz prefabrykowane. Pojemność może być indywidualnie dobierana w zależności od potrzeb, standardowo wynosi od 1500 do 50 000 litrów z możliwością łączenia w moduły. Podziemne zbiorniki są idealnym rozwiązaniem dla ograniczonych powierzchni użytkowych lub gdy zbiornik naziemny nie pasuje do aranżacji ogrodu.

Warianty rozwiązania:

- Systemy ogrodowe

Woda zgromadzona w zbiornikach podziemnych najczęściej jest stosowana do nawodnień w ogrodzie (okres wiosenno-jesienny), prac porządkowych oraz mycia samochodu. Zasada działania tego rozwiązania jest prosta. Woda opadowa zebrana z dachu poprzez rurę spustową doprowadzana jest do filtra, gdzie jest mechanicznie oczyszczana, a następnie trafia do zbiornika podziemnego. W przypadku intensywnych bądź długotrwałych opadów atmosferycznych nadmiar wody jest odprowadzany przelewem w bezpieczne miejsce lub ostatecznie do systemu kanalizacji deszczowej. Woda zmagazynowana w zbiorniku może być rozprowadzona w ogrodzie za pomocą węży ogrodowych i zraszaczy. Standardowy zestaw składa się ze zbiornika wyposażonego w filtr i przelew, skrzynki ogrodowej oraz pompy.

- Systemy domowo-ogrodowe

W tym rozwiązaniu woda opadowa zgromadzona w zbiorniku jest zagospodarowana w ogrodzie, a także na cele bytowo-gospodarcze, np. prace porządkowe, pranie, spłukiwanie toalet. Niezbędne jest wykonanie odrębnej instalacji wodociągowej, tak aby woda pitna nie mieszała się z opadową. Standardowy system składa się ze zbiornika wyposażonego w filtr, przelew oraz punkt poboru wody na zewnątrz obiektu, dodatkowo zawiera pompę i instalację umożliwiającą rozprowadzenie wody wewnątrz budynku. W przypadku okresowego niedoboru wody opadowej system jest zasilany wodą wodociągową. Ze względu na konieczność budowy odrębnej instalacji wodociągowej rozwiązanie jest zalecane dla obiektów będących na etapie projektowym.

Korzyści:

- nie zajmuje powierzchni użytkowej;
- możliwość zgromadzenia nawet do 50 000 l wody w jednym zbiorniku;
- wytrzymałość zbiornika pozwala na lokalizację w miejscach o dużym natężeniu ruchu;
- ograniczenie zużycia wody wodociągowej, co stanowi dużą oszczędność pieniędzy oraz zasobów;
- zastosowanie wody zgromadzonej w zbiorniku jest zalecane przy prowadzeniu nawodnień ze względu na brak substancji chemicznych obecnych w wodzie wodociągowej;
- woda zgromadzona w zbiorniku może być wykorzystana do prac porządkowych oraz mycia samochodu, spłukiwania toalety czy ochrony przeciwpożarowej;
- ograniczenie kosztów związanych z odprowadzeniem wody opadowej do systemu kanalizacji deszczowej;
- ograniczenie przeciążenia systemów kanalizacji deszczowej;
- magazynowanie wody opadowej ogranicza rozprzestrzenianie zanieczyszczeń, zmniejszając negatywny wpływ na lokalne środowisko.

Ograniczenia:

- wysoki koszt wykonania;
- niekorzystne warunki hydrogeologiczne.

Podstawowe potrzebne materiały:

- zbiornik podziemny o odpowiednio dobranej pojemności;
- pompa;
- skrzynka ogrodowa;
- kruszywo o granulacji 8–16 mm;
- rurociągi doprowadzający i odprowadzający.

Etapy montażu:

1. Wybrać lokalizację zbiornika: posadowienie min. 3 m (zalecane 5 m) od budynku oraz 2 m od granicy działki.
2. Wykonać prace porządkowe na terenie planowanej lokalizacji zbiornika.
3. Przygotować wykop o wymiarach zewnętrznych większych o mniej więcej 0,5 m od obrębu bryły zbiornika.
4. Oczyścić wykop z grubszych kamieni oraz wypoziomować dno.
5. Wykonać 0,15–0,20 m podsypki z piasku lub żwiru o granulacji 8–16 mm, wolnych od kruszywa o ostrych krawędziach.
6. Zagęścić podsypkę.
7. Ułożyć oraz wypoziomować zbiornik na zagęszczonym podłożu.
8. Stopniowo napełniać zbiornik wodą przy równoczesnym zasypywaniu wykopu. Przy zasypywaniu wykopu należy zastosować żwir o maksymalnym uziarnieniu 8–16 mm, a zagęszczanie powinno odbywać się warstwami o grubości ok. 0,3 m.
9. Zamontować rurociągi dopływowe, odpływowe i techniczne.
10. Zgodnie z przeznaczeniem zbiornika należy zastosować zwieńczenia oraz w razie niekorzystnych warunków gruntowych dociążenie warstwą kruszywa.

Zalecenia:

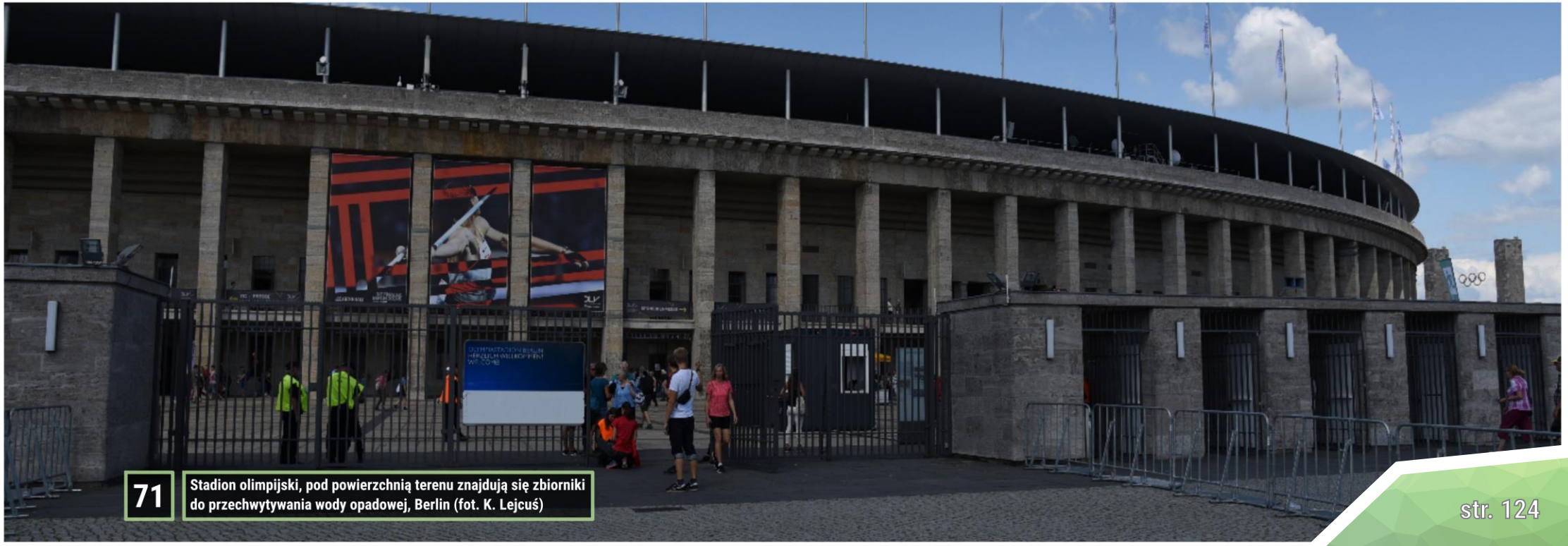
- Zbiornik należy zlokalizować w takim miejscu, aby był dostępny w przypadku konieczności konserwacji. Otwór wylotowy powinien być wystarczająco duży, aby zainstalować pompę i usuwać osad.
- Jeśli zbiornik ma być zainstalowany w strefie ruchu, jego kołnierz i pokrywa powinny być wykonane z materiałów o odpowiedniej nośności.

Możliwe miejsca zastosowania:

