



AQUANET RETENCJA



KATALOG II

METODY ZAGOSPODAROWANIA
WÓD OPADOWYCH DLA ZABUDOWY
WIELORODZINNEJ ORAZ ŚRÓDMIEJSKIEJ

I. Wstęp	5
II. Rozwiązania techniczne	6
1. Dachy	6
1.1. Zielone dachy	7
1.2. Zalety dachów zielonych	7
1.3. Dachy ekstensywne	8
1.3.1. Przekrój techniczny	8
1.3.2. Utrzymanie	9
1.4. Dachy intensywne	9
1.4.1. Przekrój techniczny	9
1.4.2. Utrzymanie	10
1.4.3. Przykłady rozwiązań	10
2. Ściany	11
2.1. Zielone ściany – ogrody wertykalne	11
2.1.1. Specyfikacja	11
2.1.2. Przekrój techniczny	12
2.1.3. Utrzymanie	13
2.1.4. Przykłady rozwiązań	13
3. Nawierzchnie przepuszczalne	14
3.1. Nawierzchnie trawiaste lub żwirowe wzmocnione	15
3.1.1. Specyfikacja	15
3.1.2. Przekrój techniczny	15
3.1.3. Utrzymanie	16
3.1.4. Przykłady rozwiązań	16
3.2. Nawierzchnie ażurowe	17
3.2.1. Specyfikacja	17
3.2.2. Przekrój techniczny	18
3.2.3. Utrzymanie	19
3.2.4. Przykłady rozwiązań	19
3.3. Nawierzchnie mineralne typu ziemnego	19
3.3.1. Specyfikacja	19
3.3.2. Przekrój techniczny	20
3.3.3. Utrzymanie	20
3.3.4. Przykłady rozwiązań	20
3.4. Nawierzchnie mineralno-żywiczone	21
3.4.1. Specyfikacja	21
3.4.2. Przekrój techniczny	21
3.4.3. Utrzymanie	21

3.4.4. Przykłady rozwiązań	22
3.5. Nawierzchnia z betonu jamistego	22
3.5.1. Specyfikacja	22
3.5.2. Utrzymanie	22
3.5.3. Przykłady rozwiązań	23
4. Zrównoważone rozwiązania retencyjno-infiltracyjne	23
4.1. Suche strumienie	23
4.1.1. Specyfikacja	23
4.1.2. Przekrój techniczny	24
4.1.3. Utrzymanie	24
4.1.4. Przykłady rozwiązań	24
4.2. Ogród deszczowy	25
4.2.1. Specyfikacja	25
4.2.2. Przekrój techniczny	25
4.2.3. Utrzymanie	26
4.2.4. Przykłady rozwiązań	26
4.3. Koryta spływowe	27
4.3.1. Specyfikacja	27
4.3.2. Przekrój techniczny	27
4.3.3. Utrzymanie	27
4.3.4. Przykłady rozwiązań	28
4.4. Niecki retencyjne	28
4.4.1. Specyfikacja	28
4.4.2. Przekrój techniczny	29
4.4.3. Utrzymanie	30
4.4.4. Przykłady rozwiązań	30
4.5. Mulda retencyjna	31
4.5.1. Specyfikacja	31
4.5.2. Przekrój techniczny	31
4.5.3. Utrzymanie	32
4.5.4. Przykłady rozwiązań	32
4.6. Staw sedymentacyjny/studnia osadowa	32
4.6.1. Specyfikacja	32
4.6.2. Przekrój techniczny	33
4.6.3. Utrzymanie	34
4.7. Pasaż roślinny	34
4.7.1. Specyfikacja	34

4.7.2. Przekrój techniczny	35
4.7.3. Utrzymanie	35
4.7.4. Przykłady rozwiązań	35
4.8. Zbiornik hydrofitowy	36
4.8.1. Specyfikacja	36
4.8.2. Przekrój techniczny	36
4.8.3. Utrzymanie	37
4.8.4. Przykłady rozwiązań	37
4.9. Zbiornik infiltracyjny	37
4.9.1. Specyfikacja	37
4.9.2. Przekrój techniczny	38
4.9.3. Utrzymanie	38
4.9.4. Przykłady rozwiązań	38
4.10. Podziemne zbiorniki szczelne	39
4.10.1. Specyfikacja	39
4.10.2. Przekrój techniczny	39
4.10.3. Utrzymanie	39
4.10.4. Przykłady rozwiązań	40
5. Systemy retencji wód opadowych łączone z rekreacją	40
5.1. Place wodne	40
5.1.1. Specyfikacja	40
5.1.2. Utrzymanie	41
5.1.3. Przykłady rozwiązań	41
5.2. Wodne place zabaw	42
5.2.1. Specyfikacja	42
5.2.2. Utrzymanie	42
5.2.3. Przykłady rozwiązań	43
5.3. Fontanny z retencją	43
5.3.1. Specyfikacja	43
5.3.2. Przekrój techniczny	43
5.3.3. Utrzymanie	44
5.3.4. Przykłady rozwiązań	44
III. Mapa drogowa inwestorów	45
Materiały źródłowe	48

Tytułem wstępu...

Miasta w obliczu pogłębiających się zmian klimatu zmuszone są do mierzenia się z ekstremalnymi problemami wynikającymi z okresowego braku i nadmiaru wody. Do głównych zagrożeń związanych z wodą w mieście należą powódzie i susze, których przyczyną jest destabilizacja warunków klimatycznych, wzrost antropopresji powodującej zwiększenie uszczelnienia gruntów i degradacja ekosystemów naturalnych oraz tych, które wytworzyły się w sposób swobodny w obrębie całych zlewni.

Odpowiedzią na obserwowane zjawiska są między innymi rozwiązania z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury (BZI), bazujące na procesach zachodzących w naturze. Dzięki tworzeniu w miastach seminaturalnych enklaw sprzyjających zwiększaniu retencji, podczyszczaniu wód opadowych i roztopowych oraz ich wielofunkcyjnemu zagospodarowaniu można zapobiegać powodziom miejskim, redukować efekt miejskiej wyspy ciepła, jednocześnie poprawiając mikroklimat i dostępność zasobów wodnych.

W tym opracowaniu chcemy przybliżyć zasady projektowania i doboru rozwiązań retencyjnych dla budownictwa wielorodzinnego oraz zabudowy śródmiejskiej. Wyrażamy nadzieję, że ten praktyczny przewodnik po rozwiązaniach błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) pozwoli na postrzeganie wód opadowych i roztopowych jako szansy zarówno dla podniesienia jakości życia mieszkańców, jak i waloru estetycznego krajobrazu miasta i osiedli.

Zespół Aquanet Retencja

ROZWIĄZANIA TECHNICZNE

Podczas doboru odpowiedniego rozwiązania błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) należy zwrócić uwagę na podstawowe czynniki:

- możliwość zastosowania przy różnych rodzajach zabudowy terenu,
- zastane warunki wodne związane z poziomem wód gruntowych oraz natężeniem i okresowością deszczów z uwzględnieniem deszczów nawalnych,
- zastane warunki glebowe – w miastach występują często zanieczyszczone i zdegradowane urbanoziemy oraz zalegają grunty charakteryzujące się różną spoistością oraz związanymi z nią właściwościami filtracyjnymi umożliwiającymi szybką lub powolną infiltrację wód w głąb profilu glebowego,
- zastane ukształtowanie terenu oraz zaobserwowane w terenie ścieżki spływu powierzchniowego,
- rodzaj terenu, z którego chcemy przechwycić i zagospodarować wody opadowe z finalnym rozsąceniem do gruntu (dachy, drogi, place, ulice oraz ich stopień zanieczyszczenia).

Po przeprowadzeniu dokładnej analizy powyższych czynników, wzbogaconej o analizę krajobrazową oraz dobranie odpowiedniego rozwiązania błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) (lub systemu kombinowanego), możliwe jest właściwe zagospodarowanie wód opadowych i roztopowych w zrównoważony sposób, przy jednoczesnym podniesieniu miejscowych walorów środowiskowych i redukcji skutków związanych z degradacją środowiska powodowaną przez pogłębiającą się antropopresję.

1. DACHY



1.1. ZIELONE DACHY

Zielony dach to pokrycie dachowe, którego konstrukcja umożliwia uprawę roślinności (niską, średnią lub wysoką w zależności od wybranego rozwiązania) na powierzchni dachu budynku. **W ten sposób zajęta pod zabudowę obiektu część powierzchni działki budowlanej zostaje zwrócona naturze w formie powierzchni biologicznie czynnej.** Wprowadzanie zielonych dachów do przestrzeni zurbanizowanej ma bardzo korzystny wpływ na polepszenie warunków ekologicznych, społecznych, urbanistycznych, technicznych, a także ekonomicznych.

1.2. ZALETY DACHÓW ZIELONYCH



POPRAWA MIKROKLIMATU poprzez sorpcję wód opadowych i roztopowych oraz zwiększenie ewapotranspiracji.

WŁAŚCIWOŚCI TERMOIZOLACYJNE przyczyniające się do zmniejszenia potrzeb energetycznych budynków.

ZWIĘKSZENIE ODPORNOŚCI OGNIOWEJ poszycia dachowego.

TŁUMIENIE HAŁASU (od ok. 20 dB do nawet 50 dB).

POPRAWA ESTETYKI ORAZ JAKOŚCI ŻYCIA poprzez wprowadzenie roślinności i zamaskowanie urządzeń technicznych znajdujących się na dachach.

ZMNIJSZENIE ZAGROŻENIA POWODZIOWEGO przez spowolnienie spływu.

REDUKCJA EFEKTU MIEJSKIEJ WYSPY CIEPŁA.

POPRAWA JAKOŚCI POWIETRZA poprzez pochłanianie dwutlenku węgla, produkcję tlenu oraz oczyszczanie z zanieczyszczeń.

ODZYSKIWANIE TERENÓW ZIELENI na zabudowanym obszarze.

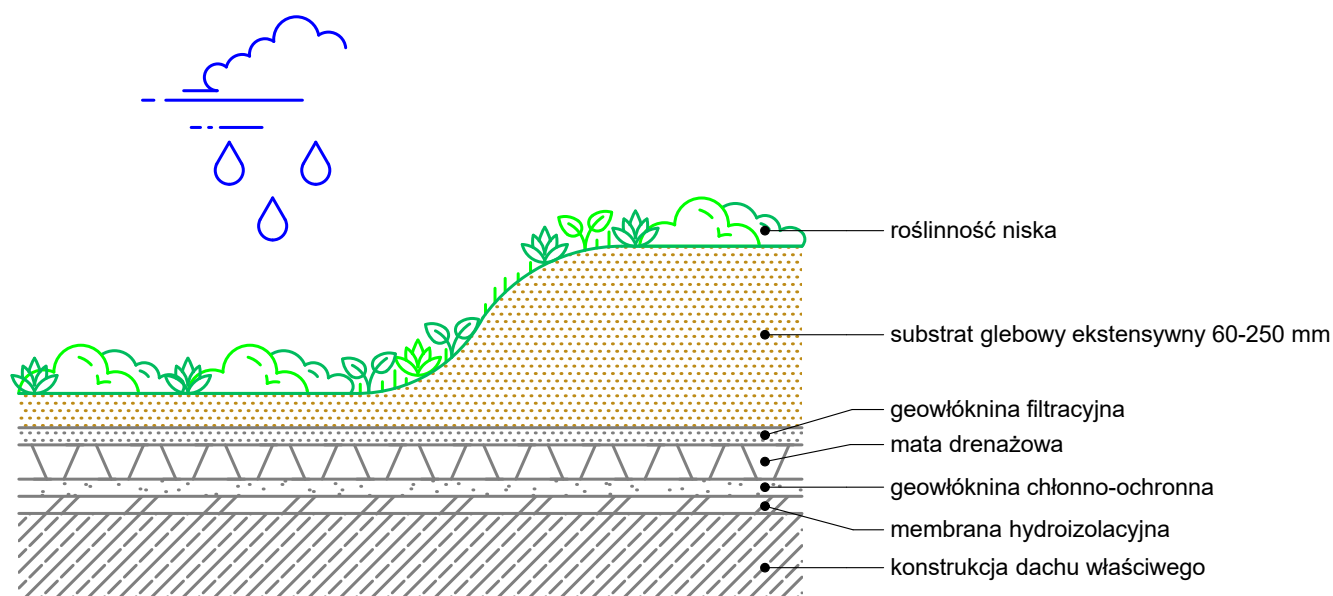
ODCIĄŻENIE KANALIZACJI DESZCZOWEJ oraz zmniejszenie zrzutu wód opadowych do odbiorników.

PRZYSZŁE KORZYŚCI FINANSOWE - Poznań od 2020 r. przygotowuje się do opracowania programu wsparcia finansowego dla mieszkańców chcących stworzyć na swoich domach ogrody wertykalne lub zielone dachy. Grupa radnych, społeczników i urzędników zajmie się także opracowaniem propozycji współpracy ze spółdzielniami mieszkaniowymi, właścicielami, zarządcami i administratorami budynków użyteczności publicznej oraz obiektów wielkopowierzchniowych. Wszystkie podjęte działania mają na celu promocję zielonych ścian zewnętrznych i dachów.

MOŻLIWOŚĆ ZWIĘKSZENIA POWIERZCHNI ZABUDOWY POSESJI - Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, teren biologicznie czynny definiuje się jako „teren z nawierzchnią ziemną urządzoną w sposób zapewniający naturalną wegetację, a także 50% powierzchni tarasów i stropodachów z taką nawierzchnią, nie mniej jednak niż 10 m², oraz wodę powierzchniową na tym terenie”. **Oznacza to, że dzięki wprowadzeniu dachów zielonych można zabudować większy obszar działki, gdyż wykorzystana pod zabudowę powierzchnia biologicznie czynna jest rekompensowana.**

1.3. DACHY EKSTENSYWNE - zazwyczaj nieużytkowe, charakteryzują się dużą wartością ekologiczną i łatwością wykonania. Do ich założenia wystarczy 60-250 mm głębokości podłoża (substratu ekstensywnego), co daje dobre wyniki w stosunku do uzyskanej wagi (ok. 40-150 kg/m²). Na powierzchni dachów ekstensywnych znakomicie sprawdzi się roślinność niska, charakterystyczna dla muraw kserotermicznych, taka jak trawy, rośliny zielne czy rozchodniki. **Przy zastosowaniu dachu ekstensywnego objętość wody opadowej odprowadzanej przez kanalizację deszczową może zmniejszyć się aż o 50%.**

1.3.1. Przekrój techniczny



Układ warstw na dachu ekstensywnym

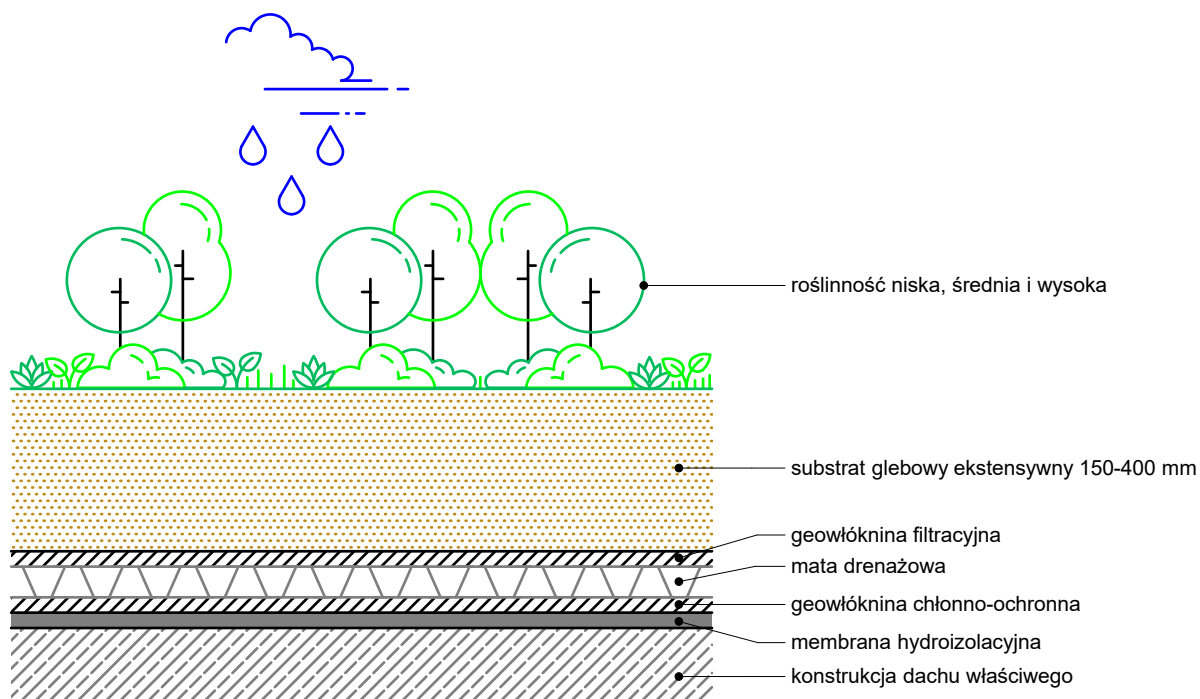
1.3.2. Utrzymanie

Praktycznie bezobsługowe, ich należyte wykonanie zapewnia samoistne funkcjonowanie i samoregulujący się ekosystem. Prace pielęgnacyjne wystarczy wykonać dwa razy w roku, a w ich skład wchodzi:

- uzupełnienie substratu glebowego w przypadku erozji,
- uzupełnienie roślinności w miejscu powstałych braków,
- nawodnienie najbardziej nasłonecznionych powierzchni,
- usuwanie samosiewów roślin niepożądanych,
- nawożenie roślin,
- udrożnienie i oczyszczenie instalacji w celu zachowania odpowiedniego drenażu i spływu nadmiaru wód opadowych.