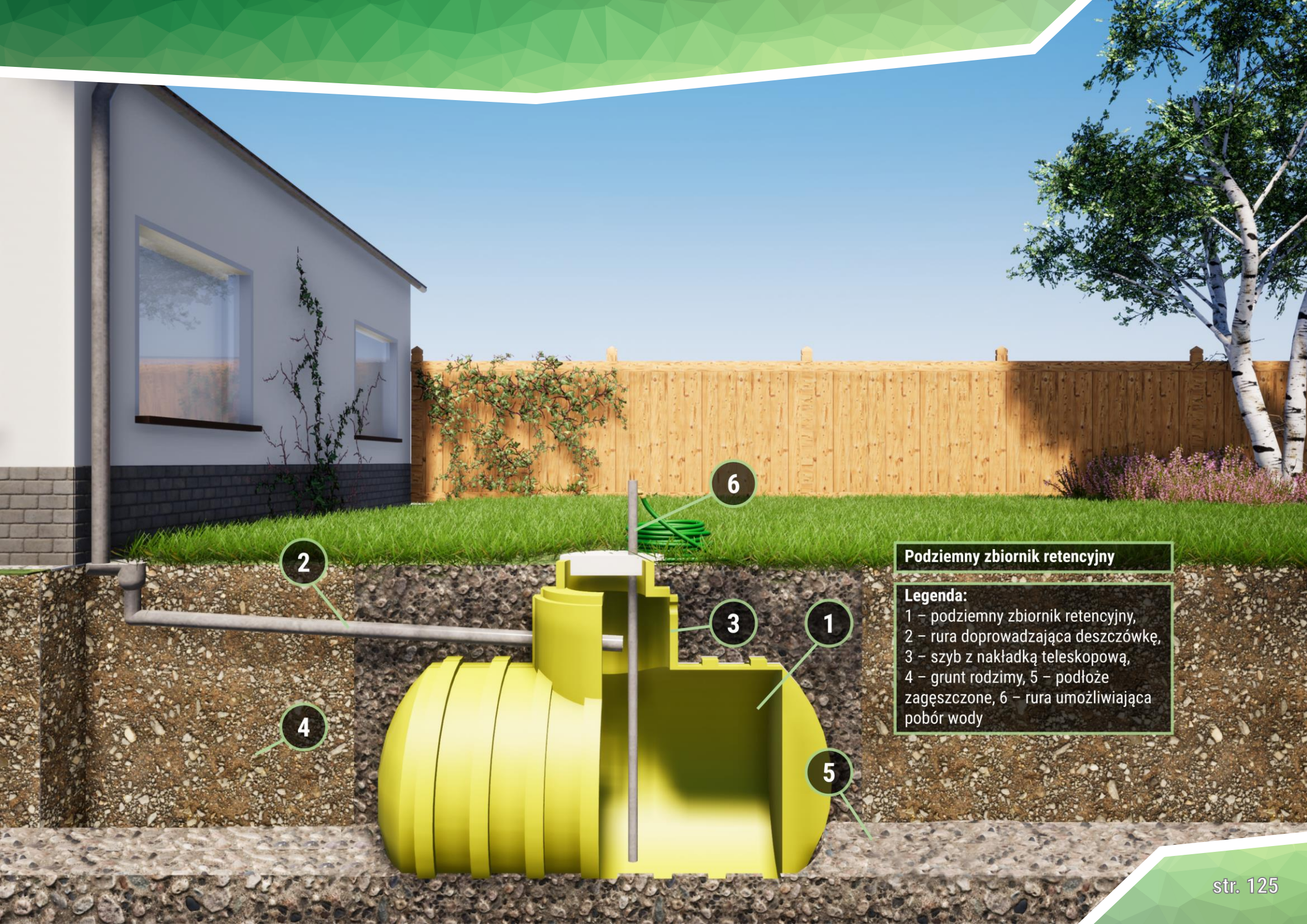
- budynki mieszkalne (jednorodzinne i wielorodzinne);
- urzędy, centra handlowe;
- obiekty przemysłowe;
- obiekty edukacyjne (szkoły);
- obiekty służby zdrowia (szpitale, przychodnie).



Budowa zbiornika retencyjnego z modułów retencyjnych w Niemczech, Niemcy (fot. Funke Kunststoffe) 70



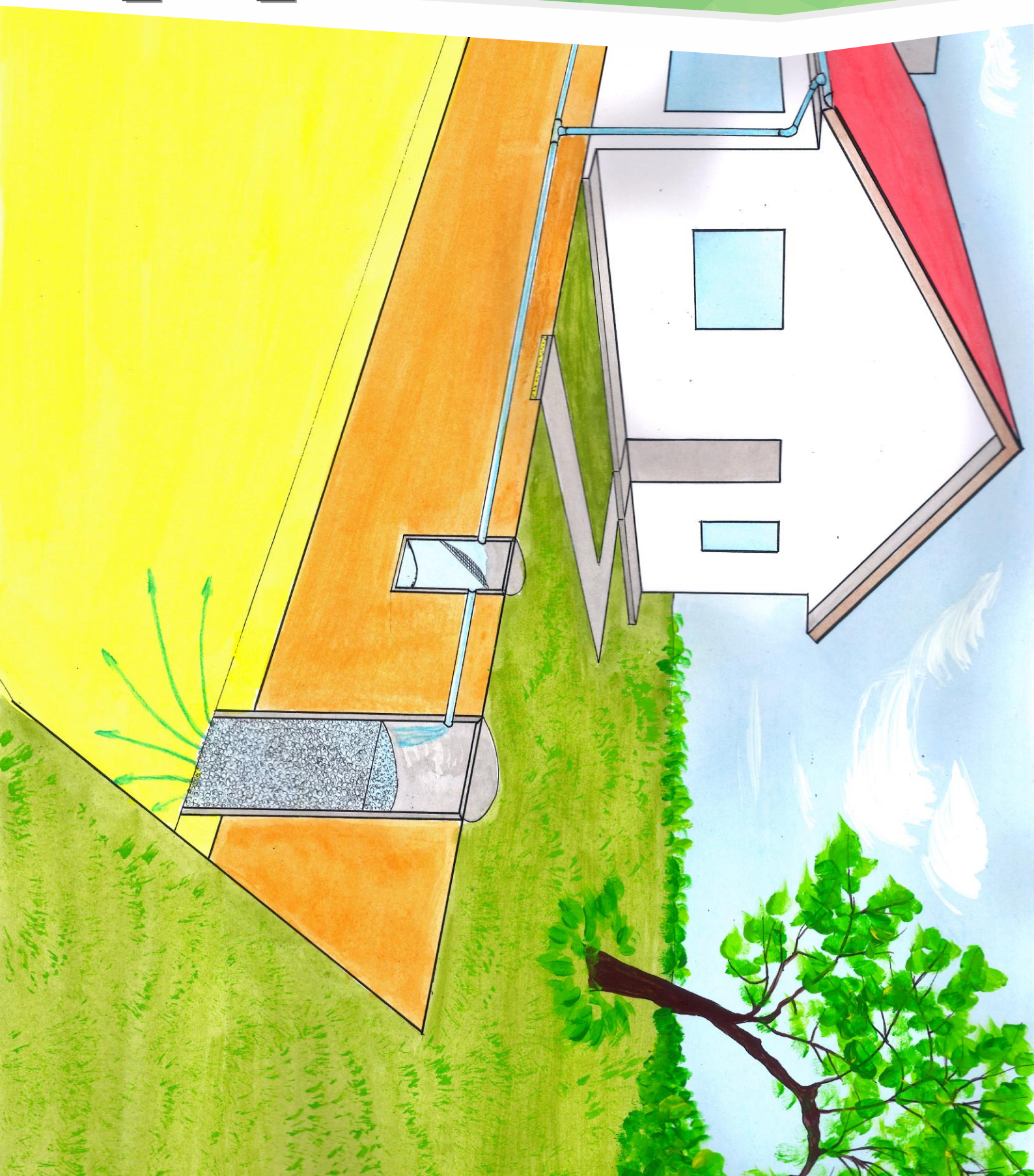
71 Stadion olimpijski, pod powierzchnią terenu znajdują się zbiorniki do przechwytywania wody opadowej, Berlin (fot. K. Lejcuś)



Podziemny zbiornik retencyjny

Legenda:
1 – podziemny zbiornik retencyjny,
2 – rura doprowadzająca deszczówkę,
3 – szyb z nakładką teleskopową,
4 – grunt rodzimy, 5 – podłoże zagęszczone, 6 – rura umożliwiająca pobór wody

14 STUDNIA CHŁONNA



14. Studnia chłonna

Opis rozwiązania

Studnia chłonna to pionowy zbiornik stosowany samodzielnie do punktowej infiltracji wody opadowej lub jako element złożonego systemu, np. przydomowej oczyszczalni ścieków. Rozwiązanie to umożliwia szybkie zebranie deszczówki oraz równomierne odprowadzanie jej do gruntu. Najczęściej jest wykonywana z betonowych kręgów lub prefabrykatów z tworzyw sztucznych o średnicy 0,8–2,5 m, a jej głębokość jest uzależniona od lokalnych warunków hydrogeologicznych (zazwyczaj 2–3 m). Zasada działania tego rozwiązania jest prosta: wody opadowe zbierane z powierzchni dachu są doprowadzane przewodem wlotowym na warstwę filtracyjną i podczyszczone infiltrują do podłoża. Standardowo warstwa filtracyjna składa się z płukanego kruszywa, np. żwiru lub pospółki. Podczyszczone ścieki zasilają wody gruntowe przez otwory o średnicy 2–4 cm wykonane na wysokości warstw filtracyjnych oraz przez nieuszczelnione dno. Zastosowanie studni chłonnej jest uzasadnione w sytuacji, gdy odprowadzenie wód opadowych jest niemożliwe ze względu na płytko zalegające warstwy nieprzepuszczalne. Należy zwrócić szczególną uwagę na wody silnie zanieczyszczone, doprowadzane z parkingów czy terenów przemysłowych, gdyż wówczas zachodzi konieczność montażu separatora substancji ropopochodnych.

Korzyści:

- możliwość równomiernego odprowadzania wody do głęboko zalegających warstw przepuszczalnych gruntu;
- nie zajmuje dużo powierzchni użytkowej;
- łatwy i szybki montaż;
- nie utrudnia ruchu pieszych i może być stosowana na powierzchniach utwardzonych;
- łatwa w eksploatacji, wymaga gruntownego oczyszczania raz na 10 lat;
- możliwość stosowania na terenach, na których nie ma odbiornika lub gdy istniejący ma zbyt małą przepustowość.

Ograniczenia:

- konieczność wykonania badań hydrogeologicznych podłoża;
- wysoki poziom wód gruntowych.

Podstawowe potrzebne materiały:

- kręgi betonowe lub studnia z gotowych prefabrykatów;
- żwir 8–32 mm;
- piasek płukany;
- geowłóknina,
- rura PCV.

Etapy montażu:

1. Wybrać lokalizację: 3–5 m od granic działki, min. 2 m od budynku, 30 m od studni wodociągowej; dno powinno znajdować się 1,5 m powyżej zwierciadła wody gruntowej.
2. Wykonać wykop pod studnię o głębokości określonej na podstawie badań hydrogeologicznych podłoża.
3. Wykonać wykop pod rury doprowadzające wody opadowe. Rury powinny znajdować się poniżej poziomu przemarzania gruntu (dla Wrocławia – 0,8 m), a wlot ok. 0,2 m nad warstwą filtracyjną.
4. Zabezpieczyć wykop geowłókniną.
5. Wypełnić, umieszczając na dnie warstwę żwiru o grubości ok. 0,15–0,20 m i zagęścić.
6. Ułożyć kręgi betonowe lub gotową studnię z tworzywa sztucznego.
7. Podłączyć rurę doprowadzającą wodę do studni.

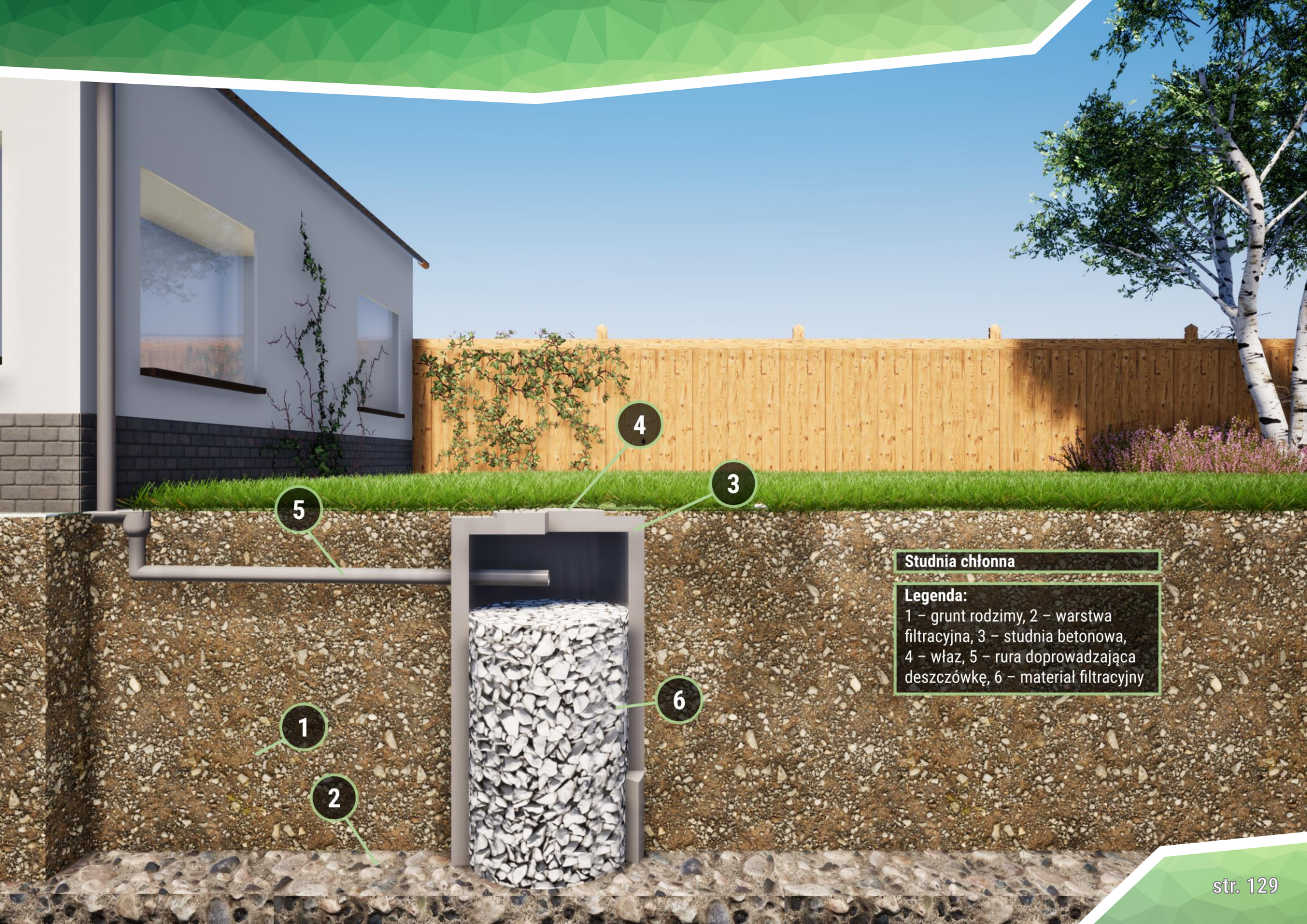
8. Zasypać system warstwą filtracyjną ze żwiru, tak aby zalegała ok. 0,2 m poniżej wlotu.
9. Zasypać wykop wokół studni. Wykop należy zasypywać i zagęszczać warstwami żwiru lub oczyszczonego gruntu rodzimego (grubość warstwy – 0,2 m).

Zalecenia:

- W pobliżu studni nie należy sadzić roślin zapuszczających głębokie korzenie.
- Betonowe kręgi należy układać tak, aby zagłębić się min. 0,2–0,3 m w warstwę gruntów przepuszczalnych.
- Zaleca się stosować płytę oporową zabezpieczającą warstwę filtracyjną przed wymywaniem w czasie intensywnych opadów.

Możliwe miejsca zastosowania:

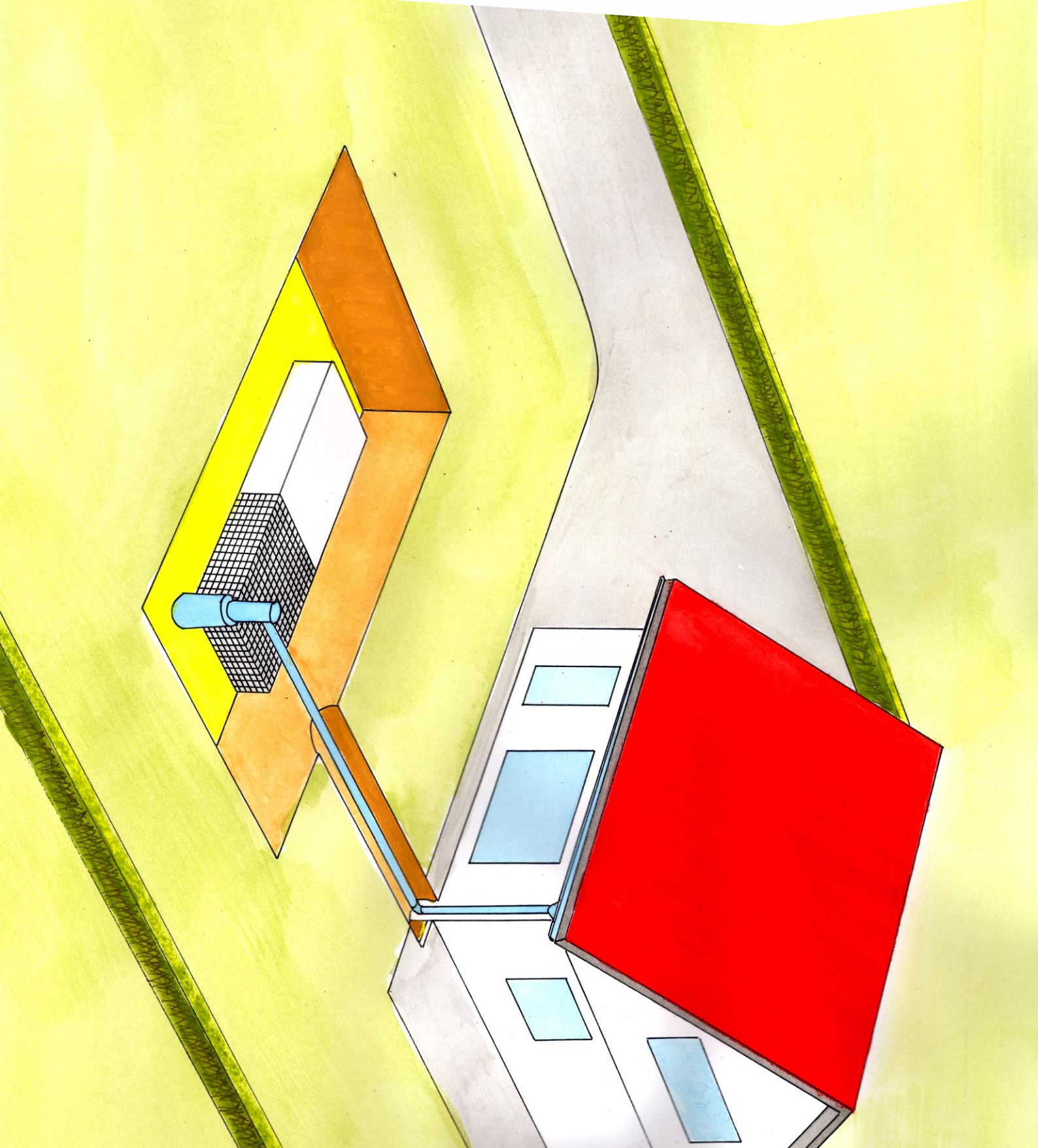
- budynki mieszkalne (jednorodzinne i wielorodzinne);
- urzędy, centra handlowe;
- obiekty przemysłowe;
- obiekty edukacyjne (szkoły);
- obiekty służby zdrowia (przychodnie, szpitale);
- parkingi.



Studnia chłonna

Legenda:
1 – grunt rodzimy, 2 – warstwa filtracyjna, 3 – studnia betonowa, 4 – właz, 5 – rura doprowadzająca deszczówkę, 6 – materiał filtracyjny

15 SKRZYNKI RETENCYJNO--ROZSĄCZAJĄCE



15. Skrzynki retencyjno-rozsączające

Ogólny opis rozwiązania

Skrzynki retencyjno-rozsączające to podziemne zbiorniki wykonane z tworzyw sztucznych w kształcie prostopadłościanów o ażurowych ścianach. W zależności od potrzeb (osiągnięcia wymaganej długości oraz pojemności) można łączyć je w moduły (w pionie i w poziomie), w układach jedno- lub wielowarstwowych. Przeznaczone są do ujęcia wstępnie podczyszczonych wód opadowych, a następnie ich rozsączania i infiltracji (wsiąkania) do gruntu lub zretencjonowania w celu późniejszego odprowadzenia do odbiornika lub powtórnego wykorzystania, np. do podlewania przydomowego ogrodu, zieleni miejskiej itp.