1.4. DACHY INTENSYWNE – dzięki zastosowaniu warstwy o głębokości podłoża 150-400 mm dają duże możliwości dla projektowania tych przestrzeni w sposób użytkowy jako skwery, zieleńce, parki czy place rekreacyjne. Dachy intensywne oferują pełen wachlarz wprowadzanej roślinności (niska, średnia, wysoka) oraz innych rozwiązań stosowanych w terenach zieleni, takich jak nawierzchnie, elementy małej architektury czy urządzenia rekreacyjne. Znaczne obciążenie dachów – ich waga to 180-500 kg/m² – wiąże się z koniecznością zastosowania bardziej niż w przypadku dachów ekstensywnych skomplikowanych konstrukcji, które umożliwią odpowiednią nośność. **Przy prowadzeniu głębokości podłoża 75 cm objętość wody opadowej odprowadzanej przez kanalizację deszczową może zmniejszyć się aż o 90%.**

1.4.1. Przekrój techniczny



Układ warstw na dachu intensywnym

1.4.2. Utrzymanie

Dachy intensywne – znaczne zróżnicowanie gatunkowe wprowadzane na dachach intensywnych wymaga zdecydowanie większych nakładów pracy związanych z ich pielęgnacją. Wszelkie zabiegi powinny być stosowane zgodnie ze sztuką ogrodniczą oraz w wyznaczonych terminach. W celu dopasowania odpowiedniego harmonogramu pielęgnacyjnego konieczne jest sporządzenie operatu przewidującego wszelkie prace, które należy wykonać przez cały sezon wegetacyjny. Pamiętać również należy, że substrat glebowy stosowany na dachach intensywnych ma znacznie większą przepuszczalność niż grunt rodzimy, co powoduje szybsze odprowadzanie wody wraz ze składnikami mineralnymi.

Powyżej opisano zasadniczy podział zielonych dachów na dwa główne typy (ekstensywne i intensywne), natomiast stosować można różne kombinacje, tworząc np. dachy półekstensywne, półintensywne lub intensywne niskie i intensywne wysokie różniące się od siebie zastosowanymi nasadzeniami.

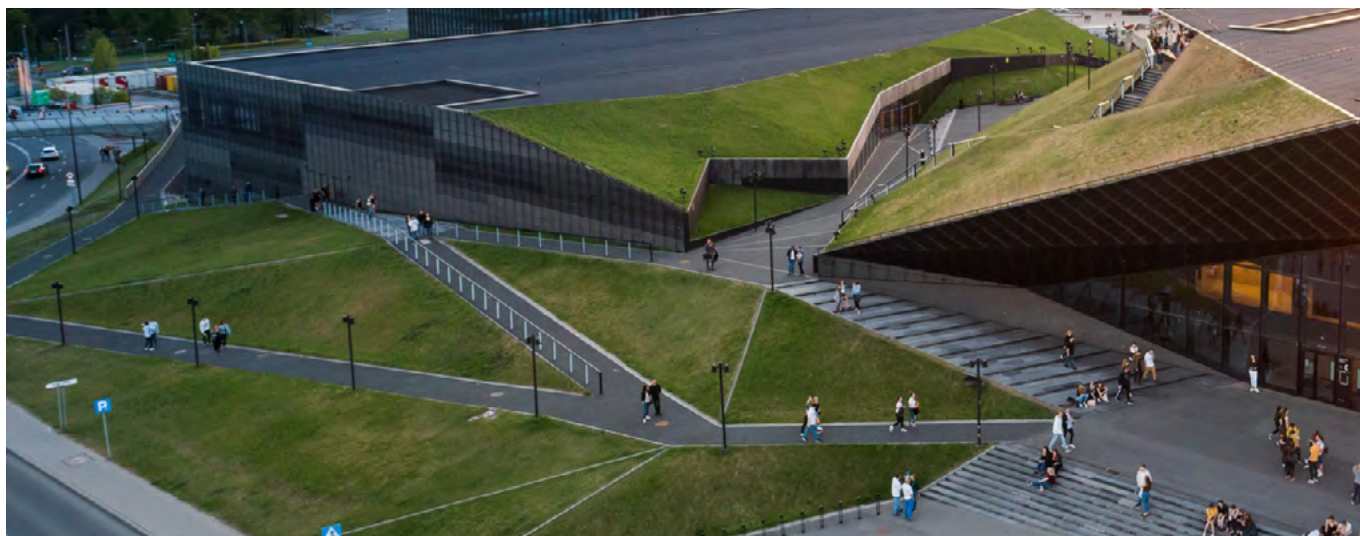
1.4.3. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 1 - Politechnika Nanyang, Singapur



FOT. nr 2 - Biblioteka Uniwersytetu Warszawskiego



FOT. nr 3 - Międzynarodowe Centrum Kongresowe w Katowicach

2. ŚCIANY



2.1. ZIELONE ŚCIANY – OGRODY WERTYKALNE

2.1.1. Specyfikacja

Zielone ściany, nazywane również ogrodami wertykalnymi, to pionowe kompozycje roślinne wykorzystywane do wprowadzania roślinności na elewacjach budynków. Projektując je, należy zwrócić uwagę na warunki środowiskowe panujące w danym miejscu, do nich dobrać gatunki roślin, które doskonale sprawdzą się w zastanych warunkach, a następnie wybrać odpowiednie rozwiązanie techniczne zapewniające trwałość danej konstrukcji. Podczas procesu projektowego niezwykle ważne są:

Określenie warunków klimatycznych:

1. temperatura i wilgotność – należy przeanalizować warunki klimatyczne danego miejsca w celu doboru odpowiedniego rozwiązania.
2. kierunek i siła wiatru – w Polsce należy projektować konstrukcje mogące wytrzymać wartości rzędu:
 - 0,5 kN na m² dla konstrukcji do 8 m wysokości,
 - 0,8 kN na m² dla konstrukcji pomiędzy 8–20 m wysokości,
 - 1,1 kN na m² dla konstrukcji powyżej 20 m wysokości.
3. wystawa/nasłonecznienie – południowa i południowo-zachodnia stwarzają dobre warunki dla roślinności wymagającej dobrego nasłonecznienia oraz wysokiej temperatury w sezonie letnim. Północna i północno-wschodnia stanowiąc będą dobre siedlisko dla roślin cieniulubnych, jako że z powodu niższej temperatury w sezonie wegetacyjnym dłużej będzie się tu utrzymywać wilgoć.

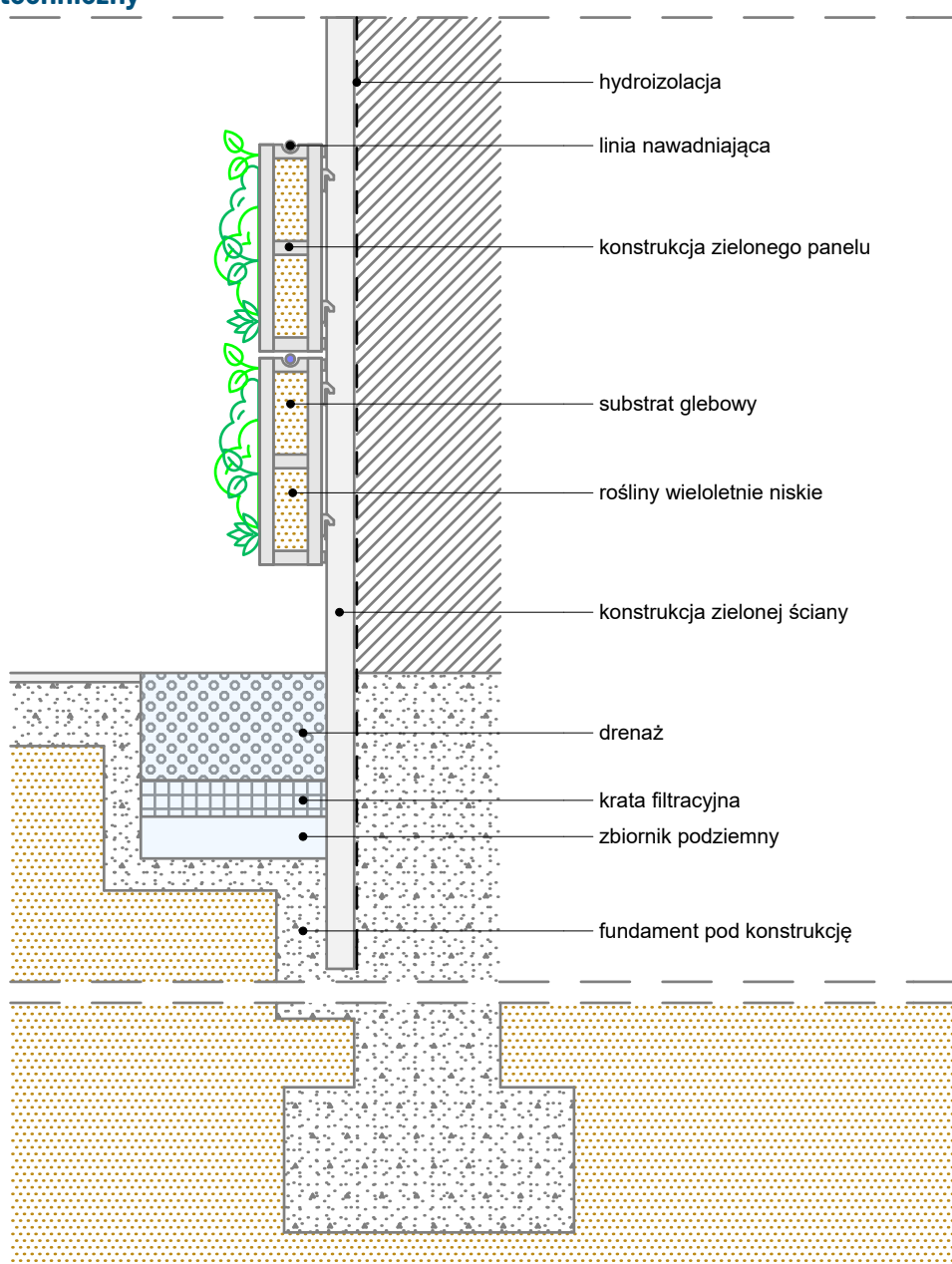
Podczas projektowania ogrodów wertykalnych należy również zwrócić uwagę na zacienienie generowane bliskością elewacji sąsiednich budynków.

Wybór materiału roślinnego:

- dobór gatunkowy – do nasadzeń w ogrodach wertykalnych zalecane są rośliny płytko korzeniące się z silnym połączeniem łodyg z wiązkowym systemem korzeniowym, odporne na wiatr oraz charakteryzujące się szybkim wzrostem w zastanych warunkach słonecznych (analiza nasłonecznienia).

Konstrukcja – ogrody wertykalne przeznaczone do montowania na elewacjach budynków to tzw. system modułowy wypełniony substratem glebowym dobranym do odpowiednich warunków klimatycznych oraz wymagań roślinnych. Składa się on z konstrukcji nośnej – stalowej, kotwionej do elewacji oraz posadowionej na fundamencie. Stanowi ona bazę do montażu modułowych paneli wypełnionych wcześniej ukorzenioną roślinnością.

2.1.2. Przekrój techniczny



2.1.3. Utrzymanie

Nawadnianie

Zielone ściany wymagają zamontowania systemu automatycznego nawadniania, niezbędnego do zachowania dekoracyjności oraz funkcji środowiskowej. Dobranie odpowiedniego systemu nawadniania definiować będzie wielkość rozwiązania, zastosowane rośliny oraz warunki klimatyczne. Woda w nawadnianych modułach zielonych ścian spływa grawitacyjnie i w większości przypadków może być ponownie użyta. Roślinne ściany typu modułowego wymagają zasilania w wodę w okresie lata w przedziale 3–5 l/m² oraz 1 l/m² zimą na dzień. W celu zagospodarowania wód opadowych w miejscu opadu zalecane jest wykonanie zbiornika podziemnego zasilanego wodami opadowymi i roztopowymi transportowanych z połąci dachowej budynku, a następnie wykorzystanie ich do podlewania zielonej ściany. Rozwiązanie to zminimalizuje koszty związane z nawadnianiem systemu zielonej ściany, a także stanowić będzie część obiegu zamkniętego wody w krajobrazie z jej maksymalnym wykorzystaniem i redukcją efektu miejskiej wyspy ciepła.

Nawożenie – fertygacja

W celu zapewnienia odpowiedniej roślinności oraz dostarczenia wszelkich potrzebnych wartości odżywczych konieczne jest nawożenie zielonych ścian. W przypadku poprowadzonego systemu nawadniania automatycznego proces ten jest znacznie ułatwiony, gdyż do nawożenia używa się w tym przypadku płynnych nawozów, które trafiają wraz z wodą bezpośrednio do systemów korzeniowych roślin.

Zabiegi pielęgnacyjne roślin

Przycinanie, usuwanie martwego materiału, odchwaszczanie i uzupełnianie braków w roślinności to istotne zabiegi pielęgnacyjne, które należy wykonywać szczególnie w pierwszych latach po założeniu ogrodu wertykalnego. W celu wykonania tych prac konieczne jest wykorzystanie podnośnika koszowego lub techniki alpinistycznej w zależności od dostępu do ogrodu wertykalnego.

2.1.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 4 - Musée du Quai Branly, Paryż



FOT. nr 5 - Tree House, Singapur

3. NAWIERZCHNIE PRZEPUSZCZALNE



Zastosowanie nawierzchni przepuszczalnych pozwoli utwardzić podłoże przy jednoczesnym nieograniczeniu przenikania wód opadowych i roztopowych do głębszych warstw ziemi. Scharakteryzowane poniżej rozwiązania posiadają zróżnicowaną zdolność chłonną, a ich dobór zależy od warunków glebowych oraz funkcji, jaką mają pełnić. **Istotne jest, aby tego typu nawierzchnie stosować na gruntach przepuszczalnych.**

3.1. NAWIERZCHNIE TRAWIASTE LUB ŻWIROWE WZMOCNIONE

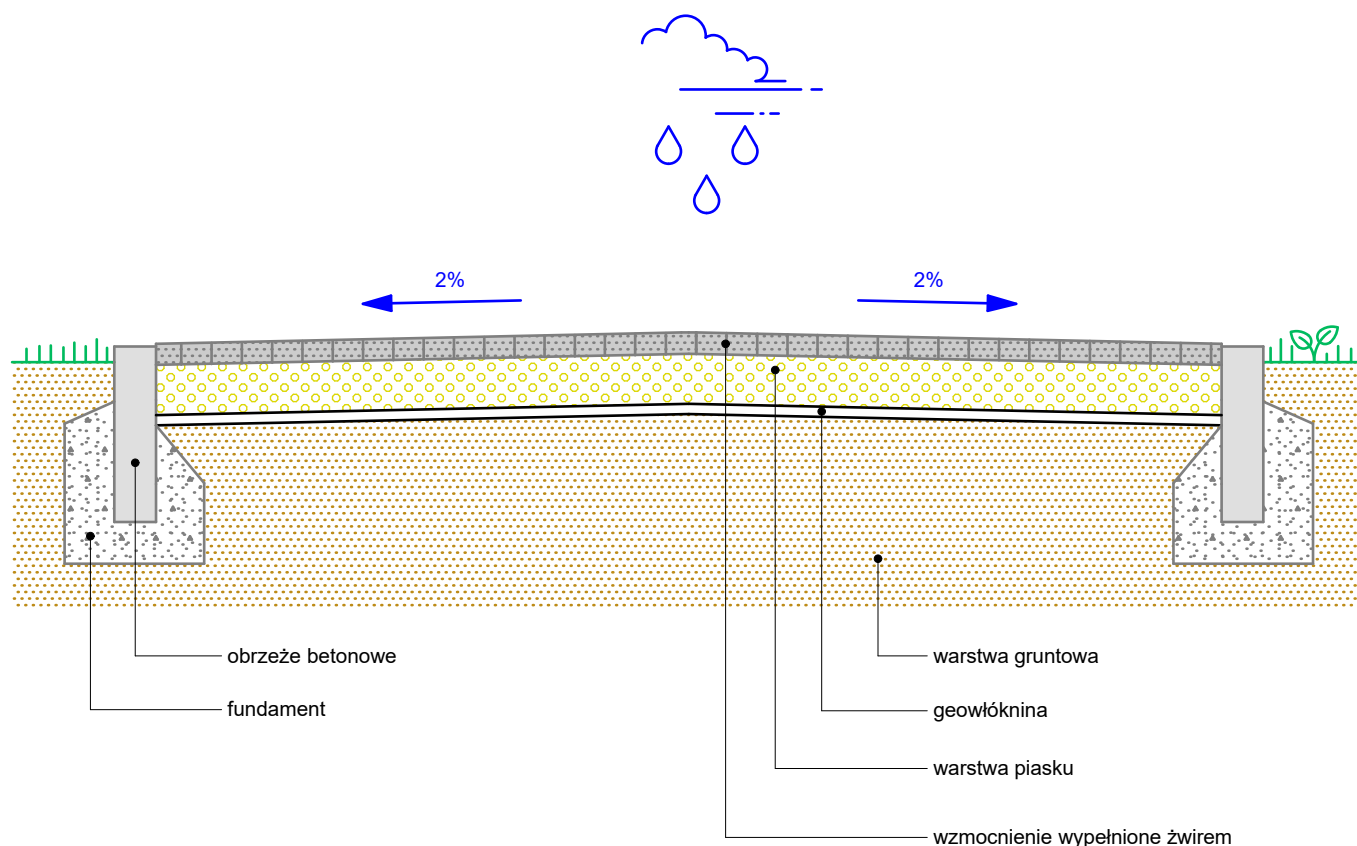
3.1.1. Specyfikacja

Wzmocniona nawierzchnia trawiasta lub żwirowa to rozwiązanie umacniające i stabilizujące grunt na trasach komunikacyjnych lub rzadko uczęszczanych drogach jezdnych, jak np. drogi ewakuacyjne lub dojazdy techniczne. Rozwiązanie umożliwia bezpieczny transport pojazdów i pieszych przy jednoczesnym braku wpływu na uszczelnienie gruntu. Nawierzchnia trawiasta lub żwirowa wzmocniona jest modułową kratą wykonaną z plastiku lub stali albo za pomocą dedykowanych siatek (sztywna geowłóknina posiadająca kieszenie, które można wypełnić) i umożliwia maksymalne wsiąkanie wód opadowych w miejscu opadu.

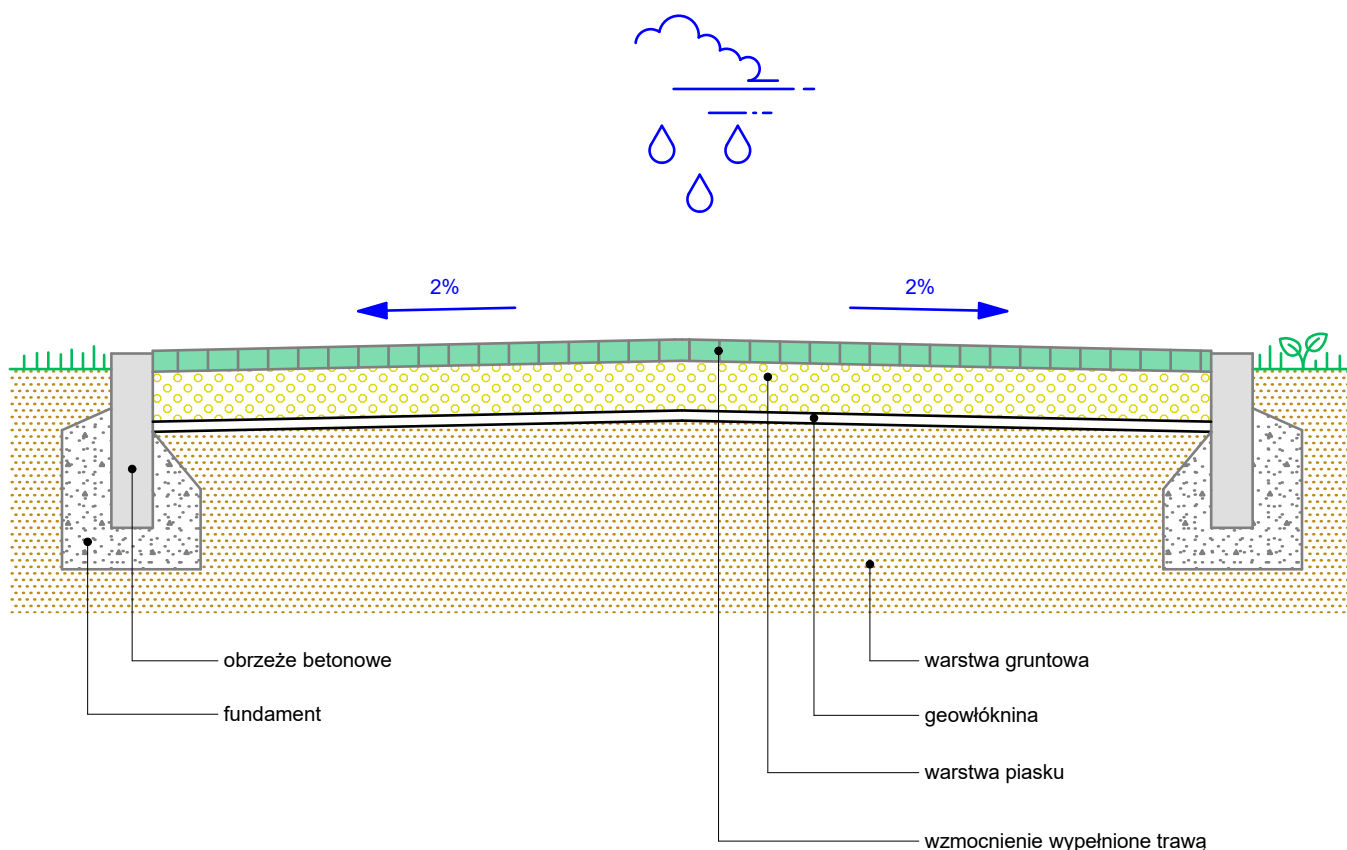
Budowa nawierzchni wzmocnionej polega na wykonaniu korytowania pod nawierzchnie na ok. 30 cm. Gotowy wykop wypełniamy warstwą żwiru o średnicy 7-5 mm na wysokość ok. 20 cm. Warstwę żwiru przykrywa się geowłókniną, na której ułożyć należy wzmocnienie nawierzchni. Budując nawierzchnię trawiastą, na wzmocnieniu trzeba wysypać warstwę piasku, który należy wyrównać i zagęścić. Na nim układamy trawę z rolki. W przypadku gdy zdecydujemy się na założenie trawnika z siewu, warstwę piasku wzbogacamy o glebę urodzajną. W przypadku nawierzchni żwirowej na warstwie wzmocnienia umieszczamy żwir o frakcji 3-5 mm oraz zagęszczamy. Obrzeża nawierzchni należy wzmocnić obrzeżem betonowym, listwą plastikową (tzw. eko-bord) lub listwą stalową.

3.1.2. Przekrój techniczny

Nawierzchnia żwirowa wzmocniona



Nawierzchnia trawiasta wzmocniona



3.1.3. Utrzymanie

Nawierzchnia trawiasta umocniona wymaga wszelkich zabiegów pielęgnacyjnych dotyczących trawnika z wyjątkiem wygrabiania lub wertykulacji, które to są niemożliwe z powodu występowania krat lub siatki stanowiących wzmocnienie nawierzchni. Trawnik należy odpowiednio nawozić, kosić i nawadniać. W przypadku nawierzchni żwirowej wzmocnionej co jakiś czas należy zagęścić i przegrabić żwir stanowiący warstwę wierzchnią lub dosypać w przypadku ubicia gruntu rodzimego.

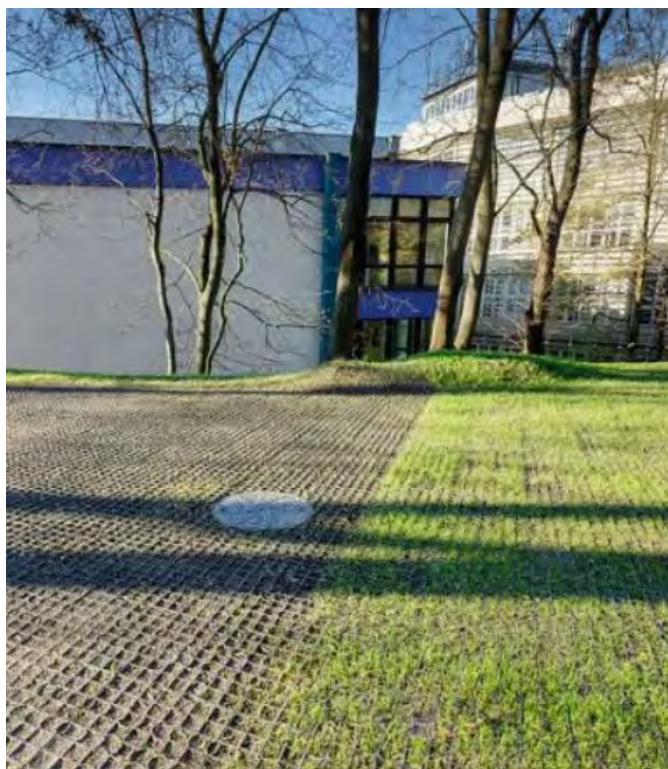
3.1.4. Przykłady rozwiązań

Siatka wzmocniająca



FOT. nr 6/7

Nawierzchnia trawiasta wzmocniona



FOT. nr 8/9

Nawierzchnia żwirowa wzmocniona



3.2. NAWIERZCHNIE AŻUROWE

3.2.1 Specyfikacja

Nawierzchnia z krat pomostowych

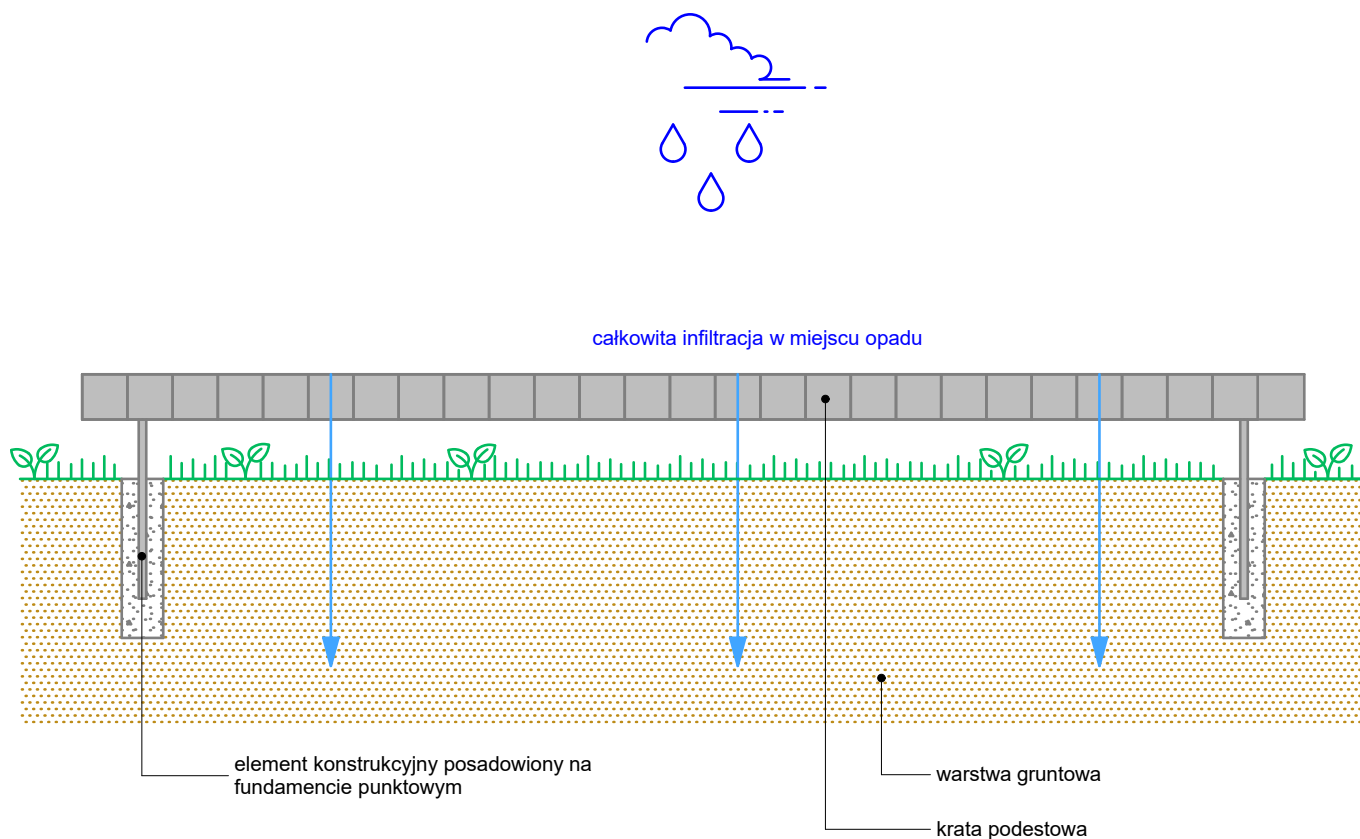
Kraty pomostowe to modułowe rozwiązanie dla budowy infrastruktury technicznej szczególnie często wykorzystywane w przemyśle. Kraty wykonane mogą być ze stali lub wysokiej jakości kompozytów. Dzięki całkowitej przepuszczalności, odporności na warunki atmosferyczne i uszkodzenia mechaniczne rozwiązanie to sprawdza się doskonale również jako materiał do budowy wyniesionych przejść, mostków, pomostów, pochylni i innych rozwiązań stosowanych w infrastrukturze pieszej i jezdnej. Kraty montowane mogą być do profili stalowych posadowionych na fundamencie lub szpilek montażowych. Na rynku dostępne są różnego rodzaju wersje krat pomostowych, z większymi lub mniejszymi oczkami czy podstopnicami ułatwiającymi chodzenie w obuwiu na szpilkach.

Nawierzchnia z kraty betonowej / kostki betonowej / kamienia naturalnego

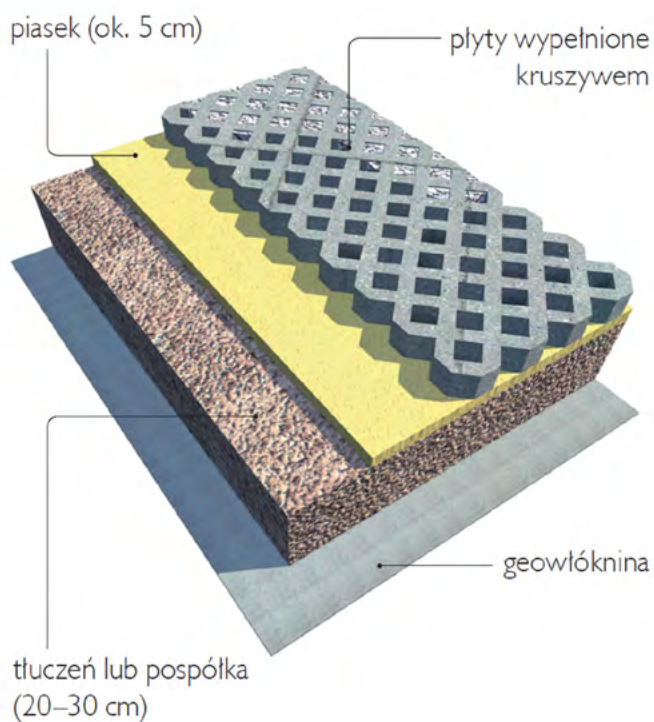
Rozwiązania zakładają montaż umocnienia gruntu w celu uregulowania i umożliwienia transportu pieszego i jeźdnego przy jednoczesnym braku uszczelniania gruntu. Nawierzchnie z kraty betonowej, kostki betonowej lub kamienia naturalnego ułożone w sposób ażurowy umożliwiające infiltrację wody w głąb poziomu glebowego sprawdzą się jako utwardzenie ścieżek pieszych, parkingów lub placów. Przestrzenie w tego typu nawierzchniach umożliwiają wprowadzenie m.in. traw oraz bylin.