Warianty rozwiązania:

Rozwiązanie z rozsączaniem

W tym układzie wody opadowe zebrane z odwadnianej/uszczelnionej powierzchni są transportowane układem rur kanalizacyjnych najpierw do urządzenia podczyszczającego, a następnie do zbiornika wykonanego z ażurowych skrzynek owiniętych geowłókniną. Urządzenie podczyszczające chroni układ przed zamuleniem oraz pozwala na usunięcie części zanieczyszczeń dopływających wraz ze spływem. Woda, która dopłynęła do zbiornika, wsiąka w grunt przez dno i częściowo boki zbiornika. Gdy napływ wody jest większy niż możliwość odbioru podłoża gruntowego, system przyjmuje funkcję retencyjną, a nadmiar wód odprowadzany jest systemem kanalizacji deszczowej lub za pomocą innego systemu chłonnego zaplanowanego na terenie inwestycji, np. studni chłonnej, oczka wodnego itp. Każdorazowo powinno być wykonane odpowietrzenie układu za pomocą rury wywiewnej instalowanej w module ze skrzynek i wyprowadzonej ponad teren.

Rozwiązanie z retencją

Ten system różni się od poprzedniego wariantu tym, że układ skrzynek owinięty jest nieprzepuszczalną folią PVC lub PE (zamiast geowłókniną), która zapobiega infiltracji (wsiąkaniu) wód opadowych do gruntu. Zbiornik magazynujący wodę opadową umożliwia jej późniejsze wykorzystanie, np. do podlewania ogrodu, lub spowolnione odprowadzenie odpływu do systemu kanalizacji deszczowej lub ogólnospławnej. Takie rozwiązanie stosuje się, gdy na danym terenie występują grunty słabo przepuszczalne, np. gliny, iły, lub gdy nadrzędnym celem systemu jest zretencjonowanie wód do późniejszego wykorzystania.

Korzyści:

- mały ciężar skrzynek;
- prosty montaż systemu, niewymagający używania ciężkiego sprzętu;
- skrócenie czasu montażu w stosunku do konwencjonalnych zbiorników wykonanych np. z betonu;
- wielofunkcyjność – w zależności od sposobu zabudowy, uwarunkowań lokalnych (gruntowo-wodnych) skrzynki mogą pełnić funkcję: rozsączania (woda deszczowa jest zbierana w układzie skrzynek, po czym infiltruje do otaczającego gruntu), retencji (czasowa retencja – rozwiązanie alternatywne do konwencjonalnego układu kanalizacji deszczowej, zapewnia przechowywanie i wolniejszy odpływ wody, np. do kanalizacji czy cieków wodnych), magazynowania (jako podziemny zbiornik do magazynowania wody deszczowej z późniejszym wykorzystaniem tych wód np. do celów gospodarczych);
- oszczędność miejsca, w którym instalowane są skrzynki – wykorzystanie go nie tylko jako terenu z instalacją odwadniającą, ale także po ich podziemnej zabudowie jako terenu o innym przeznaczeniu, np. parkingu, boiska;
- można stosować na terenach, na których nie ma odbiornika lub istniejący ma zbyt małą przepustowość;

- przy odpowiednim doborze skrzynek wysoka odporność na zniszczenie zarówno od obciążeń statycznych (przykrywający i otaczający je grunt), jak i dynamicznych (ruch pojazdów); możliwość stosowania na terenach przeznaczonych do ruchu pieszego i kołowego;
- konstrukcja skrzynek pozwala na budowę zbiorników dowolnej wielkości;
- dowolność konfiguracji podczas montażu (skrzynki można układać szeregowo lub blokowo, w jednej lub kilku warstwach), dopasowując układ do uwarunkowań lokalnych;
- dostępne kalkulatory doboru skrzynek na wielu stronach producentów i eksperckich, które umożliwiają wstępne oszacowanie wielkości i kosztów inwestycji;
- wysoka wydajność magazynowania rzędu 90–95%;
- dostępne w wersji skrzynek nieinspekcyjnych oraz inspekcyjnych, tj. z możliwością kontroli z wykorzystaniem kamer i czyszczenia za pomocą sprzętu czyszczącego (np. dysza ciśnieniowa, przewód ssawny); możliwość łączenia skrzynek o ww. przeznaczeniu, czyli zastosowania układów mieszanych.

Ograniczenia:

- skrzynki o funkcji retencyjno-rozsączającej do gruntu mogą być stosowane tylko w gruntach przepuszczalnych i przy niskim poziomie wody gruntowej;
- w przypadku braku okresowej inspekcji i czyszczenia wydajność hydrauliczna systemu może ulec znacznemu obniżeniu.

Podstawowe potrzebne materiały:

- rury drenarskie/kanalizacyjne o pełnych ściankach, doprowadzające wody opadowe z powierzchni odwadnianej do układu skrzynek;
- podsypka i obsypka żwirowa o granulacji (uziarnieniu) np. 8–16, 16–32 mm lub warstwa piasku gruboziarnistego;
- skrzynki retencyjno-rozsączające;
- elementy łączące skrzynki modułowo, tj. zatrzaski, klipsy, rurki itp.;
- geowłóknina ochronna do osłony skrzynek rozsączających;
- folia PVC lub PE (w przypadku budowy podziemnych zbiorników do retencjonowania wody);
- elementy towarzyszące, np. studzienka rewizyjna, regulator przepływu itp. oraz podczyszczające, np. studzienki osadnikowe, separator;
- rury wywiewne do odpowietrzenia skrzynek.

Etapy montażu:

1. Wykonać wykop o głębokości większej o min. 40 cm od wielkości modułu skrzynek retencyjno-rozsączających.
2. Na dnie ułożyć min. 10–15 cm podsypki żwirowej.
3. Na dnie ułożyć geowłókninę (w przypadku rozsączania do gruntu) lub geowłókninę i/lub folię PVC lub PE (w przypadku retencji), pozostawiając po bokach odpowiedni zapas, aby można było owinąć skrzynki ze wszystkich stron.
4. Na geowłókninie/folii układać skrzynki, łącząc je w zaprojektowane moduły.
5. Skrzynki owinąć dokładnie geowłókniną/folią, pozostawiając zakładkę o długości 15–50 cm.
6. W miejscach wlotów przewodów dopływowych naciąć geowłókninę/folię, następnie wsunąć przewód dopływowy, tak aby geowłóknina ściśle przylegała do rury.
7. Wykonać połączenie skrzynek z przewodami dopływowymi oraz zaprojektowanymi studzienkami, np. osadnikową, rewizyjną itd.
8. Wykonać na drugim końcu układu skrzynek odpowietrzenie zakończone wywiewką. Rurę z wywiewką wyprowadzić ok. 50 cm ponad poziom terenu.

9. Zasypać boczne przestrzenie warstwą obsypki żwirowej grubą na 15–30 cm. Wyrównać podłoże i zagęścić grunt do parametrów przewidywanego obciążenia terenu z odwodnieniem.

Możliwe miejsca zastosowania:

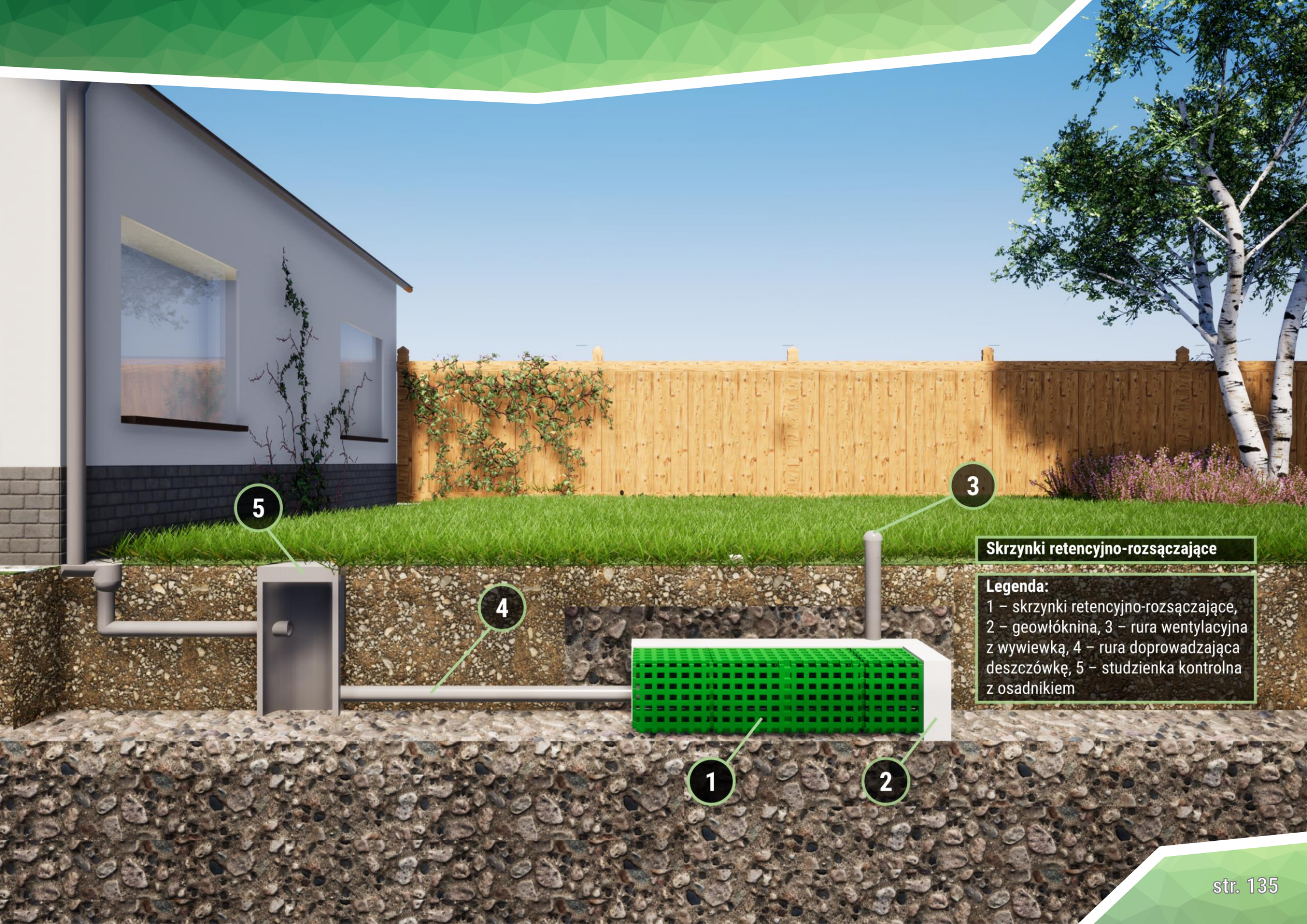
- parkingi;
- zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna;
- obiekty sportowe;
- budynki użyteczności publicznej, w tym szkoły, domy kultury itp.;
- obiekty handlowe;
- hale przemysłowe i logistyczne;
- place manewrowe;
- stacje przeładunkowe;
- lotniska;
- biurowce;
- drogi.