3.2.2. Przekrój techniczny

Nawierzchnia ażurowa z krat pomostowych



Nawierzchnia ażurowa z kostki betonowej prefabrykowanej

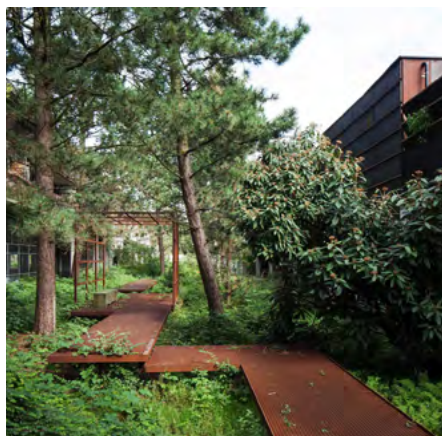
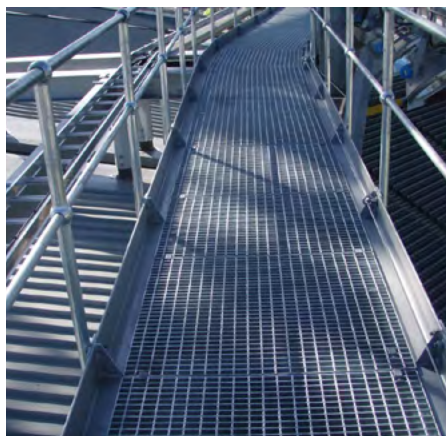


3.2.3. Utrzymanie

Nawierzchnie ażurowe nie wymagają znacznych nakładów związanych z utrzymaniem. Rozwiązania te są bardzo wytrzymałe na warunki atmosferyczne i praktycznie bezobsługowe. W przypadku wypełnienia nawierzchni ażurowych trawą lub roślinnością zielną należy wykonywać wyłącznie podstawowe prace pielęgnacyjne związane z utrzymaniem trawnika, takie jak podlewanie, nawożenie, koszenie. W przypadku nawierzchni ażurowych wypełnionych żwirem należy co jakiś czas zagęścić żwir lub dosypać w miejscach ubytków.

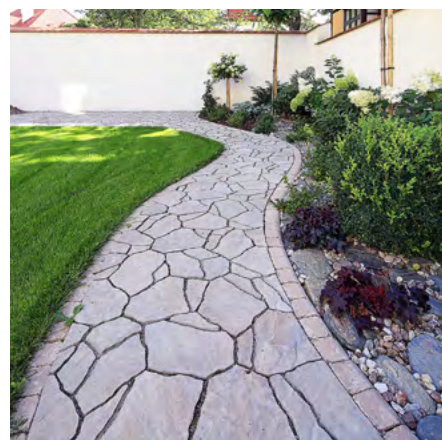
3.2.4. Przykłady rozwiązań

Nawierzchnia z krat pomostowych



FOT. nr 10/11/12

Nawierzchnia z kraty betonowej / kostki betonowej / kamienia naturalnego



FOT. nr 13/14/15

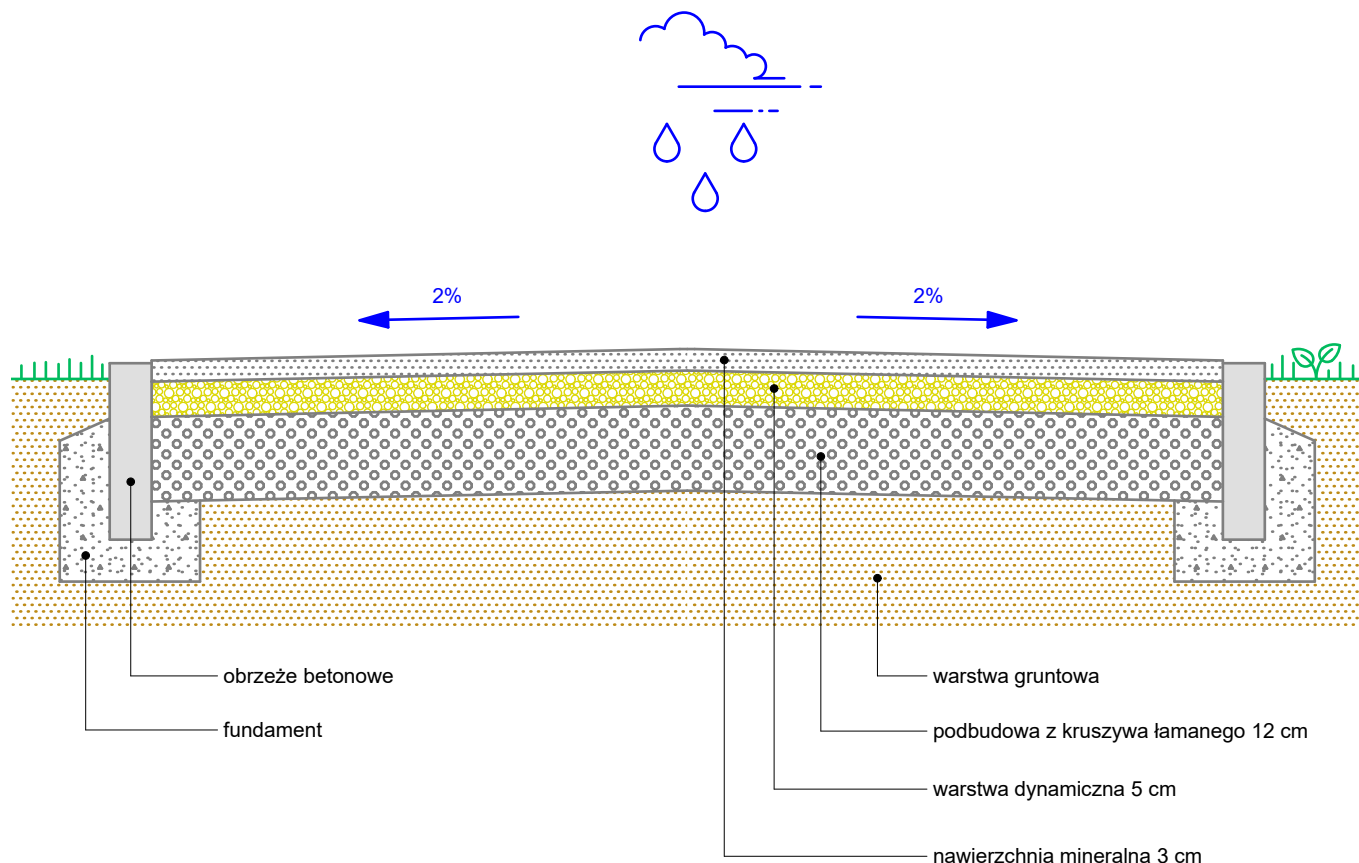
3.3. NAWIERZCHNIE MINERALNE TYPU ZIEMNEGO

3.3.1. Specyfikacja

Nawierzchnie mineralne typu ziemnego wykonane są z odpowiednio zagęszczonych warstw podbudowy, warstwy dynamicznej oraz warstwy wierzchniej. Kolejne różnią się od siebie wielkością frakcji, co pozwala na zaklinowanie poszczególnych warstw bez ich mieszania. **Nawierzchnia jest całkowicie przepuszczalna oraz**

umożliwia oddychanie gruntu. Rozwiązanie wykorzystuje wyłącznie naturalne materiały, przez co nie wpływa negatywnie na środowisko. W celu uzyskania pełnej funkcjonalności podłoża konieczne jest odpowiednie zagęszczenie warstw oraz stabilizacja w pierwszych miesiącach po założeniu. W razie wystąpienia ruchów warstwy wierzchniej można ją w łatwy sposób rozplantować i ponownie zagęścić.

3.3.2. Przekrój techniczny



3.3.3. Utrzymanie

Nawierzchnia nie wymaga szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych. W przypadku erozji spowodowanej przez czynniki zewnętrzne mechaniczne należy dosypać lub wymienić część nawierzchni i zagęścić.

3.3.4. Przykłady rozwiązań



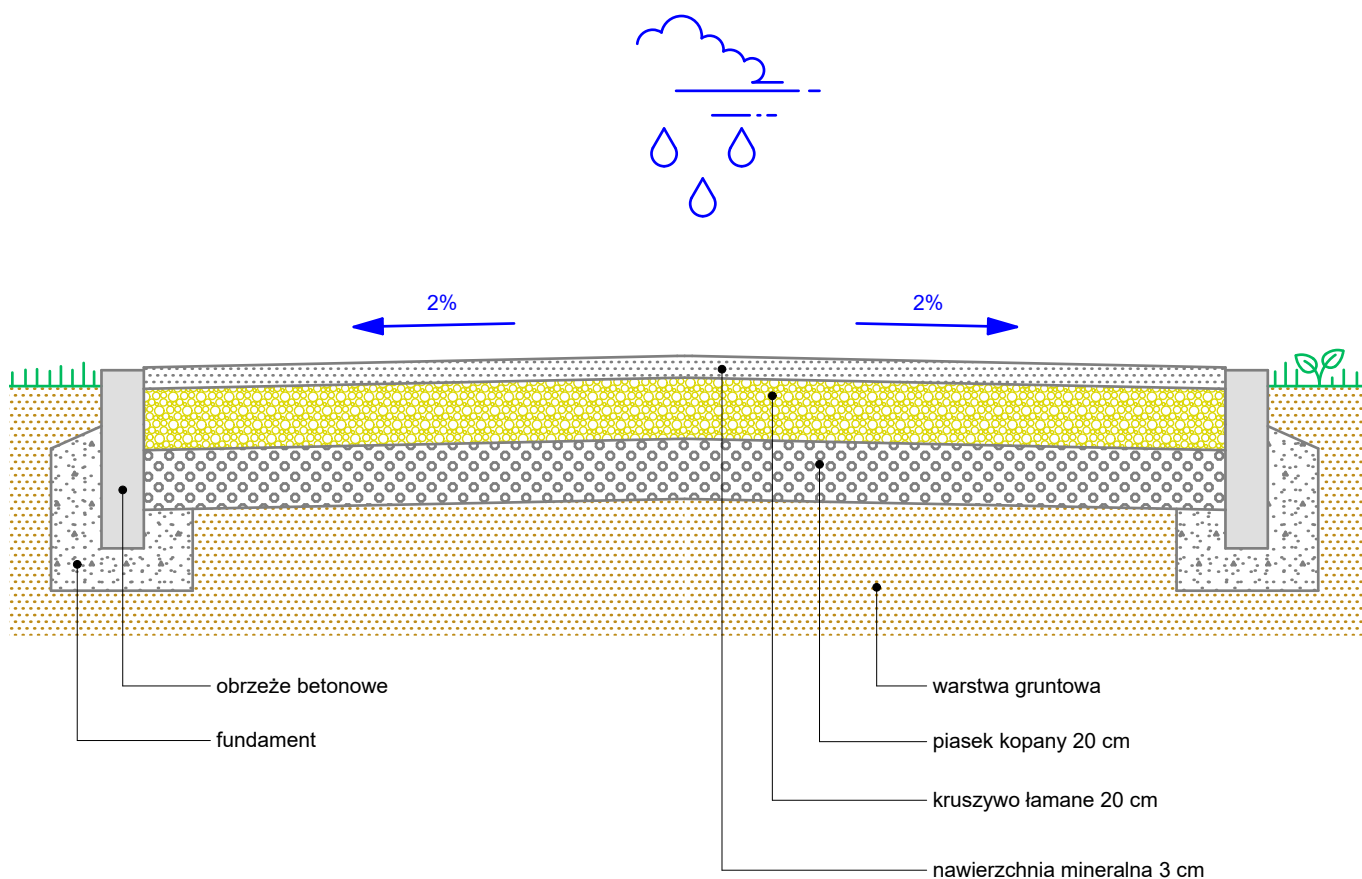
FOT. nr 16

3.4. NAWIERZCHNIE MINERALNO-ŻYWICZNE

3.4.1. Specyfikacja

Nawierzchnia mineralno-żywiczna jest całkowicie przepuszczalna i zbudowana z mieszanki materiału mineralnego (żwir albo grys) oraz niewielkiej ilości żywicy, która na stykach frakcji mineralnej łączy ze sobą drobne kruszywo, pozostawiając pomiędzy nimi puste przestrzenie tworzące strukturę porowatą. Rozwiązanie to może być stosowane jako umocnienie dróg pieszych i jezdnych, parkingów czy placów bez całkowitego uszczelniania tych przestrzeni. Ten typ nawierzchni znajduje swoje zastosowanie również przy budowie kompleksów sportowych. Nawierzchnia mineralno-żywiczna jest odporna na ekstremalne warunki pogodowe. Jej porowata struktura spowalniająca spływ powierzchniowy oraz możliwość odprowadzania wód opadowych i roztopowych bezpośrednio do gruntu w miejscu opadu czynią ją idealnym rozwiązaniem w miejscach, które wymagają konkretnego wzmocnienia.

3.4.2. Przekrój techniczny



3.4.3. Utrzymanie

Nawierzchnia mineralno-żywiczna wymaga okresowego mycia wodą przy użyciu myjki ciśnieniowej. Zabieg ten jest konieczny, gdyż z czasem porowata struktura nawierzchni zapycha się i potrzebne jest jej przepchanie za pomocą wody pod dużym ciśnieniem. W trakcie eksploatacji rozwiązanie nie wymaga innych zabiegów pielęgnacyjnych.

3.4.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 17/18

3.5. NAWIERZCHNIA Z BETONU JAMISTEGO

3.5.1. Specyfikacja

Nawierzchnia betonowa ze specjalistycznego betonu o strukturze otwartej nazywanej betonem jamistym. Mieszanka betonowa charakteryzująca się użyciem grubszej frakcji żwiru umożliwia osiągnięcie struktury przepuszczalnej o dużej porowatości. Uzyskany efekt przestworów między frakcjami żwiru związanymi zaczynem cementowym pozwala na swobodną filtrację wód opadowych i roztopowych z nawierzchni w głąb profilu glebowego. W przypadku gruntów przepuszczalnych nawierzchnia nie wymaga warstwy filtracyjnej, natomiast w razie wystąpienia gruntów spoistych lub mniej przepuszczalnych konieczne będzie zastosowanie ok. 15 cm warstwy filtracyjnej. Rozwiązanie można wykorzystać na trasach komunikacji pieszej i kołowej o niedużym natężeniu na terenach rekreacyjnych czy na terenach zieleni. Nawierzchnia z racji użytego materiału, jakim jest beton, nie powinna być nadużywana w miejscach, w których nie jest konieczna.

3.5.2. Utrzymanie

W trakcie użytkowania nawierzchni drobne frakcje żwiru oraz inne zanieczyszczenia mechaniczne wraz z transportem wody w głąb gruntu mogą spowodować zatkanie się porowatej struktury nawierzchni. W celu zachowania właściwej przepuszczalności betonu jamistego konieczne jest wykonywanie zabiegu konserwacyjnego polegającego na jednoczesnym myciu i odkurzaniu nawierzchni specjalistycznym sprzętem czyszcząco-ssącym. Dwukrotne wykonanie tego zabiegu (na wiosnę i jesień) zapewni odpowiednie właściwości chłonne nawierzchni z betonu jamistego.

3.5.3. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 19/20

4. ZRÓWNOWAŻONE ROZWIĄZANIA RETENCYJNO-INFILTRACYJNE

Zrównoważone systemy zagospodarowania wód opadowych i roztopowych (Sustainable Urban Drainage Systems, SuDS) to bazujące na naturze rozwiązanie problemów związanych z niedoborem oraz okresowym nadmiarem wody na terenach zurbanizowanych. Odgrywają one kluczową rolę w zwiększeniu małej retencji terenów biologicznie czynnych oraz podczyszczaniu zanieczyszczeń spływających wraz z wodami opadowymi.

4.1. SUCHE STRUMIENIE

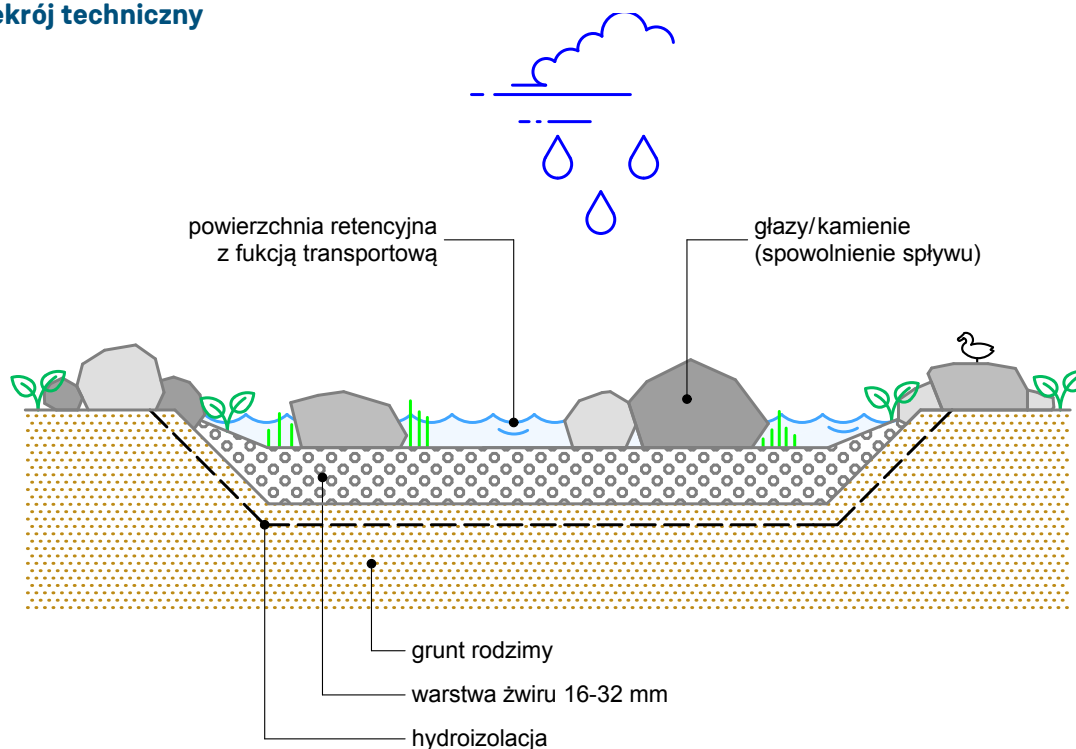
4.1.1. Specyfikacja

Suchy strumień to założenie krajobrazowe mające swoje początki w japońskiej sztuce ogrodowej, która w naturalistyczny sposób miała odzwierciedlać i kontynuować naturalny krajobraz, wprowadzając do ogrodu ład i harmonię. Rozwiązanie ma na celu ukształtowanie koryta strumienia/cieku z nadanym odpowiednim spadkiem, które wykorzystywane będzie jako otwarta rynna do transportu wód opadowych i roztopowych. Naturalistyczna i meandrująca forma podczas opadów lub roztopów wypełni się i zatrzyma na dłużej wodę w krajobrazie, spowolni jej spływ oraz w kontrolowany sposób dostarczy ją do większego odbiornika.

Budowę suchego strumienia należy zacząć od ukształtowania wykopu o odpowiedniej szerokości i spadku. W przypadku formowania meandrów należy zwrócić uwagę na szybkość spływu podczas opadów oraz dobrać odpowiednie łuki zakoli, aby woda płynąca ich nie przerwała. Dolną warstwę suchego strumienia należy uszczelnić folią, następnie ustawić duże kamienie/głazy oraz uzupełnić dolinę żwirem frakcji 16–32 mm. Podczas sadzenia roślin należy zwrócić uwagę na fakt, że suchy strumień nie jest rozwiązaniem wykorzystywanym do długotrwałego magazynowania wód opadowych i roztopowych – jego funkcją będzie przede wszystkim

ich transport. W związku z powyższym otoczenie suchego strumienia należy pozostawić bez nasadzeń lub wykorzystać rośliny radzące sobie na stanowisku suchym. Poprzez dynamikę zjawisk atmosferycznych rozwiązanie będzie posiadało dwie podstawowe funkcje. Podczas opadów i roztopów wypełniać się będzie wodą, imitując rzekę, podczas suszy zaś może pełnić rolę suchej ścieżki dydaktyczno-rekreacyjnej.

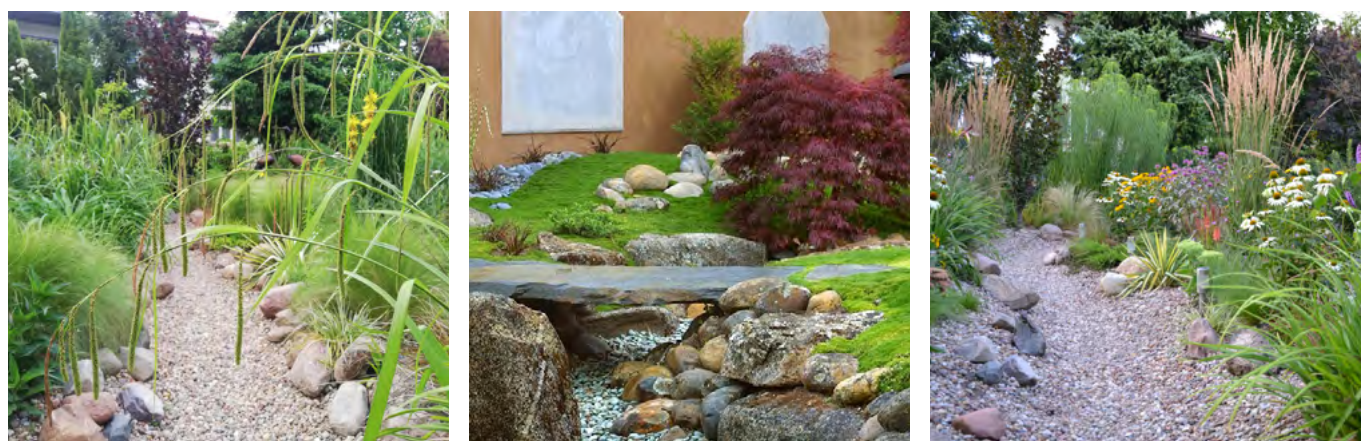
4.1.2. Przekrój techniczny



4.1.3. Utrzymanie

Suchy strumień nie wymaga szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych. Wystarczy dwa razy w roku sprawdzić stan ogólny. Warto mieć też na uwadze, że podczas nawalnych deszczy możliwe jest podmycie kamieni lub spływ żwiru wraz z biegiem suchego strumienia. W przypadku mechanicznych uszkodzeń konieczne będzie rozplantowanie żwiru oraz ułożenie mniejszych kamieni w pierwotnym miejscu. Zabezpieczenie suchego strumienia hydroizolacją oraz warstwa żwiru powodują brak wegetacji roślin ruderalnych w tym miejscu.

4.1.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 21/22/23

4.2. OGRÓD DESZCZOWY

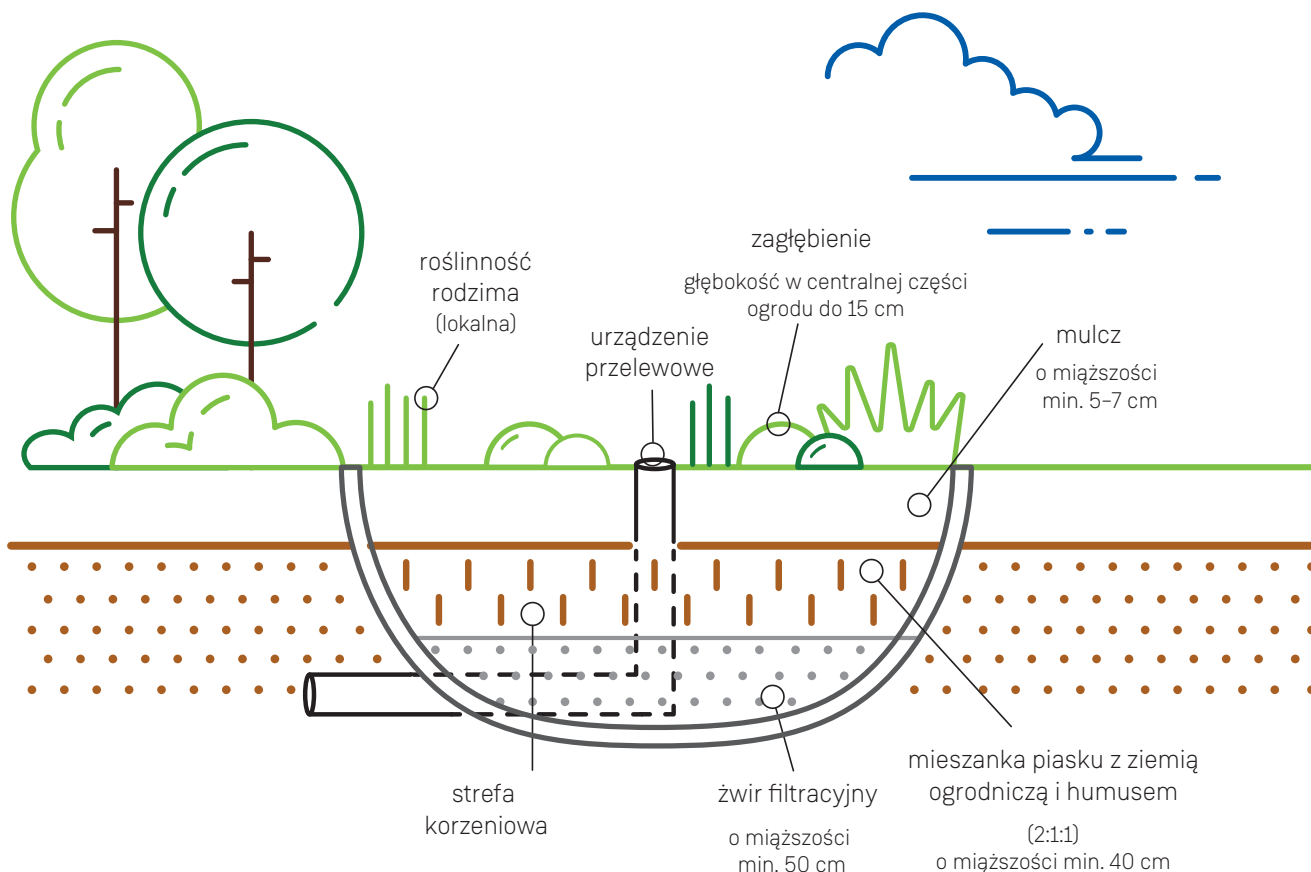
4.2.1. Specyfikacja

Ogrody deszczowe są kompozycjami roślinnymi posadzonymi na odpowiednio przygotowanym podłożu, filtrującymi i zatrzymującymi wodę. Dzięki nim woda deszczowa – zamiast spływać do kanalizacji – jest stopniowo wchłaniana i wykorzystywana przez rośliny. Systemy korzeniowe i odpowiednio dobrane podłoże ogrodu (keramzyt, piasek) oczyszczają deszczówkę z metali ciężkich, pyłów, węglowodorów aromatycznych. Można je zakładać w gruncie lub pojemnikach na powierzchni gruntu. Przez większą część roku ogród założony w gruncie jest tzw. suchym ogrodem deszczowym, a na jego powierzchni woda pozostaje tylko okresowo (bezpośrednio po wystąpieniu opadu).

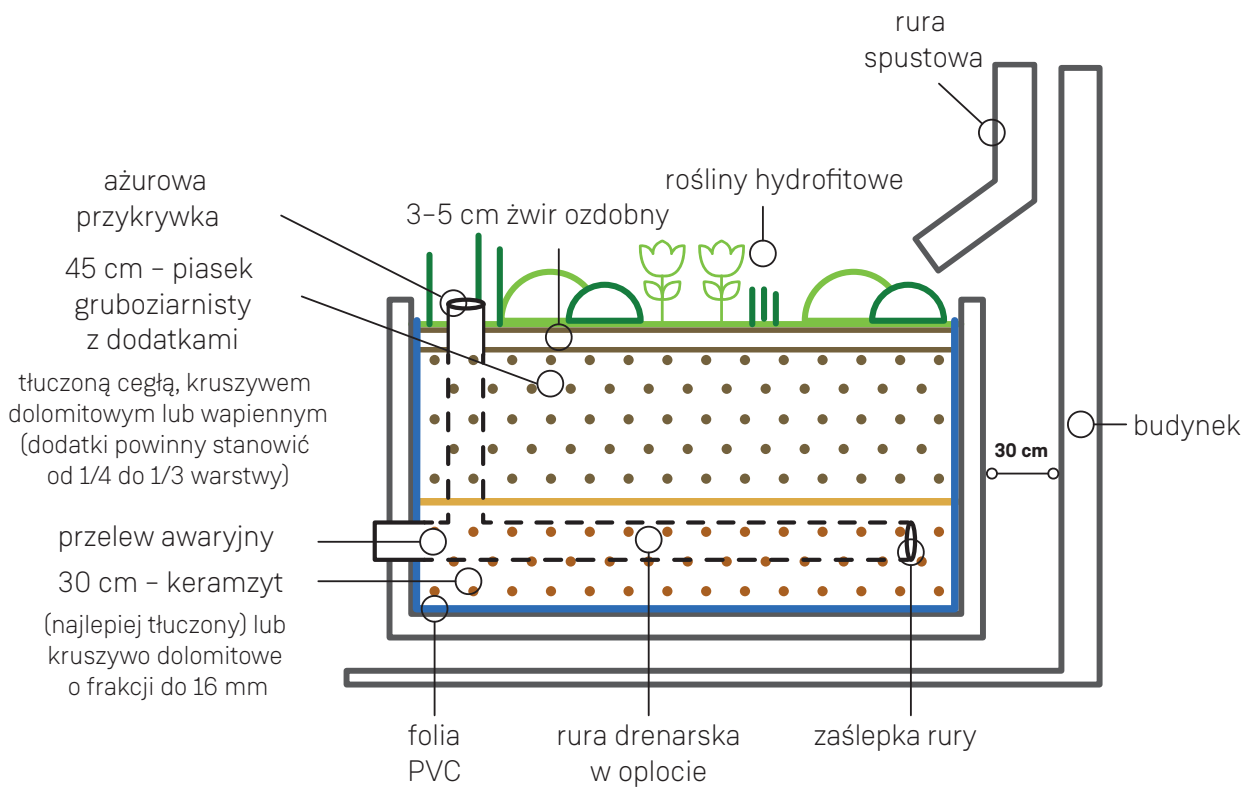
Ogród deszczowy w gruncie może być wykonany bez uszczelnienia dna lub z częściowym jego uszczelnieniem, tak aby woda mogła odpowiednio wsiąkać w glebę, zachowując funkcję retencji czasowej. Z kolei ogród tworzony w pojemnikach pełni głównie funkcję retencyjną. W tym przypadku warto też pamiętać, aby pojemnik był trwały i wytrzymały na napór materiału wypełniającego oraz warunki atmosferyczne. Zalecana średnia gęstość nasadzeń to 5 roślin/m².

Metoda obliczeniowa: $\text{poj. ogrodu deszczowego} = \text{powierzchnia} \times 1 \text{ m (głębokość w przekroju)} \times 0,3 \text{ współczynnik zmniejszający}$

4.2.2. Przekrój techniczny



Ogród deszczowy



Ogród deszczowy w pojemniku

4.2.3. Utrzymanie

Ogrody deszczowe nie wymagają skomplikowanych zabiegów pielęgnacyjnych. W celu utrzymania zdolności retencyjnej przedmiotowego rozwiązania BZI konieczne jest: prowadzenie cyklicznych kontroli poprawności działania układu (zalecenia: co najmniej raz na 6 miesięcy), uzupełnienie roślin oraz usuwanie chwastów, usuwanie obumarłych części naziemnych roślin, rozpulchnianie, usuwanie namotu.

4.2.4. Przykłady rozwiązań



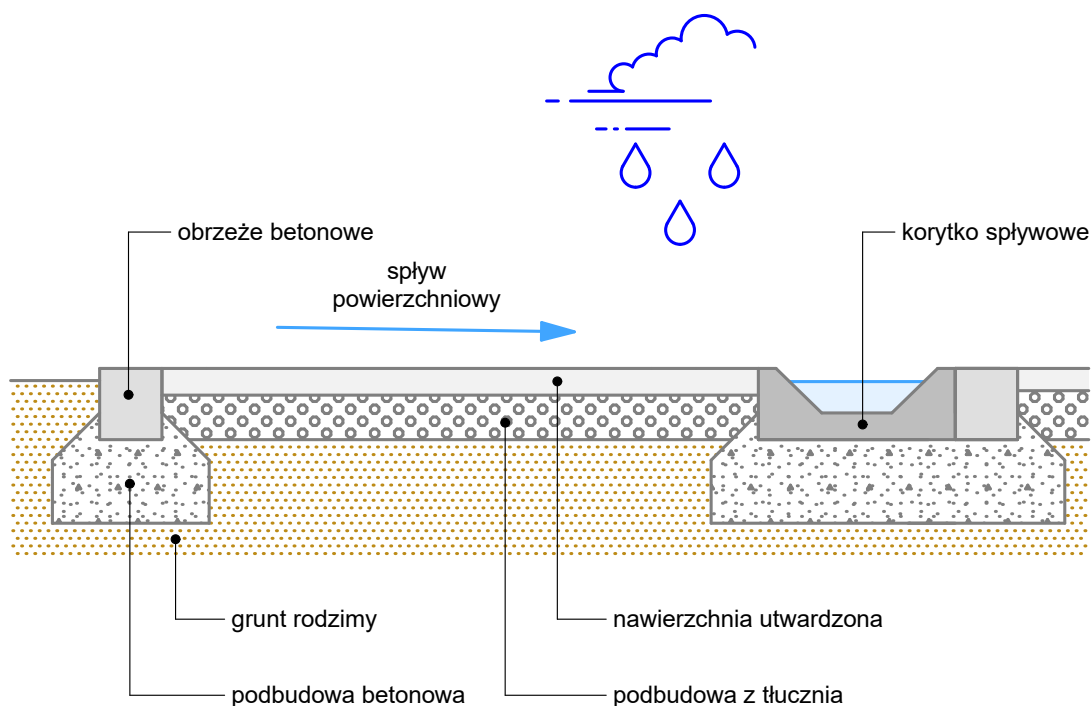
FOT. nr 24/25

4.3. KORYTA SPŁYWOWE

4.3.1. Specyfikacja

Koryta spływowe stanowią kuszącą krajobrazowo alternatywę dla rur podziemnych. Głównym miejscem wykorzystania rozwiązania są przestrzenie towarzyszące zabudowie wielorodzinnej oraz usług. Otwarte koryta mają na celu odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z nawierzchni utwardzonych do odbiornika, jakim może być teren zielony. Dowolność doboru materiału oraz kształtu powoduje, że koryta mogą spełnić jednocześnie wiele funkcji, takich jak np. transport wód, spowolnienie ruchu drogowego (muldy), walor estetyczny, poprawa mikroklimatu (zwiększenie wilgotności powietrza), walor rekreacyjny (okresowo wypełnione wodą płytkie korytka w formie meandrujących strug doskonałych do brodzenia dla dzieci w czasie deszczu). Wykonanie układu koryt spływowych musi być opracowane zgodnie ze spadkami podłużnymi i poprzecznymi projektowanej przestrzeni/układu drogowego.