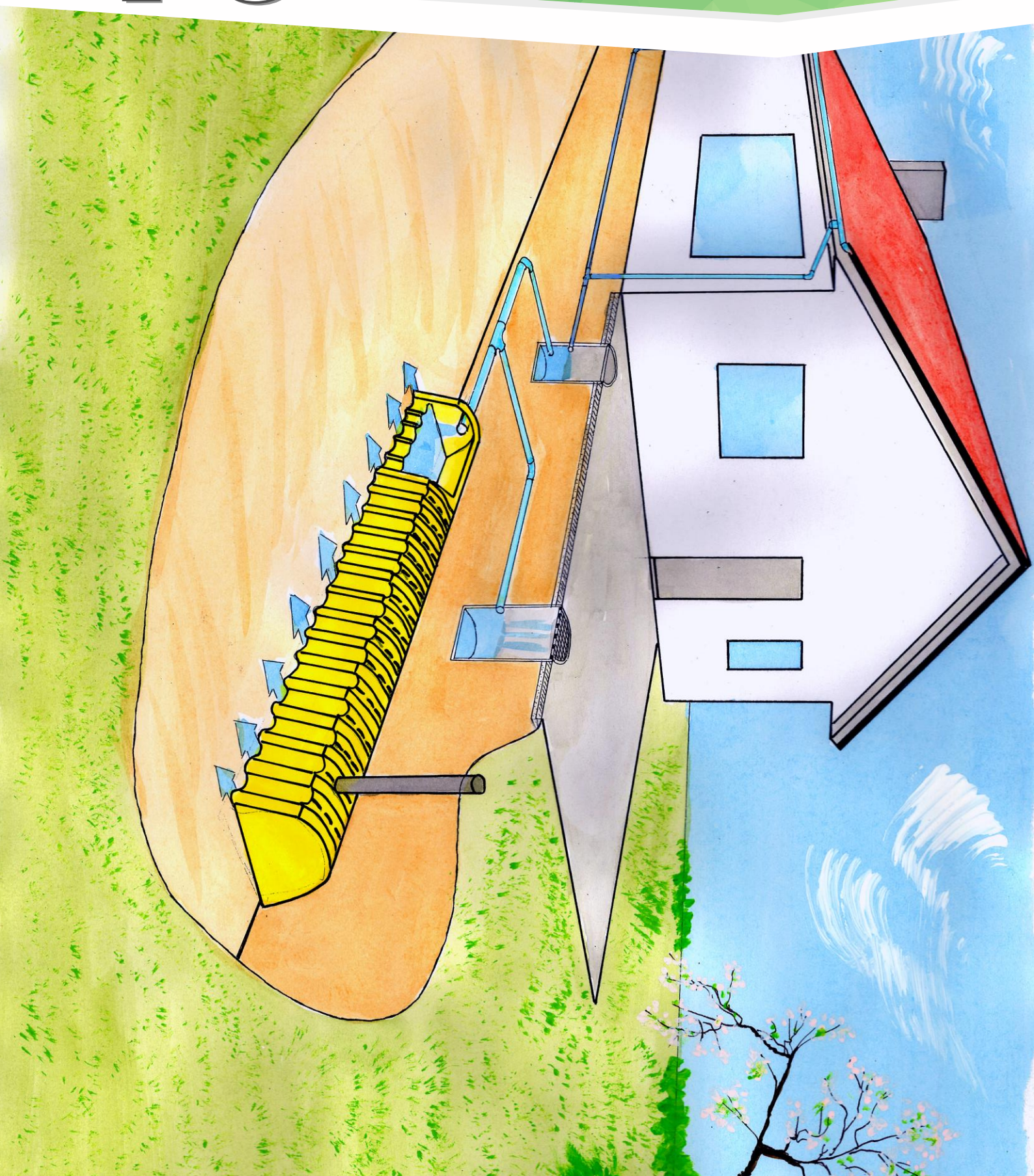
Fot. 72–74. Budowa zbiornika retencyjnego ze skrzynek retencyjno-rozsączajacych na osiedlu mieszkaniowym we Wrocławiu, Wrocław (fot. E. Burszta-Adamiak)



Skrzynki retencyjno-rozsączające

Legenda:
1 – skrzynki retencyjno-rozsączające,
2 – geowłóknina, 3 – rura wentylacyjna z wywiewką, 4 – rura doprowadzająca deszczówkę, 5 – studzienka kontrolna z osadnikiem

16 KOMORY DRENAŻOWE



16. Komory drenażowe

Opis rozwiązania

Komory drenażowe to urządzenia w kształcie odwróconej litery U, o otwartym dnie i ze szczelinami w dolnych częściach ścian bocznych, wykonane z wysoko wytrzymałego tworzywa sztucznego. System zagospodarowujący wody opadowe zbudowany z komór może być złożony z jednego lub kilku elementów modułowych oraz płyt zamykających, układanych w jednej lub kilku równoległych liniach/nitkach na tym samym poziomie. Układ może być rozbudowywany w zależności od potrzeb. Komory drenażowe umożliwiają, w zależności od uwarunkowań gruntowo-wodnych, retencjonowanie lub rozsączanie wód opadowych do gruntu. Czasowo zatrzymana woda w systemie może być następnie rozsączona do gruntu lub odprowadzona z określoną wydajnością do odbiornika (np. kanalizacji, rowów, cieków wodnych). Inne przeznaczenie zgromadzonej wody wiąże się z wykorzystaniem jej na cele gospodarcze, np. do podlewania ogrodu lub zieleni miejskiej, spłukiwania toalet oraz prac porządkowych. Komory drenażowe mogą być stosowane wszędzie tam, gdzie istnieją ograniczenia przestrzenne i gdzie włączenie dodatkowej ilości wód opadowych do sieci kanalizacyjnej jest utrudnione, kosztowne lub wręcz niemożliwe.

Korzyści:

- lekka i modułowa konstrukcja;
- prosty montaż systemu, niewymagający używania ciężkiego sprzętu i wykonywania głębokich wykopów; montaż komór na tzw. zakładkę nie wymaga stosowania dodatkowo klipsów czy innych elementów łączących;
- konstrukcja tuneli pozwala na budowę zbiorników o dowolnej wielkości;
- skrócenie czasu montażu w stosunku do konwencjonalnych zbiorników wykonanych np. z betonu;
- możliwość stosowania na terenach, na których nie ma odbiornika lub istniejący ma zbyt małą przepustowość;
- przy odpowiednim doborze komór wysoka wytrzymałość mechaniczna, tj. odporność na zniszczenie zarówno od obciążeń statycznych (przykrywający i otaczający je grunt), jak i dynamicznych (ruch pojazdów), możliwość stosowania na terenach przeznaczonych do ruchu pieszego i kołowego;
- tunele mają dużo wolnej przestrzeni, zapewniającej stosunkowo dużą zdolność do czasowej retencji, przy jednocześnie małym zapotrzebowaniu na teren; wyeliminowanie „przeszkód konstrukcyjnych” w tunelach spowalnia także proces kolmatacji (zapychania się systemu w trakcie eksploatacji);
- komory drenażowe mogą być docinane na placu budowy, co pozwala na skrócenie długości układanego rzędu komór i dopasowanie do możliwości terenowych (dostępności terenu);
- dzięki dużej powierzchni rozsączania można je stosować także na terenach słabo przepuszczalnych;
- dzięki specyficznej konstrukcji komory drenażowe można łatwo układać jedną na drugiej, co obniża koszty transportu i składowania;
- wielofunkcyjność – komory mogą być wykorzystywane jako systemy do rozsączania, retencjonowania wód opadowych oraz jako przepusty pod drogami, chodnikami, odbiorniki dla systemów odwodnień liniowych itp.;
- możliwość dołączenia podsystemów zapewniających kontrolę i okresowe czyszczenie;
- racjonalizacja wykorzystania terenu, tzn. jako podziemny system odwodnieniowy niekolidujący z przyszłymi planami zagospodarowania nad nim terenu, np. jako parkingu;

- możliwość rozbudowy istniejącego systemu lub przeniesienia go w inne miejsce;
- dostępne kalkulatory i bardziej rozbudowane programy doboru komór na wielu stronach producentów i eksperckich, które umożliwiają wstępne oszacowanie kosztów.

Ograniczenia:

- w przypadku braku okresowej inspekcji i czyszczenia wydajność hydrauliczna systemu może ulec obniżeniu.

Podstawowe potrzebne materiały:

- komory drenażowe;
- pokrywy zamykające;
- tłuczeń płukany o granulacji (uziarnieniu) 31÷63 mm;
- geowłóknina,
- infrastruktura towarzysząca, tj. osadnik, separator (zgodnie z projektem) oraz przewody doprowadzające wody opadowe do układu komór;
- materiał filtracyjny/grunt do zasypywania układu (zgodny z projektem technicznym).

Etapy montażu:

1. Wykonać wykop, przygotowując miejsce na komory.
2. Wyłożyć wykop geowłókniną i warstwą podsypki o grubości min. 15 cm z tłucznia płukanego o granulacji 31–63 mm.
3. Ułożyć ciągi komór, układając je na zakładkę.
4. Na początku i na końcu każdego ciągu należy założyć pokrywę zamykającą w celu uniemożliwienia wnikania tłucznia do komory.
5. Zamontować osadnik, ewentualnie separator (zgodnie z projektem) oraz przewody dopływowe i rurę dystrybucyjną.
6. Przykryć układ z komór drenażowych obsypką z tłucznia płukanego o granulacji 31–63 mm, następnie materiałem filtracyjnym i zasypką wykonaną np. z gruntu rodzimego, podbudowy pod nawierzchnię chodnika, ulicy itp. lub innego materiału ustalonego w projekcie technicznym.