4.3.2. Przekrój techniczny



4.3.3. Utrzymanie

Przez odkrycie wód opadowych i roztopowych płynących otwartymi korytami spływowymi nie występują w zasadzie potrzeby utrzymaniowe danego rozwiązania. Wystarczy regularne oczyszczanie koryt z zanieczyszczeń komunalnych oraz namułu płynącego wraz ze spływem wód. W przypadku uszkodzeń mechanicznych konieczna jest wymiana prefabrykatu betonowego lub kamienia naturalnego będącego budulcem koryta spływowego.

4.3.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 26/27

Zastosowanie koryt sphywowych na obiektach technologicznych Aquanet S.A. – odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z nawierzchni utwardzonej z możliwością częściowego rozsączenia na pobliskim terenie zieleni

4.4. NIECKI RETENCYJNE

4.4.1. Specyfikacja

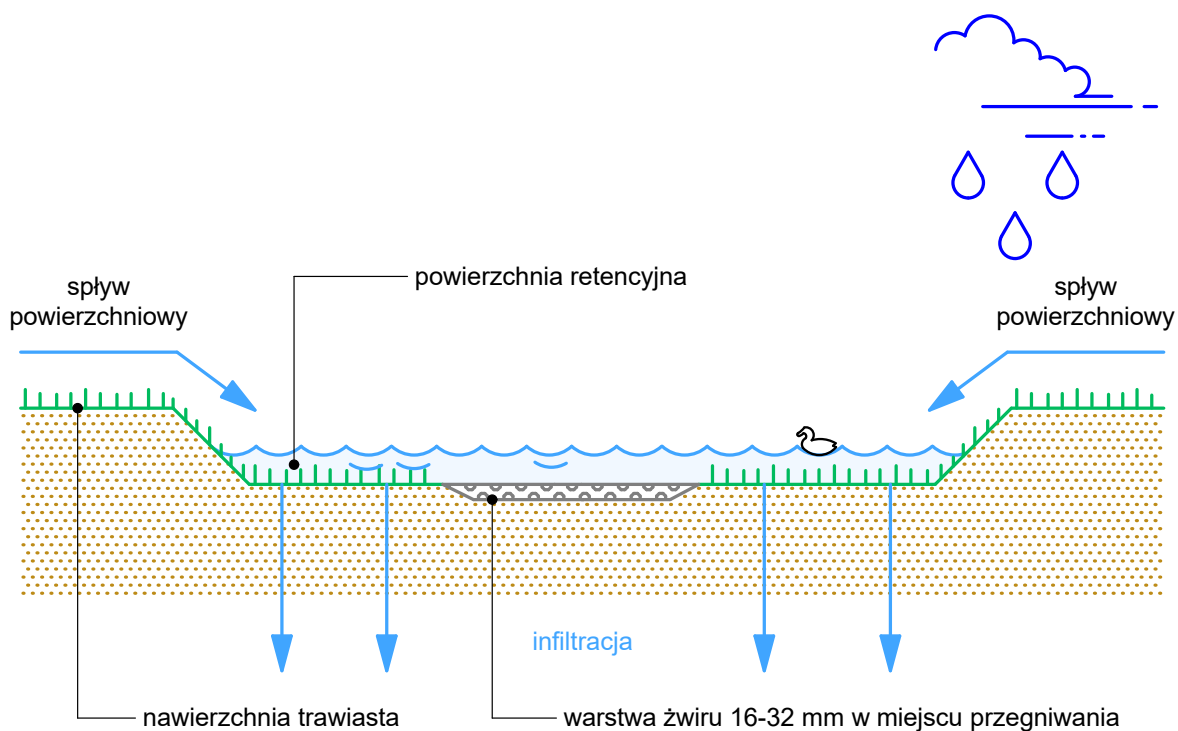
Niecki retencyjne to niewielkie obniżenia terenu mające na celu retencję i infiltrację niewielkich objętości wód opadowych i roztopowych. Dzięki temu prostemu rozwiązaniu możliwe jest zatrzymanie w sposób kontrolowany wód w miejscu opadu/roztopu. Rozwiązanie to polega na wsiąkaniu wód o charakterze powierzchniowym przez organiczną warstwę gruntu, co dobrze podczyszcza wody opadowe ze spływu powierzchniowego. Dzięki temu podczyszczona woda trafia w głąb profilu glebowego. Fundamentalne znaczenie przy nieckach infiltracyjnych mają warunki gruntowe. Rozwiązanie powinno przewidywać spoistość gruntu w miejscu jej lokalizacji, dlatego przed jej planowaniem konieczne jest przeprowadzenie badań gruntowych. W przypadku gruntów przepuszczalnych możliwe będzie zastosowanie niecki suchej trawiastej, z której woda w 48 godzin powinna zostać całkowicie odprowadzona do gruntu lub niecki mokrej w przypadku gruntów słabo przepuszczalnych. W tym wypadku konieczne jest zastosowanie roślin hydrofitowych i wypełnienie najgłębszego miejsca żwirem w celu zapobiegania przegniwania trawy.

- Zalecana głębokość dla niecki suchej: 30-40 cm.
- Zalecana głębokość dla niecki mokrej: 90-120 cm.
- Średnia gęstość nasadzeń: 3 rośliny/m².

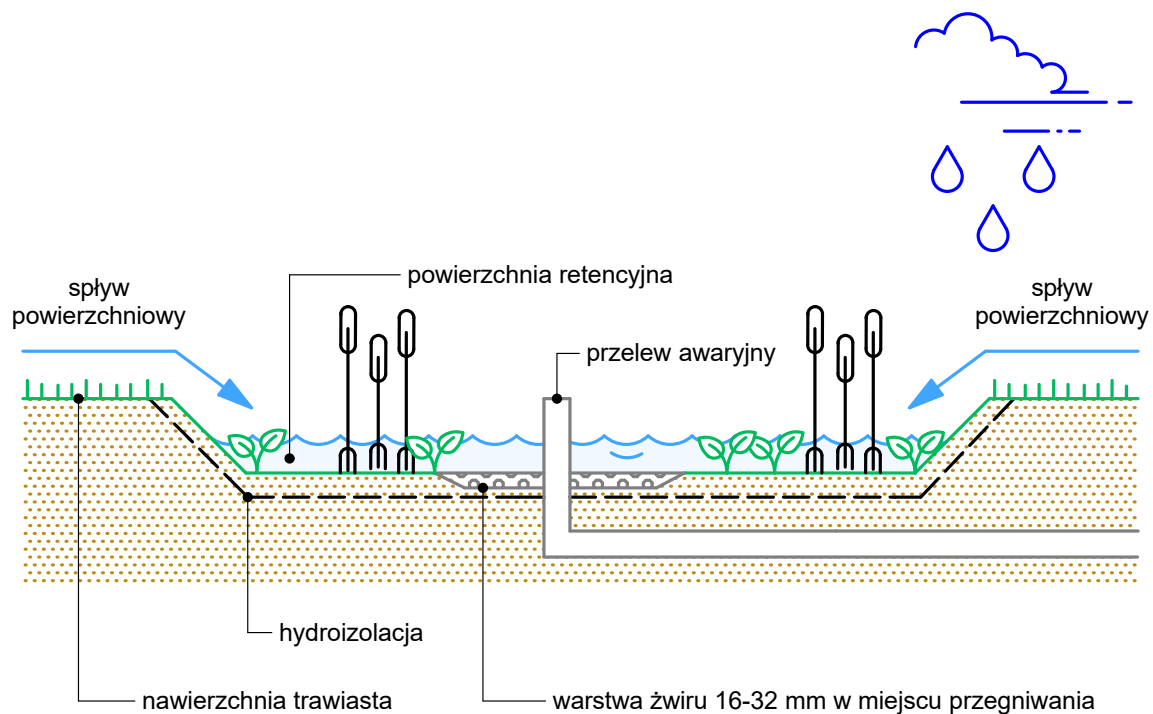
Metoda obliczeniowa: pojemność ret. = powierzchnia x głębokość

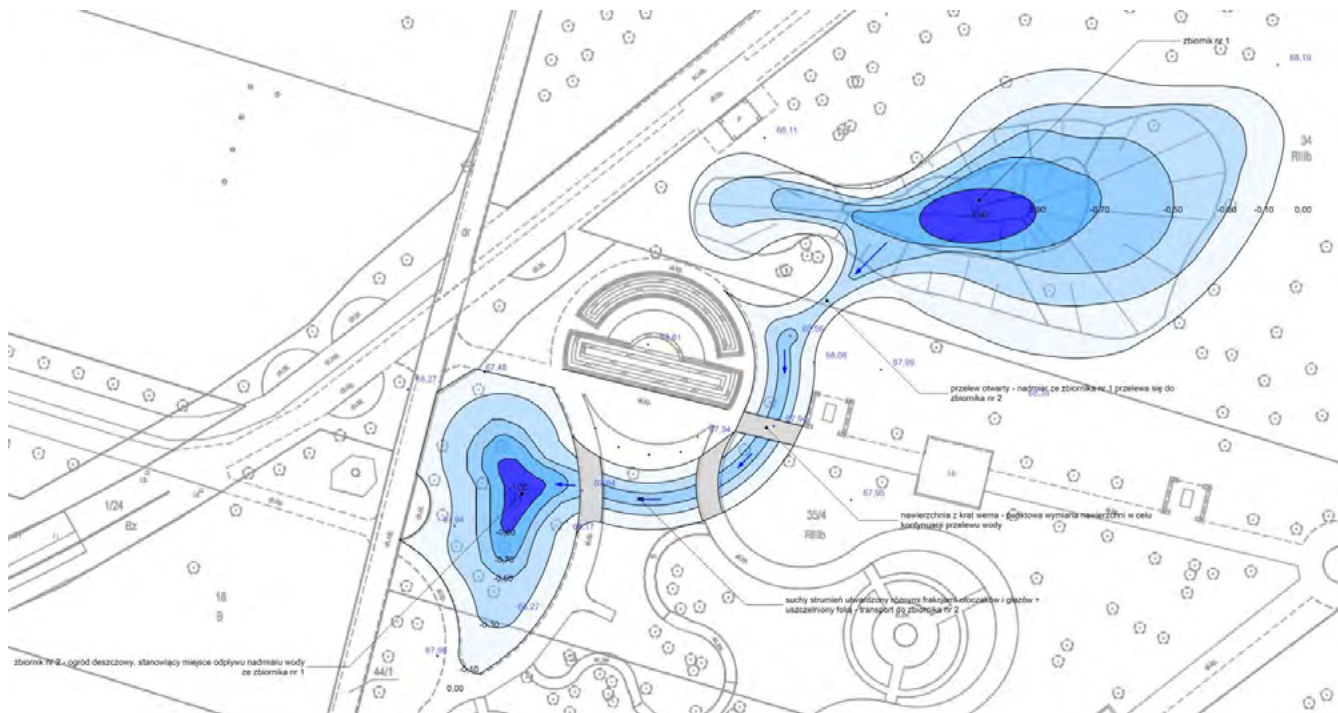
4.4.2. Przekrój techniczny

Niecka retencyjna sucha



Niecka retencyjna mokra





Schemat ukształtowania terenu wykorzystującego kompleks niecek infiltracyjnych suchych i mokrych z bioretencją projektowany w Parku Rataje w Poznaniu

4.4.3. Utrzymanie

Pielęgnacja zieleni w niecce zgodnie z opracowanym operatem pielęgnacyjnym na etapie projektowym. W przypadku niecek suchych konieczność intensywnego koszenia trawnika w celu inwentaryzacji potencjalnych uszkodzeń mechanicznych skarp. W przypadku niecek mokrych pielęgnacja hydrofitów i wymiana lub mycie zamulonego żwiru w najgłębszym miejscu stagnacji wody.

4.4.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 28/29

4.5. MULDA RETENCYJNA

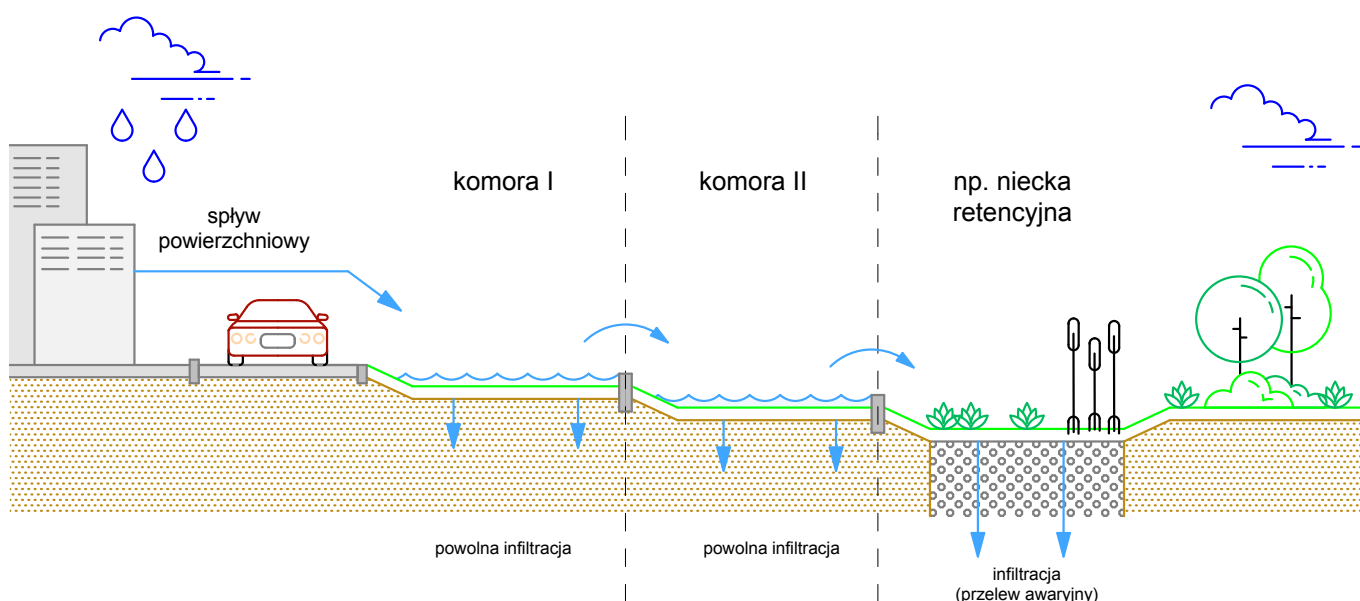
4.5.1. Specyfikacja

Rozwiązanie pełni rolę otwartego koryta przeznaczonego do transportu wód opadowych i roztopowych. Muldy w zależności od długości często dzielone są przegrodami umożliwiającymi wypełnienie się poszczególnej przegrody przed przelaniem się do kolejnej. Dzięki zastosowaniu kaskadowego spływu oraz nawierzchni trawiastej spowalniają spływ powierzchniowy do odbiornika, redukując tym samym duży zrzut w przypadku deszczów nawalnych powodujących lokalne podtopienia. Wykorzystanie bioretencyjnego rozwiązania zwiększa ewapotranspirację terenu oraz umożliwia częściową infiltrację podczyszczonej wody ze spływu powierzchniowego w głąb profilu glebowego. Wydłużanie biegu muld retencyjnych poprzez meandrujące kształty dodatkowo wydłuża spływ oraz poprawia walory krajobrazowe. Niewielka liczba nasadzeń hydrofitowych w tym rozwiązaniu, dzięki właściwościom fitoremediacyjnym, zwiększy szorstkość powierzchni, przez co poprawi filtrację zanieczyszczonych wód. Należy jednak zachować przejrzystość w utrzymaniu, by nie stracić przepływu oraz właściwości retencyjnych.