Możliwe miejsca zastosowania:

- obiekty sportowe;
- obiekty handlowe;
- tereny przemysłowe;
- ciągi komunikacyjne, w tym drogi szybkiego ruchu, autostrady;
- parkingi;
- tereny zieleni miejskiej;
- tereny rekreacyjne.





Fot. 75–76. Odwodnienie budynków na osiedlu mieszkaniowym za pomocą komór drenażowych w Gdyni i Chwaszczynie (fot. K. Gudelis-Taraszkiewicz)



Komora drenażowa

Legenda:
1 – komora drenażowa, 2 – geowłóknina, 3 – płukany tłuczeń kamienny (podsypka grubości min. 15 cm), 4 – płukany tłuczeń kamienny (obsypka grubości min. 45 cm), 5 – rura doprowadzająca deszczówkę, 6 – grunt rodzimy, 7 – rura wentylacyjna z wywiewką

Literatura

1. Almuktar S.A.A.A.N., Abed S.N., 2018, *Wetlands for wastewater treatment and subsequent recycling of treated effluent: a review*, „Environmental Science and Pollution Research" nr 25/24, s. 23 595–23 623, doi: 10.1007/s11356-018-2629-3.
2. Barbosa A.E., Fernandes J.N., David L.M., 2012, *Key issues for sustainable urban stormwater management*, „Water Research" nr 46, s. 6787–6798.
3. Berger T., Kronenberg J., Wagner I. (rec.), 2014, *Dobre praktyki zarządzania wodą deszczową w miastach* [w:] *Woda w mieście. Zrównoważony rozwój – zastosowania*, Fundacja Sendzimira, Kraków, ISBN: 978-83-62168-04-0, s. 115–127.
4. Burszta-Adamiak E., 2012, *Wody opadowe w miastach*, „Rynek Instalacyjny" nr 5, s. 35–38.
5. Chojnicka A., Gajewska M., 2014, *Systemy hydrofitowe do oczyszczania ścieków bytowych. Projektowanie według zasad francuskich*, „Rynek Instalacyjny" nr 11.
6. Gajewska M., 2019, *Złoża hydrofitowe z pionowym przepływem ścieków. Charakterystyka procesów i zastosowań*, „Monografie" nr 150, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Warszawa 2019, ISBN: 978-83-63714-49-9.
7. Gąsiorowski M., 2011, *Zagospodarowanie wód opadowych z wykorzystaniem systemów bagiennych* [w:] J. Łomotowski, *Wody opadowe a zjawiska ekstremalne*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki.
8. Januchta-Szostak A., *Usługi ekosystemów wodnych w miastach. Przyroda w mieście. Usługi ekosystemów – niewykorzystany potencjał miast*, Fundacja Sędzimira„ Zrównoważony Rozwój – Zastosowania" nr 3, s. 92–110.Kraków 2012.
9. Kadlec R.H., Wallace S., 2009, *Treatment wetlands*, second edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton: London, New York.
10. Kociel H., Kalaji H.M., Suchocka M., Tuchowska Ż., 2018, *Podłoża strukturalne jako jedno z rozwiązań proekologicznych dla miast*, „Inżynieria Ekologiczna" nr 19/2.
11. Królikowska J., Królikowski A., 2012, *Wody opadowe: odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystywanie*, Piaseczno 2012, ISBN: 978-83-60956-29-8.
12. Lalke-Porczyk E., Świontek-Brzezińska M., Donderski W., 2010, *Rola oczyszczalni hydrobotanicznych w oczyszczaniu ścieków z terenów wiejskich* „Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie" t. 10, z. 3 (31), s. 119–127.
13. *Metody zwiększania retencji wody deszczowej do gruntu*, https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/03/04_zwiekszanie_retencji.pdf.
14. Olszacki J., 2006, *Przegląd doświadczeń projektowania i wykonywania nawierzchni porowatych*, „Nawierzchnie Asfaltowe" nr 4.
15. Preisner M., 2015, *Szanse i zagrożenia gospodarki wodami opadowymi*, „Inżynieria Środowiska – Młodym Okiem" t. 12, s. 89–112.
16. Rosiek K., 2016, *Wody opadowe jako przedmiot gospodarowania*, „Gospodarka w Praktyce i Teorii" nr 3, s. 61–76.
17. Suchocka M., 2013, *Podłoża strukturalne i inne metody ułatwiające rozwój drzew w trudnych warunkach siedliskowych miast*, „Zrównoważony Rozwój – Zastosowanie" nr 4, s. 39–49.
18. Suligowski Z., 2008, *Alternatywa dla wód opadowych*, „Wodociągi – Kanalizacja. Teoria. Praktyka. Zarządzanie" nr 4, s. 54–55.
19. Sybilski D. (red.), 2009, *Ekologiczne zagadnienia odwodnienia pasa drogowego*, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa.
20. Walega A., Chmielowski K., Miernik W., 2009, *Seminaturalne systemy odprowadzania i oczyszczania wód opadowych z terenów zurbanizowanych – aspekty prawne i techniczne*, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich" nr 6, s. 45–55.
21. Wojciechowska E., Gajewska M., Matej-Łukowicz K., 2016, *Wybrane aspekty zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na terenie zurbanizowanym*, seria „Ochrona i Inżynieria Środowiska", Gdańsk, ISBN: 978-83-60261-51-4.

Spis fotografii:

- Fotografia na okładce – ogród deszczowy w zabudowie miejskiej (Londyn, K. Lejcuś), fotografie testu przepuszczalności (M. Śpitalniak)
- Fot 1. Ogród deszczowy w zabudowie miejskiej wraz ze ścieżką edukacyjną (Londyn, K. Lejcuś), s. 48
- Fot. 2–6. Ogród deszczowy wkomponowany w zabudowę miejską (Londyn, K. Lejcuś), s. 49
- Fot. 7. Ogród deszczowy na osiedlu Meksyk w Gdyni (Gdynia, M. Śpitalniak), s. 50
- Fot. 8–10. Ogród deszczowy w pojemniku, budynek InfoBoxu w Gdyni (Gdynia, M. Śpitalniak), s. 53
- Fot. 11. Przydomowy zbiornik na wodę opadową (Wrocław, K. Lejcuś), s. 58
- Fot. 12. Powierzchnia przepuszczalna na parkingu w Malmö (Malmö, E. Bursztа-Adamiak), s. 64
- Fot. 13. Powierzchnia przepuszczalna z kraty ażurowej na osiedlu mieszkaniowym w Stalowej Woli (Stalowa Wola, E. Bursztа-Adamiak), s. 64
- Fot. 14. Połączenie przepuszczalnej powierzchni z kostki granitowej oraz pokrycia trawiastego (Berlin, K. Lejcuś), s. 64
- Fot. 15. Kostka farmerska (Berlin, K. Lejcuś), s. 64
- Fot. 16. Widok na dach zielony zabudowy usługowej w Malmö (Malmö, E. Bursztа-Adamiak), s. 72
- Fot. 17. Dach zielony na budynku Centrum Handlowego Wroclavia we Wrocławiu (Wrocław, E. Bursztа-Adamiak), s. 72
- Fot. 18. Przykład konstrukcyjnie prostego dachu zielonego na garażach samochodowych (Londyn, K. Lejcuś), s. 73
- Fot. 19. Możliwa do uzyskania bioróżnorodność dachu zielonego (Polska, K. Wróblewska), s. 73
- Fot. 20. Dach zielony na osiedlu Augustenborg w Malmö (Malmö, E. Bursztа-Adamiak), s. 73
- Fot. 21. Dach żwirowy na budynku przy pl. Społecznym we Wrocławiu (Wrocław, E. Bursztа-Adamiak), s. 78
- Fot. 22. Dach żwirowy na budynku Centrum Dydaktyczno-Naukowego UPWr we Wrocławiu (Wrocław, E. Bursztа-Adamiak), s. 78
- Fot. 23. Dach żwirowy na budynku usługowym w Kopenhadze (Kopenhaga, E. Bursztа-Adamiak), s. 78
- Fot. 24–27. Ogród hydrofitowy w Berlinie, na jednym ze zdjęć widoczna tablica informacyjna (Berlin, K. Lejcuś), s. 84
- Fot. 28–30. Ogród hydrofitowy w Londynie (Londyn, K. Lejcuś), s. 85
- Fot. 31. Ogród hydrofitowy (Londyn, K. Lejcuś), s. 86
- Fot. 32. Oczko wodne na osiedlu mieszkaniowym w Malmö (Malmö, E. Bursztа-Adamiak), s. 86
- Fot. 33. Oczko wodne w połączeniu z fontanną, która napowietrza wodę na osiedlu mieszkaniowym w Malmö (Malmö, E. Bursztа-Adamiak), s. 86
- Fot. 34–36. Zbiornik retencyjny z elementami podczyszczania wody (Londyn, K. Lejcuś), s. 91
- Fot. 37. Zbiornik retencyjny na osiedlu mieszkaniowym (Malmö, E. Bursztа-Adamiak), s. 91
- Fot. 38–44. Mulda retencyjna (Berlin, K. Lejcuś), s. 95 i 96
- Fot. 45–46. Przelew w muldzie retencyjnej oraz próg spowalniający przepływającą wodę (Londyn, K. Lejcuś), s. 96
- Fot. 47–49. Zbiornik infiltracyjny wraz z widokiem na dopływ i przelew awaryjny (Londyn, K. Lejcuś), s. 102
- Fot. 50. Zbiornik infiltracyjny na osiedlu mieszkaniowym (Gdańsk, M. Śpitalniak), s. 103
- Fot. 51–53. Rów infiltracyjny na osiedlu mieszkalnym w zwartej zabudowie (Gdańsk, M. Śpitalniak), s. 110