Rozwiązanie należy stosować na terenach oddalonych od zabudowy o min. 8 m oraz na gruntach przepuszczalnych. Pozwoli to zabezpieczyć konstrukcję zabudowy zlokalizowanej w sąsiedztwie tego rozwiązania przed oddziaływaniem wód w nim gromadzonych oraz umożliwi swobodną filtrację deszczówki w głębsze warstwy ziemi. W przypadku występowania gruntów spoistych należy zastosować drenaż francuski w celu poprawy odprowadzania wód z muldy retencyjnej. W przypadku nachylenia terenu powyżej 5% należy zastosować elementy piętzące w formie zastawek z kamienia naturalnego (np. gabiony) lub prefabrykatów betonowych. Zalecana średnia gęstość nasadzeń to 3 rośliny/m².

Metoda obliczeniowa: pojemność ret. = powierzchnia x głębokość

4.5.2. Przekrój techniczny



4.5.3. Utrzymanie

Konieczne jest utrzymywanie drożności muldy chłonnej poprzez koszenie roślinności ją porastającej; zalecana nawierzchnia trawiasta z niewielkim udziałem hydrofitów. Należy przeprowadzać regularne kontrole stanu technicznego skarp i elementów piętrzących. Po deszczach nawalnych konieczne odmulenie muldy i elementów piętrzących oraz oczyszczenie z namułów i zanieczyszczeń mechanicznych.

4.5.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 30/31

4.6. STAW SEDYMENTACYJNY/STUDNIA OSADOWA

4.6.1. Specyfikacja

Zarówno staw sedymentacyjny, jak i studnia osadowa to urządzenia przeznaczone do oczyszczania mechanicznego za pomocą sedymentacji ciał stałych. Zjawisko to polega na gromadzeniu się szkodliwych substancji na cząstkach zawieszin. Ponadto, przy opadaniu zawieszin, wiązane zostają również substancje rozpuszczone i w ten sposób podlegają zatrzymaniu. Koniecznym warunkiem do osiągnięcia miarodajnej sedymentacji jest niska burzliwość (turbulencji) wody. Aby osiągnąć powyższy cel, konieczne jest odpowiednie zaprojektowanie dopływów i odpływów w sposób niepowodujący mącenia wody w stawie sedymentacyjnym czy studni osadowej.

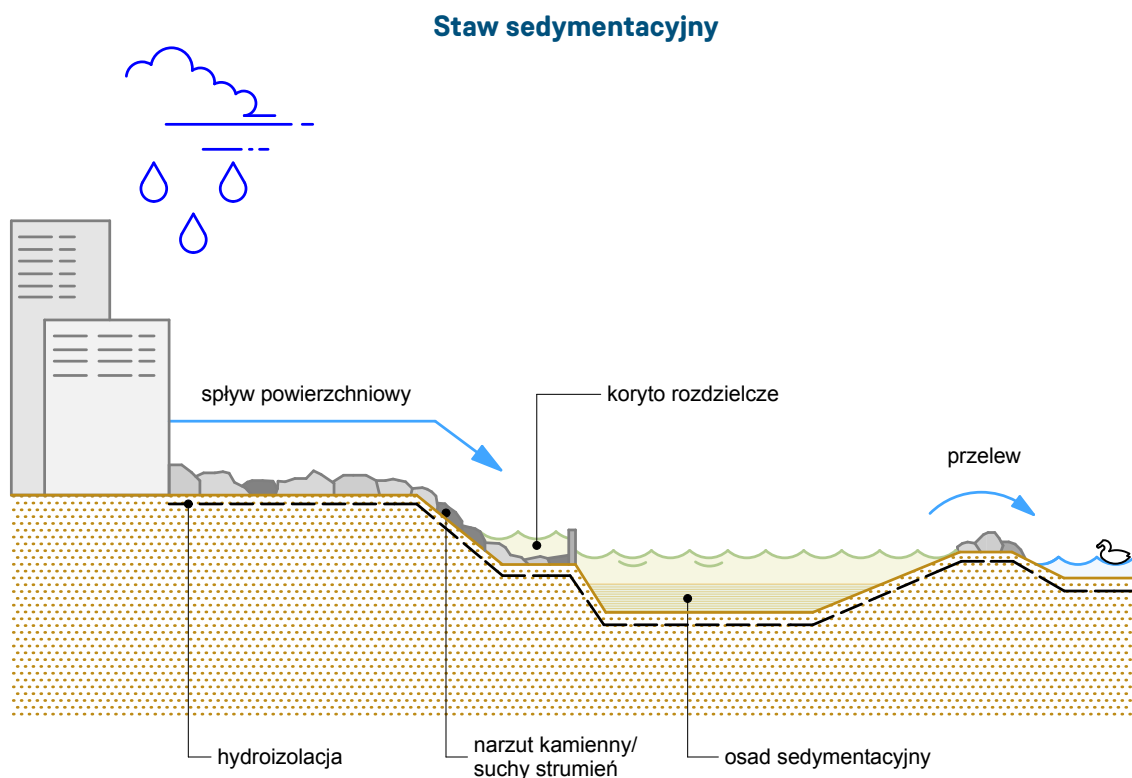
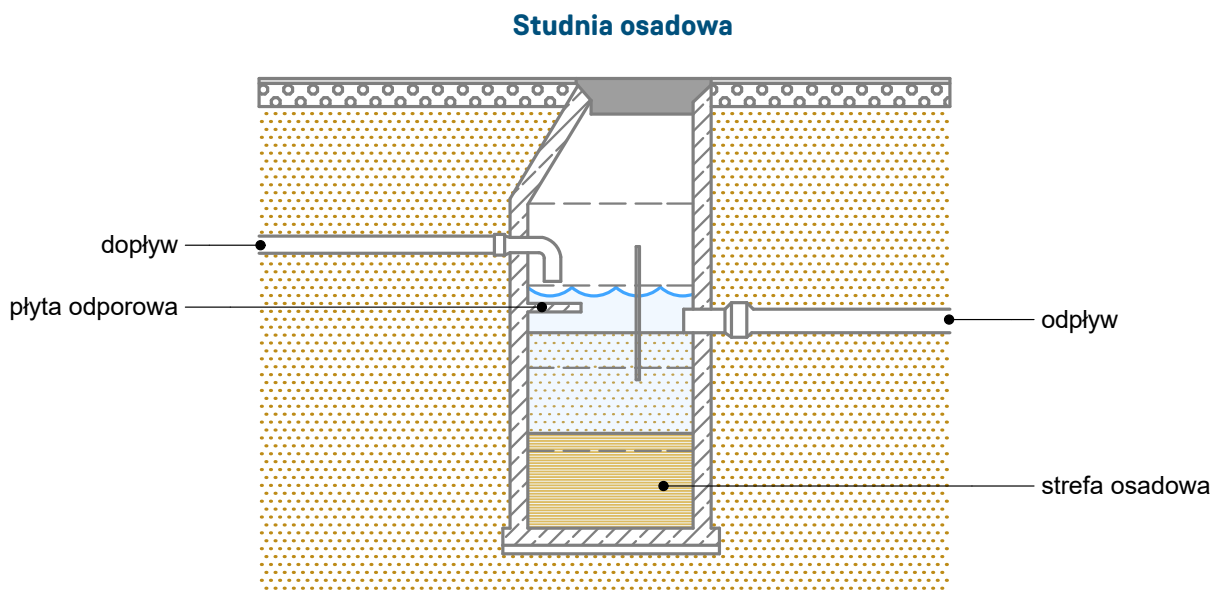
Studnia osadowa działa na podstawie magazynowania wody deszczowej oraz oczyszczania mechanicznego poprzez sedymentację w budowlu studziennej z betonowym dnem. Rozwiązanie sprawdza się w zakresie podczyszczania wód opadowych i roztopowych z dużą zawartością zawiesziny opadającej przy małym dopływie wód.

Staw sedymentacyjny: zbiornik uszczelniony względem gruntu; charakteryzuje się podczyszczaniem mechanicznym jak w przypadku studni osadowej, natomiast, tak jak w naturalnych stawach tlenowych, występuje tu również podczyszczenie biologiczne wskutek beztlenowych i tlenowych procesów oczyszczania.

Wydajność oczyszczania biologicznego mogą spotęgować w tym przypadku rośliny hydrofitowe. Należy jednak pamiętać, że z powodów utrzymaniowych niewskazane jest tu zadarnianie całej powierzchni stawu.

Metoda obliczeniowa: zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja pn. „Projektowanie, wykonawstwo zagospodarowania wód opadowych i roztopowych za pomocą błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) oraz sieci i przyłączy kanalizacji deszczowej – wymagania ogólne”.

4.6.2. Przekrój techniczny



4.6.3. Utrzymanie

Studnia osadowa: wymaga regularnej kontroli, czyszczenia i wypróżniania komory osadowej w razie stwierdzenia zbyt dużej ilości osadów.

Staw sedymentacyjny: wymaga regularnych przeglądów dopływów i odpływów oraz usuwania zanieczyszczeń mechanicznych. Konieczny pomiar głębokości przy zakładaniu stawu; gdy osad nawarstwi się do $\frac{1}{4}$ głębokości zalegania, wymagane jest odmulenie stawu. W przypadku nasadzeń hydrofitów należy wykonywać prace pielęgnacyjne roślinności, ścinanie na wiosnę oraz usuwanie martwych i przegniłych części nadziemnych. W przypadku wystąpienia glonów przy odpływie należy je usunąć.

4.7. PASAŻ ROŚLINNY

4.7.1. Specyfikacja

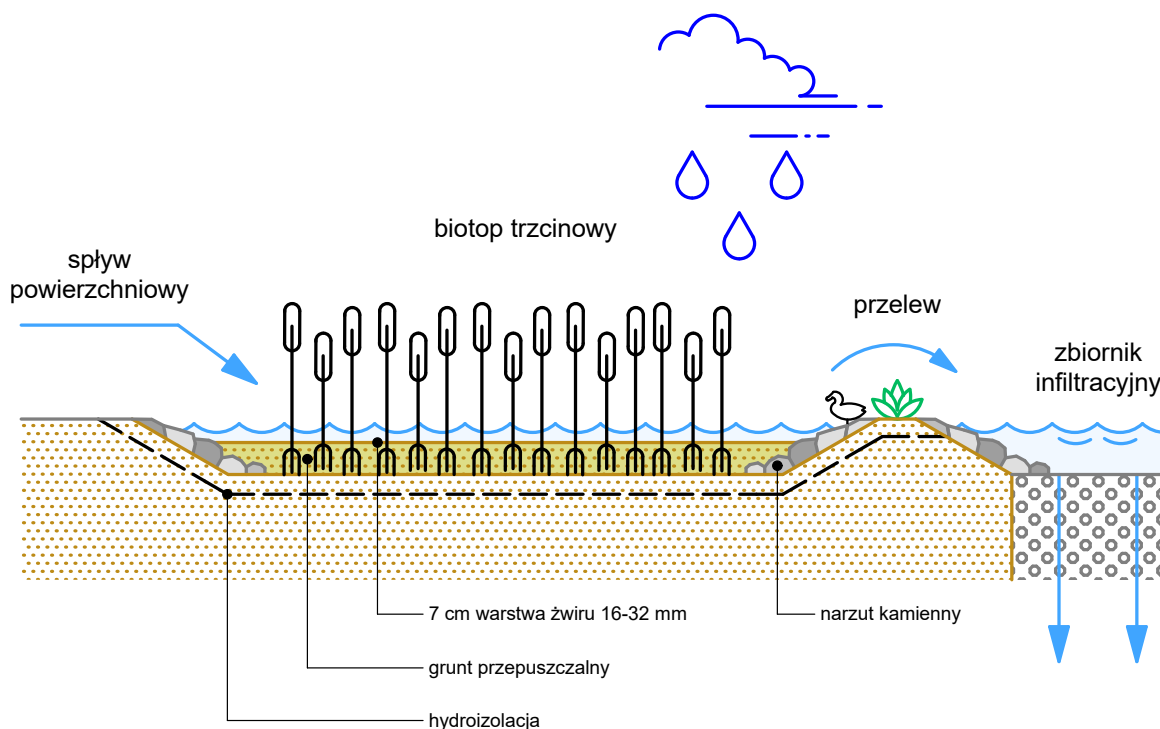
Pasaż roślinny to rozwiązanie błękitno-zielonej infrastruktury (BZI), której podstawowym zadaniem jest zretencjonowanie oraz podczyszczenie wód opadowych i roztopowych ze spływu powierzchniowego. Budowa pasażu polega na wykonaniu wykopu, hydroizolacji oraz niecki z ziemią urodzajną z nasadzeniami hydrofitów. Szczególnie pożądanym gatunkiem w tym przypadku będzie pałka szerokolistna (*Typha latifolia*) charakteryzująca się znakomitymi właściwościami fitoremediacyjnymi (adsorpcja cząstek metali ciężkich przez części nadziemne i systemy korzeniowe). Podczas wypełnienia budowli woda przepływa przez gęsty system biotopu hydrofitowego, co podczyszcza ją na trzy różne sposoby:

- oczyszczanie mechaniczne – wskutek odfiltrowania szkodliwych substancji w masie gruntu i częściach roślinnych,
- oczyszczanie wskutek beztlenowych i tlenowych procesów rozkładu,
- oczyszczanie chemiczne i fizyczne (adsorpcja) – wiązanie szkodliwych substancji na cząstkach gruntu oraz w systemach korzeniowych roślin.

Pasaż roślinny powinien być stosowany jako element składowy bardziej rozbudowanego systemu bioretencyjnego i zaprojektowania odbiornika do wsiąkania podczyszczonych wód ze spływu powierzchniowego. Jest to rozwiązanie liniowe, dlatego najłatwiej zastosować je wzdłuż ciągów komunikacyjnych. Zalecana średnia gęstość nasadzeń to 5 roślin/m².

Metoda obliczeniowa: powierzchnia x 1 m (głębokość w przekroju) / 0,3 (współczynnik zmniejszający)

4.7.2. Przekrój techniczny



4.7.3. Utrzymanie

Pielęgnacja ogrodnicza pasażu roślinnego powinna odbywać się zgodnie ze specjalnie przygotowanym operatem. Co roku należy jednorazowo wyciąć trzcinę, najlepiej poza okresem lęgowym ptactwa (po 15 października). Konieczna jest regularna kontrola dopływu i odpływu rozwiązania.

4.7.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 32/33



4.8. ZBIORNIK HYDROFITOWY

4.8.1. Specyfikacja

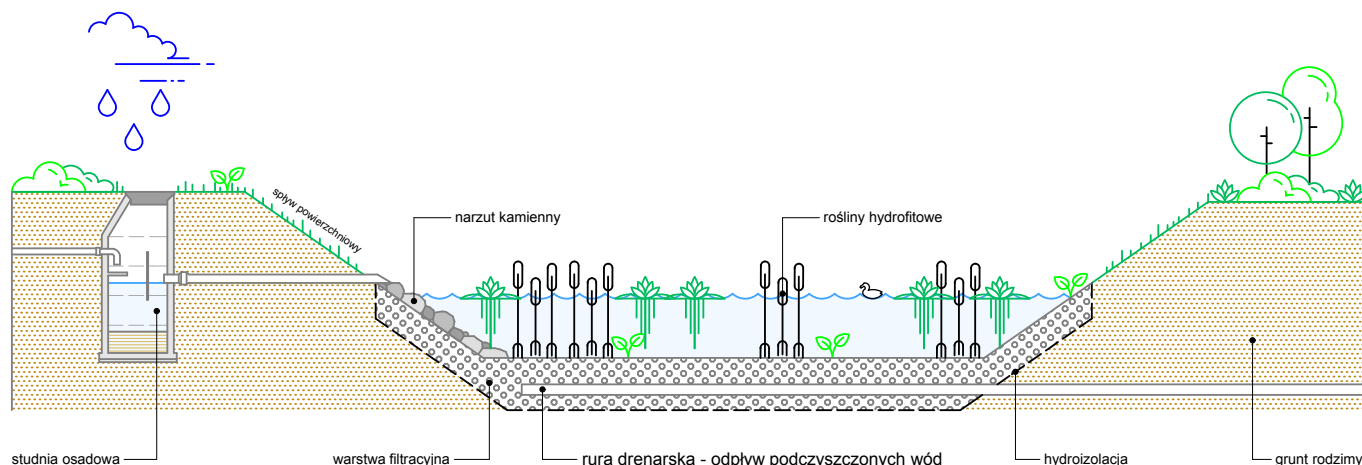
Stawy hydrofitowe w specyfice działania przypominają pasaże roślinne, przeznaczone są jednak do odbioru znacznie większych objętości wód opadowych i roztopowych. Rozwiązanie to również jest budowlą bioretencyjną, której podstawowym zadaniem jest zretencjonowanie oraz podczyszczenie wód opadowych i roztopowych ze spływu powierzchniowego. Budowa stawu hydrofitowego jednak różni się w zależności od przyjętego sposobu rozwiązania oraz charakterystyki inwestycji. Stawy dzielą się na rozwiązania swobodne z przepływem otwartym oraz wyposażone w podziemny przepływ. W obu przypadkach należy przewidzieć odpowiednią warstwę złoża filtracyjnego z zakorzenioną roślinnością hydrofitową. Szczególnie pożądanym gatunkiem w tym przypadku będzie pałka szerokolistna (*Typha latifolia*) charakteryzująca się znakomitymi właściwościami fitoremediacyjnymi (adsorpcja cząstek metali ciężkich przez części nadziemne i systemy korzeniowe) lub trzcina pospolita (*Phragmites australis*) dobrze korzeniująca się i szczególnie odporna na przemarzanie. Podczas wypełnienia stawów woda przepływa przez gęsty system biotopu hydrofitowego, co podczyszcza ją na trzy różne sposoby:

- oczyszczanie mechaniczne – wskutek odfiltrowania osadów w studni osadowej lub stawie sedymentacyjnym poprzedzających dopływ wód do stawu hydrofitowego,
- oczyszczanie wskutek beztlenowych i tlenowych procesów rozkładu,
- oczyszczanie chemiczne i fizyczne (adsorpcja) – wiązanie szkodliwych substancji na cząstkach gruntu oraz w systemach korzeniowych roślin.