- Fot. 54–55. Geokompozyt sorbujący wodę umieszczony w bryle korzeniowej (Wrocław, K. Lejcuś), s. 116
- Fot. 57. Ułożenie geokompozytu sorbującego wodę (Wrocław, K. Lejcuś), s. 117
- Fot. 58–60. Geokompozyt sorbujący wodę umieszczony w bryle korzeniowej oraz donicach (Wrocław, K. Lejcuś), s. 117
- Fot. 61–64. Ażurowa przepuszczalna zabudowa wokół pnia drzewa (Berlin, K. Lejcuś), s. 125
- Fot. 65–66. Przepuszczalna powierzchnia wokół drzewa (Berlin, K. Lejcuś), s. 126
- Fot. 67. Nasadzenia wykonane z wykorzystaniem modułów antykompensacyjnych przy dworcu głównym PKP we Wrocławiu (Wrocław, E. Burszta-Adamiak), s. 126
- Fot. 68–69. Konstrukcje retencjonujące wodę wokół drzew oraz rozszczelnienie powierzchni przylegającej do drzew (Malmö, E. Burszta- Adamiak), s. 126
- Fot. 70. Budowa zbiornika retencyjnego z modułów retencyjnych w Niemczech (Niemcy, F. Kunststoffe), s. 131
- Fot. 71. Stadion olimpijski, pod powierzchnią terenu znajdują się zbiorniki do przechwytywania wody opadowej (Berlin, K. Lejcuś), s. 131
- Fot. 72–74. Budowa zbiornika retencyjnego ze skrzynek retencyjno-rozsączających na osiedlu mieszkaniowym we Wrocławiu (Wrocław, E. Burszta-Adamiak), s. 141
- Fot. 75–76. Odwodnienie budynków na osiedlu mieszkaniowym za pomocą komór drenażowych w Gdyni i Chwaszczynie (K. Gudelis-Taraszkiewicz), s. 146

Załącznik nr 1. Szacunkowe koszty wykonania i eksploatacji rozwiązań do zagospodarowania wód opadowych

Sporządzona wycena ma charakter szacunkowy i została wykonana w celu określenia całkowitych kosztów urządzeń opisanych w niniejszym katalogu. Przedstawione koszty uwzględniają ceny materiałów, wartość prac budowlanych oraz montaż. Szacowane koszty materiałów oraz robocizny są określone na podstawie średnich ogólnopolskich cen brutto uzyskanych po konsultacji z firmami specjalizującymi się w zakresie realizacji poszczególnych rozwiązań w 2019 roku. Ostateczne koszty urządzeń do zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi mogą się różnić w zależności od:

- jakości zastosowanych materiałów,
- kosztów robocizny obowiązujących w danym regionie,
- możliwości montażu urządzenia (samodzielnie lub przez specjalistyczną firmę),
- technologii wykonania rozwiązań,
- lokalnych warunków hydrogeologicznych,
- konieczności wykonania projektu,
- uzyskania ewentualnych pozwoleń na budowę lub konieczności wykonania badań hydrogeologicznych podłoża,
- przyjętego standardu wykończenia.

W przypadku zaawansowanych rozwiązań, wymagających zatrudnienia profesjonalnych wykonawców, koszt urządzeń może być wysoki, jeśli jednak brać pod uwagę długoterminowe oszczędności, rozwiązanie jest znacznie bardziej ekonomiczne. Obecnie korzystanie z wody jest związane z kosztami za jej pobranie, uzdatnienie, doprowadzenie oraz odprowadzenie. Występują także poważne problemy z ekstremalnymi zjawiskami meteorologicznymi, niedoborem wód, a także lokalnymi podtopieniami po intensywnych opadach atmosferycznych, generującymi wysokie straty ekonomiczne. Warto pamiętać, że zrównoważone systemy zagospodarowania wód opadowych są inwestycją na lata, zaś korzyści uzyskiwane dzięki ich pracy są długofalowe.

Opis kosztów wykonania poszczególnych rozwiązań

1. Ogrody deszczowe

Ogród deszczowy w glebie

Szacowany koszt założenia ogrodu deszczowego w glebie wynosi 300–650 zł/m^3, w cenę wliczone są projekt, materiały oraz montaż. Zaprojektowanie oraz wykonanie ogrodu można powierzyć profesjonalnej firmie, co stanowi bardzo wygodne, ale jednocześnie droższe rozwiązanie. Ostateczny koszt aranżacji jest uzależniony od rodzaju oraz jakości zastosowanych roślin, materiałów i dodatkowych podsystemów. Wykonanie ogrodu deszczowego jest stosunkowo proste i można się go podjąć samodzielnie, co pozwoli na ograniczenie wydatków (uwzględnienie wyłącznie kosztów materiałów).

Ogród deszczowy w pojemniku

Szacowany koszt założenia ogrodu deszczowego w pojemniku wynosi 900–1600 zł/szt. W cenę wliczone są materiały, roślinność oraz montaż. Koszt tego rozwiązania zależy przede wszystkim od pojemności oraz wyglądu zbiornika. Na rynku dostępne są gotowe pojemniki, których kształt oraz kolor są indywidualnie dobierane do oczekiwań klienta, co oczywiście wiąże się z wydatkiem z górnej granicy przedstawionego przedziału cenowego. Samodzielne wykonanie pojemnika na ogród deszczowy sprowadza się do niewygórowanych kosztów pozyskania materiałów.

2. Przydomowe zbiorniki na deszczówkę

Szacowany koszt naziemnego zbiornika na wody opadowe zależy od typu rozwiązania. W przypadku tradycyjnej beczki jest to wydatek rzędu 150–400 zł/szt., w zależności od pojemności. W przypadku zbiornika dekoracyjnego należy liczyć się z kosztami od 400 do nawet 2000 zł/szt.

W cenę wliczony jest zestaw do montażu. Cena tego rozwiązania zależy przede wszystkim od pojemności oraz estetyki zbiornika. Na rynku dostępnych jest wiele nowatorskich rozwiązań, których kształt oraz kolor jest indywidualnie dobierany do oczekiwań klienta, co oczywiście wiąże się z wydatkiem z górnej granicy przedstawionego przedziału cenowego.

3. Powierzchnie przepuszczalne

Nawierzchnie trawiaste

Wykonanie nawierzchni zadarnionej bez umocnienia wiąże się z kosztem 45–80 zł/m^2, w tym przypadku kluczowym elementem kosztorysu jest miąższość warstwy filtracyjnej wykonanej z kruszywa oraz rozpatrzenie samodzielnego wykonania nawierzchni, co pozwoli na znaczne oszczędności. Koszt wykonania nawierzchni zadarnionej umocnionej tzw. ekokratami wynosi 150–190 zł/m^2, w cenę wliczone są materiały oraz montaż. Wykonanie tego typu nawierzchni jest stosunkowo proste i istnieje możliwość samodzielnego montażu krat, których koszt wynosi 30–40 zł/m^2.

Nawierzchnie żwirowe i kamienne

Wykonanie nawierzchni żwirowej bez umocnienia wiąże się z kosztem 60–90 zł/m^2, w tym przypadku kluczowym elementem kosztorysu jest cena kruszywa oraz miąższość warstwy filtracyjnej, a także możliwość samodzielnego wykonania nawierzchni. Koszt wykonania nawierzchni żwirowej umocnionej tzw. ekokratami wynosi 150–200 zł/m^2, w cenę wliczone są materiały oraz montaż. Wykonanie tego typu nawierzchni jest stosunkowo proste i istnieje możliwość samodzielnego montażu krat, których koszt wynosi 30–40 zł/m^2, a cena kruszywa 50–80 zł/t.

Nawierzchnie z kraty ażurowej

Koszt montażu płyt ażurowych mieści się w przedziale 70–100 zł/m^2. Całkowity koszt wykonania nawierzchni ażurowej z uwzględnieniem materiałów oraz montażem wynosi 170–250 zł/m^2.

Nawierzchnie z mieszanki mineralno-żywicznej

Firmy wykonujące ten typ nawierzchni najczęściej podają całkowity koszt usługi obejmujący ułożenie warstwy mineralno-żywicznej oraz materiały. Usługa ta kosztuje 250–350 zł/m^2.

Nawierzchnie z betonu cementowego lub asfaltu porowatego

Całkowity koszt wykonania nawierzchni z betonu cementowego lub asfaltu porowatego wiąże się z inwestycją rzędu 200–450 zł/m^2. Kosztorys tego typu nawierzchni jest wykonywany zazwyczaj dla większych inwestycji, a jego cena zależy od wielkości powierzchni – im większa powierzchnia, tym niższe koszty za 1 m^2. Co więcej, bardzo ważnym elementem wyceny jest przeznaczenie nawierzchni. W zależności od natężenia ruchu dobierana jest grubość oraz typ poszczególnych warstw wchodzących w skład konstrukcji.

4. Dachy zielone

Szacowany koszt wykonania dachu zielonego typu ekstensywnego to 300–500 zł/m^2, natomiast dachu typu intensywnego 600–1000 zł/m^2. W cenę wliczone są materiały oraz montaż. Cena za 1 m^2 w dużej mierze zależy od rodzaju roślinności – najtańszym rozwiązaniem jest wysiew traw lub mieszanki roślin polnych, droższym jest aplikacja sadzonek. Najdroższym rozwiązaniem jest rozłożenie maty rozchodnikowej (nawet do 60–100 zł/m^2 maty). W przypadku roślinności stosowanej na dachach intensywnych koszty są nawet kilkakrotnie wyższe. Kolejnym decydującym elementem są koszty logistyczne – zwykle zachodzi potrzeba wynajęcia dźwigu lub podajnika. Przy oszacowaniu kosztów budowy zielonego dachu najczęściej zachodzi zależność: im większa powierzchnia dachu, tym mniejszy koszt za metr kwadratowy jego wykonania. Wynajęcie sprzętu do konstrukcji dachu o powierzchni 20 m^2, 50 m^2, a nawet 100 m^2 będzie wiązało się z podobnymi kosztami.

5. Dachy żwirowe

Szacowany koszt wykonania dachu żwirowego wynosi 200–300 zł/m^2. Cena za 1 m^2 w dużej mierze zależy od rodzaju zastosowanego kruszywa i warstw

konstrukcyjnych. Kolejnym decydującym elementem są koszty logistyczne – zwykle zachodzi potrzeba wynajęcia dźwigu lub podajnika. Przy oszacowaniu kosztów budowy dachu żwirowego najczęściej zachodzi zależność: im większa powierzchnia dachu, tym mniejszy koszt za metr kwadratowy jego wykonania.

6. Obiekty hydrofitowe

Całkowity koszt budowy obiektu hydrofitowego wynosi ok. 1200–3000 zł/m^3. W celu zwiększenia wydajności pracy urządzenia w projekcie należy uwzględnić osadnik, który kosztuje ok. 2500–3500 zł. Cena obiektu w dużej mierze zależy od rodzaju złoża, klasy rurociągów, warunków, w których miałby przebiegać proces oczyszczania, lokalnych warunków hydrogeologicznych podłoża oraz regionalnych kosztów robocizny. Wydatki na eksploatację ograniczają się do usuwania zanieczyszczeń z osadnika raz lub dwa razy na rok. Koszt wywozu osadu wynosi ok. 150–300 zł rocznie.

7. Powierzchniowe zbiorniki retencyjne

Szacowany koszt wykonania zbiornika retencyjnego zależy od jego pojemności. Im większa pojemność zbiornika, tym wyższe koszty wykonania. Całkowity szacowany koszt wykonania zbiornika retencyjnego wraz z materiałami (uszczelnienie dna, zabezpieczenie brzegów kruszywem, nasadzenie roślinności, system filtracyjny) oraz montażem w zależności od jego pojemności wynosi:

Tabela 9. Szacunkowe koszty wykonania zbiornika retencyjnego

Pojemność zbiornika [m^3]	Szacowany całkowity koszt [zł]
5–10	5000–10 000
10–20	10 000–20 000
20–50	20 000–35 000
50–100	35 000–50 000

Niektóre firmy specjalizujące się w tej dziedzinie podają szacowany jednostkowy koszt wykonania, wówczas wiąże się to z ceną 800–1700 zł/m^3. Koszty wykonania niewielkiego przydomowego zbiornika znacznie się obniżają w przypadku samodzielnego wykonania prac ziemnych oraz montażu np. gotowej formy z laminatu bądź zabezpieczeniu dna folią PVC. W przypadku dużych zbiorników wymagane są odpowiednie pozwolenia na budowę, badania hydrogeologiczne podłoża oraz zatrudnienie profesjonalnej firmy, co powoduje zwiększenie kosztów.

8. Suche zbiorniki retencyjne

Szacowany koszt wykonania suchego zbiornika retencyjnego wynosi 600–900 zł/m^3. W cenę wliczone są materiały oraz wykonanie. Koszt rozwiązania zależy przede wszystkim od jego pojemności i związanego z tym zakresu prac ziemnych. Im większa pojemność zbiornika, tym wyższe koszty jego wykonania. Całkowity szacowany koszt wykonania suchego zbiornika retencyjnego w zależności od jego pojemności wynosi:

Tabela 10. Szacunkowy koszt wykonania suchego zbiornika retencyjnego

Pojemność zbiornika [m^3]	Szacowany całkowity koszt [zł]
5–10	2500–5000
10–20	5000–8000
20–50	8000–17 000
50–100	17 000–25 000

Koszty wykonania niewielkiego przydomowego zbiornika znacznie się obniżają w przypadku samodzielnego wykonania prac ziemnych oraz wysiewu mieszanki traw na przygotowaną nawierzchnię. W przypadku dużych zbiorników wymagane są odpowiednie pozwolenia na budowę, badania hydrogeologiczne podłoża oraz zatrudnienie profesjonalnej firmy, co wiąże się z dużymi nakładami finansowymi.

9. Mulda retencyjna

Szacowany koszt wykonania muldy retencyjnej wynosi 500–1100 zł/m^3. W cenę wliczone są materiały oraz montaż. Ostateczny koszt rozwiązania jest uzależniony od pojemności i związanego z tym zakresu prac ziemnych oraz od zastosowanej roślinności.

10. Zbiorniki infiltracyjne

Szacowany koszt wykonania zbiornika infiltracyjnego wynosi 600–1500 zł/m^3. W cenę wliczone są materiały oraz wykonanie. Koszt rozwiązania zależy przede wszystkim od jego wymiarów, im większa pojemność zbiornika, tym wyższe koszty jego wykonania. Całkowity szacowany koszt wykonania zbiornika infiltracyjnego wraz z materiałami (złoże filtracyjne, zabezpieczenie brzegów, nasadzenie roślinności) oraz montażem w zależności od jego pojemności wynosi:

Tabela 11. Szacunkowy koszt wykonania zbiornika infiltracyjnego

Pojemność zbiornika [m^3]	Szacowany całkowity koszt [zł]
5–10	3000–8000
10–20	8000–18 000
20–50	18 000–33 000
50–100	32 000–40 000

Koszty wykonania niewielkiego przydomowego zbiornika znacznie maleją w przypadku samodzielnego wykonania prac ziemnych oraz montażu warstw filtracyjnych. W przypadku dużych zbiorników wymagane są odpowiednie pozwolenia na budowę, badania hydrogeologiczne podłoża oraz zatrudnienie profesjonalnej firmy, co powoduje zwiększenie nakładów finansowych.

11. Rowy infiltracyjne

Szacowany koszt wykonania rowu wynosi 450–700 zł/m^3. W cenę wliczone są materiały oraz wykonanie. Ostateczny koszt rozwiązania jest uzależniony od zakresu prac ziemnych oraz miąższości warstw filtracyjnych.

12. Geokompozyty sorbujące wodę

Szacowany koszt geokompozytów sorbujących wodę wynosi 7–20 zł/szt. Całkowity koszt zależy od rozmiaru i liczby sztuk koniecznych do zastosowania w danym rozwiązaniu.

13. Konstrukcje i podłoża magazynujące wodę wokół drzew

Szacowany koszt wykonania systemu napowietrzająco-nawadniającego wynosi dla prostych rozwiązań 85–100 zł/szt. Rozbudowane rozwiązania do magazynowania wody wokół drzew składają się ze specjalnych zbiorników antykompensacyjnych, skrzynek retencyjno-rozsączających, które są znacznie droższe, a ich łączny koszt wykonania to 17 000–21 000 zł/szt.

14. Podziemne zbiorniki retencyjne

Szacowany koszt wykonania podziemnego zbiornika retencyjnego wynosi 1500–2200 zł/m^3. W cenę wliczone są materiały oraz montaż. Koszt wykonania podziemnego zbiornika retencyjnego zależy przede wszystkim od jego pojemności i związanego z tym zakresu prac ziemnych, a także warunków hydrogeologicznych. Szacowany całkowity koszt wykonania zbiornika retencyjnego podziemnego w zależności od pojemności kształtuje się następująco:

Tabela 12. Szacunkowy koszt wykonania podziemnego zbiornika retencyjnego

Pojemność zbiornika [m^3]	Szacowany całkowity koszt [zł]
3	6000–9000
4	7000–11 000
5	8000–12 000
6	9000–13 000

7	10 000–14 000
8	11 000–15 000

15. Studnie chłonne

Szacowany całkowity koszt wykonania studni chłonnej wynosi 3000–5500 zł. Elementami warunkującymi cenę są badania hydrogeologiczne podłoża (500–1000 zł) oraz dodatkowe prace ziemne związane z niekorzystnymi warunkami. Koszt samych materiałów jest stosunkowo niski i zazwyczaj mieści się w przedziale 1500–2000 zł.

16. Skrzynki retencyjno-rozsączające

Szacowany koszt wykonania skrzynek retencyjno-rozsączających wynosi 1300–1600 zł/m^3. W cenę wliczone są materiały oraz montaż. Ostateczny koszt rozwiązania jest uzależniony od ilości skrzynek zastosowanych w rozwiązaniu i związanym z tym zakresem prac ziemnych.

17. Komory drenażowe

Szacowany koszt wykonania komory drenażowej wynosi 600–1000 zł/m^3, w cenę wliczone są materiały oraz montaż. Ostateczny koszt rozwiązania jest uzależniony od pojemności komory i związanego z tym zakresu prac ziemnych. Zestawienie szacunkowych kosztów prezentowanych rozwiązań zamieszczono w tabeli:

Tabela 13. Zestawienie szacunkowych kosztów prezentowanych rozwiązań

Lp.	System zagospodarowania wód opadowych	Jednostka	Szacowany całkowity koszt wykonania
1.	Mulda retencyjna	zł/m^3	500–1100
2.	Geokompozyty sorbujące wodę	zł/szt.	7–20
3.	Ogród deszczowy w glebie	zł/m^3	300–650
4.	Ogród deszczowy w pojemniku	zł/szt.	900–1600
5.	Konstrukcje magazynujące wodę wokół drzew	zł/szt.	7000–21 000
6.	Dachy zielone ekstensywne	zł/m^2	300–500
7.	Dachy zielone intensywne	zł/m^2	600–1000
8.	Nawierzchnie trawiaste	zł/m^2	45–190
9.	Nawierzchnie żwirowe i kamienne	zł/m^2	60–200
10.	Nawierzchnie z kraty ażurowej	zł/m^2	170–250
11.	Nawierzchnie z mieszanki mineralno-żywicznej	zł/m^2	250–350
12.	Nawierzchnie z betonu cementowego lub asfaltu porowatego	zł/m^2	200–450
13.	Obiekty hydrofitowe	zł/m^3	1200–3000
14.	Zbiorniki infiltracyjne	zł/m^3	600–1500
15.	Rowy infiltracyjne	zł/m^3	450–700
16.	Powierzchniowe zbiorniki retencyjne	zł/m^3	800–1700
17.	Podziemne zbiorniki retencyjne	zł/m^3	1500–2200
18.	Studnie chłonne	zł/szt.	3000–5500
19.	Skrzynki retencyjno-rozsączające	zł/m^3	1300–1600
20.	Komory drenażowe	zł/m^3	600–1000
21.	Naziemne zbiorniki na wody opadowe	zł/szt.	150–2000
22.	Dach żwirowy	zł/m^2	200–300