Staw hydrofitowy powinien być stosowany jako element składowy bardziej rozbudowanego systemu bioretencyjnego i wymaga zaprojektowania odbiornika do wsiąkania lub magazynowania podczyszczonych wód ze spływu powierzchniowego.

Metoda obliczeniowa: zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja pn. [„Projektowanie, wykonawstwo zagospodarowania wód opadowych i roztopowych za pomocą błękitno-zielonej infrastruktury \(BZI\) oraz sieci i przyłączy kanalizacji deszczowej – wymagania ogólne”](#).

4.8.2. Przekrój techniczny



4.8.3. Utrzymanie

- Systematyczne kontrole stanu technicznego dopływu i odpływu oraz skarp.
- Czyszczenie i wypróżnianie studni osadowej w razie stwierdzenia zbyt dużej ilości osadów lub w przypadku zastosowania poprzedzającego staw zbiornika sedymentacyjnego pomiar nawarstwienia osadu oraz w przypadku konieczności odmulenia stawu.
- Zbieranie tzw. kożucha z tafli wody zbiornika (zawartość tłuszczów i olejów).
- Zabiegi pielęgnacyjne ogrodnicze polegające na wymianie martwego materiału roślinnego, usunięciu przegnitych pędów oraz ścięciu hydrofitów w okresie zimowym lub wczesnej wiosny (po sezonie lęgowym ptaków i płazów po 15 października).

4.8.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 34 – Tanner Springs Park, Portland, USA

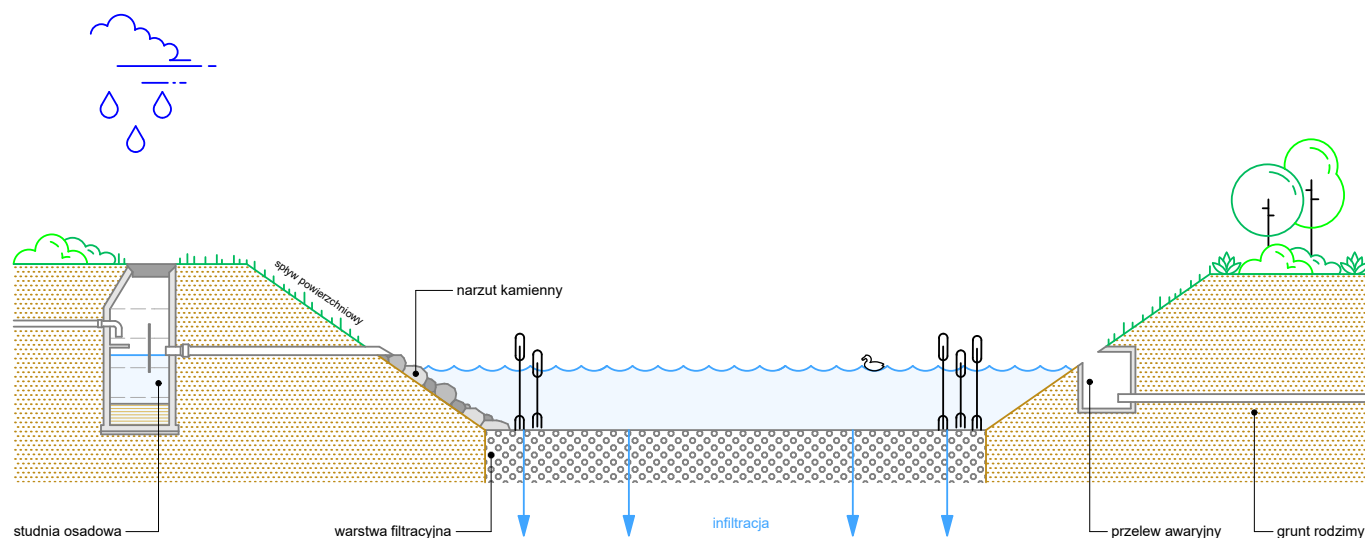
4.9. ZBIORNIK INFILTRACYJNY

4.9.1. Specyfikacja

Zbiorniki infiltracyjne działają na podobnej zasadzie co niecki infiltracyjne, są jednak znacznie większych rozmiarów i charakteryzują się większą powierzchnią retencyjną. Decydując się na to rozwiązanie, należy koniecznie zbadać warunki gruntowe. Staw infiltracyjny najlepiej sprawdzi się na gruntach piaszczystych. W przypadku występowania gruntów nieprzepuszczalnych staw infiltracyjny nie będzie spełniał swojej funkcji. W zbiornikach tych dochodzi do wsiąkania wód opadowych i roztopowych powierzchniowo przez ożywioną (organiczną) warstwę gruntu. Następnie woda zostaje podczyszczona przez warstwy filtracyjne lub infiltruje bezpośrednio do warstwy przesączającej. Dodatkowym walorem podczyszczającym będą zastosowane rośliny hydrofitowe o właściwościach fitoremediacyjnych. Zbiorniki infiltracyjne z racji dużej wielkości i objętości wód zanieczyszczonych ze spływu powierzchniowego muszą być poprzedzone osadnikiem, studnią osadową lub stawem sedymentacyjnym w celu wstępnego podczyszczenia wód z osadów. W przypadku wysokiego stanu wód w zbiorniku konieczne jest również zastosowanie przelewu awaryjnego w postaci mnicha lub kratki przelewowej.

Metoda obliczeniowa: zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja pn. [„Projektowanie, wykonawstwo zagospodarowania wód opadowych i roztopowych za pomocą błękitno-zielonej infrastruktury \(BZI\) oraz sieci i przyłączy kanalizacji deszczowej – wymagania ogólne”](#).

4.9.2. Przekrój techniczny



4.9.3. Utrzymanie

Konieczne przeprowadzanie regularnych kontroli dopływu i odpływu oraz oczyszczanie stawu. Szczególną uwagę należy zwrócić na okres jesienny z racji spadających z drzew liści. W trakcie sezonu wegetacyjnego należy wykonywać prace ogrodnicze w strefach pokrytych roślinnością hydrofitową. Należy prowadzić obserwację poziomu infiltracji wód w zbiorniku – w przypadku stwierdzenia jej zahamowania konieczne jest usunięcie uszczelniających powłok i warstwy osadu z dna zbiornika.

4.9.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 35

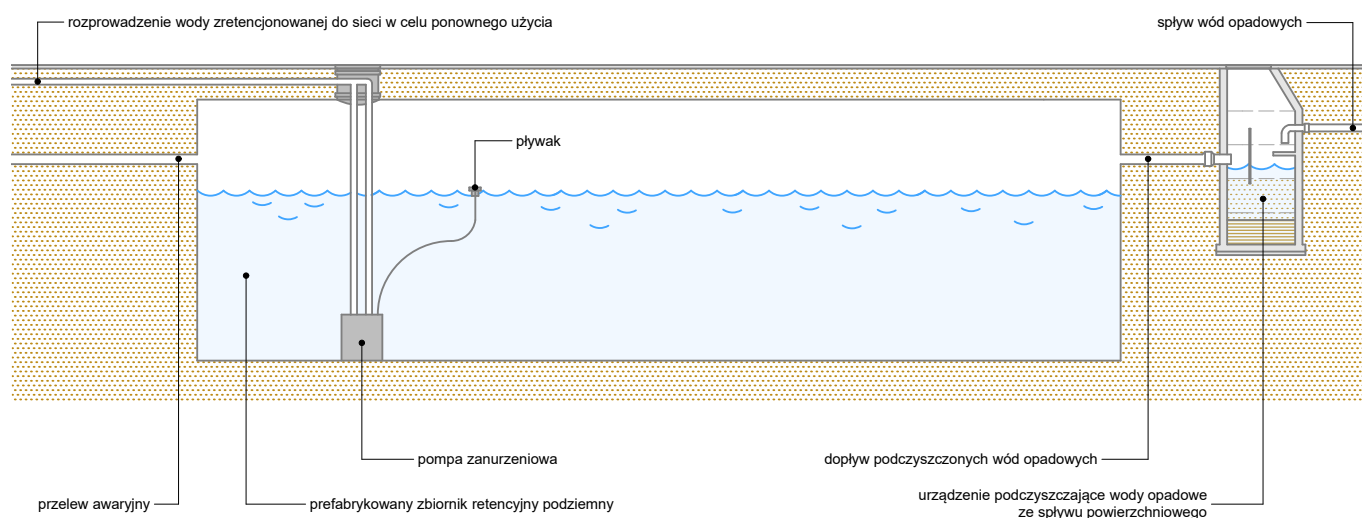
4.10. PODZIEMNE ZBIORNIKI SZCZELNE

4.10.1. Specyfikacja

Podziemne zbiorniki retencyjne szczelne to urządzenia retencyjne służące do magazynowania wód opadowych i roztopowych ze spływu powierzchniowego lub połąci dachowych. Ich zadaniem jest spowolnienie spływu powierzchniowego, tak aby nie doszło do przeciążenia kanalizacji deszczowej, a także magazynowanie deszczówki. W zależności od specyfiki inwestycji można stosować rozwiązania modułowe z tworzyw sztucznych, prefabrykowane lub betonowe. Zbiorniki podziemne szczelne charakteryzują się dużą pojemnością retencyjną pozwalającą na podczyszczenie, zmagazynowanie i ponowne wykorzystanie wód opadowych i roztopowych w celach np. nawadniania roślinności lub mycia nawierzchni. Powtórne wykorzystanie wód opadowych i roztopowych ze spływu powierzchniowego, ze względu na dużą zawartość substancji ropopochodnych i metali ciężkich, wymaga wcześniejszego podczyszczenia mechanicznego. Do tego celu można wykorzystać studnię osadową, filtr mechaniczny lub separator.

Metoda obliczeniowa: zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja pn. [„Projektowanie, wykonawstwo zagospodarowania wód opadowych i roztopowych za pomocą błękitno-zielonej infrastruktury \(BZI\) oraz sieci przyłączy kanalizacji deszczowej – wymagania ogólne”](#).

4.10.2. Przekrój techniczny



4.9.3. Utrzymanie

- Regularna inspekcja dopływu i odpływu.
- Regularne czyszczenie oraz usuwanie osadu ze studni osadowej lub innego urządzenia wstępnie podczyszczającego wodę ze spływu powierzchniowego.
- Czyszczenie filtrów mechanicznych w przypadku ich zastosowania na wlocie do zbiornika podziemnego.
- Co 2–5 lat oczyszczanie zbiornika podziemnego z osadów.
- Regularna kontrola pomp zanurzeniowych wraz z pływakami.

4.10.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 36/37

Wody opadowe gromadzone w podziemnych zbiornikach retencyjnych mogą być wykorzystywane w celach gospodarczych oraz bytowych. Istnieje możliwość połączenia tego typu rozwiązania z systemem nawadniającym. Deszczówka idealnie sprawdzi się przy nawadnianiu zieleni.

5. SYSTEMY RETENCJI WÓD OPADOWYCH ŁĄCZONE Z REKREACJĄ



5.1. PLACE WODNE

5.1.1 Specyfikacja

Plac wodny jest rozwiązaniem retencyjnym łączącym przechowywanie wody z poprawą jakości miejskiej przestrzeni publicznej. Jego zadaniem jest zmagazynowanie jak największej objętości wód opadowych w trakcie nawałnych deszczy. Podczas budowy takiego placu należy pamiętać o zaprojektowaniu odpowiedniej przestrzeni zagłębionej pełniącej różne funkcje w zależności od warunków atmosferycznych. Pierwszą z nich jest strefa rekreacji skupiająca boiska, wodne place zabaw wykorzystujące podczyszczoną deszczówkę i trybuny stanowiące zbocza zbiorników uszczelnionych, w których znajdują się strefy rekreacji. Drugim zadaniem placu

wodnego jest tymczasowe zretencjonowanie maksymalnej objętości wód opadowych z otaczającego terenu i połaci dachowych, co umożliwi spowolnienie ich spływu do kanalizacji deszczowej, a w konsekwencji pozwoli uniknąć jej przeciążenia. Przez większość czasu plac wodny będzie suchy i wykorzystywany jako przestrzeń rekreacyjna. W trakcie deszczy nawalnych przestrzeń ta wypełni się wodą opadową, która przez system mechanicznego podczyszczenia trafi w następstwie do rozsączających lub szczelnych zbiorników podziemnych, zasilając wody gruntowe oraz stwarzając możliwość wykorzystania wód opadowych do podlewania okolicznej roślinności. Z racji czasowego zalewania strefa rekreacji powinna być wykonana z materiałów odpornych na ekstremalne warunki związane z zalaniem placu.

5.1.2. Utrzymanie

- Po odprowadzeniu wody i wyschnięciu placu wodnego konieczna jest szczegółowa kontrola urządzeń dopływowych i odpływowych oraz oczyszczenie placu z zanieczyszczeń po spływie powierzchniowym.
- W przypadku zabrudzenia elementów namułem niesionym podczas deszczy nawalnych po opadnięciu poziomu wody do mycia placu można wykorzystać zgromadzoną w zbiornikach podziemnych wstępnie podczyszczoną wodę.
- Prace pielęgnacyjne związane z konserwacją i pielęgnacją terenu zieleni z funkcją rekreacyjną.

5.1.3. Przykłady rozwiązań

Przed deszczem:



W trakcie deszczu:



Po deszczu:



FOT. nr 38/39/40/41

5.2. WODNE PLACE ZABAW

5.2.1. Specyfikacja

Wodny plac zabaw stanowi przestrzeń rekreacyjno-edukacyjną wyposażoną w urządzenia zabawowe wykorzystujące oczyszczoną wodę opadową. Warunkiem koniecznym do wprowadzenia tego rozwiązania jest zbiornik retencyjny podziemny, który magazynuje oczyszczone wody opadowe pochodzące z połaci dachowych okolicznych budynków. Przy użyciu pomp lub śrub Archimedesusa woda zostaje dostarczana do urządzeń, które na zasadzie naczyń połączonych oraz poszczególnych zminiaturyzowanych rozwiązań hydrotechnicznych umożliwiają zabawę i edukację związaną z ruchem wody w krajobrazie. Poprzez zastosowanie istniejących na rynku rozwiązań w ciekawy sposób można urozmaicić strefy rekreacji.

W przypadku wyboru takiego rozwiązania konieczne jest opracowanie dokumentacji projektowej oraz uzyskanie pozwoleń zgodnych z obowiązującymi przepisami prawa wodnego, budowlanego, ochrony środowiska oraz drogowego.

Schemat działania:



FOT. nr 42/43



5.2.2. Utrzymanie

- Bieżąca kontrola stanu zbiornika podziemnego.
- Bieżąca kontrola sprawności urządzeń zabawowych.
- Kontrola czystości wykorzystywanych do zabawy wód zretencjonowanych w zbiorniku podziemnym.
- Pielęgnacja zieleni towarzyszącej.

5.2.3. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 44/45/46 - Wodny plac zabaw w Parku im. ks. Tadeusza Kirschke w Poznaniu

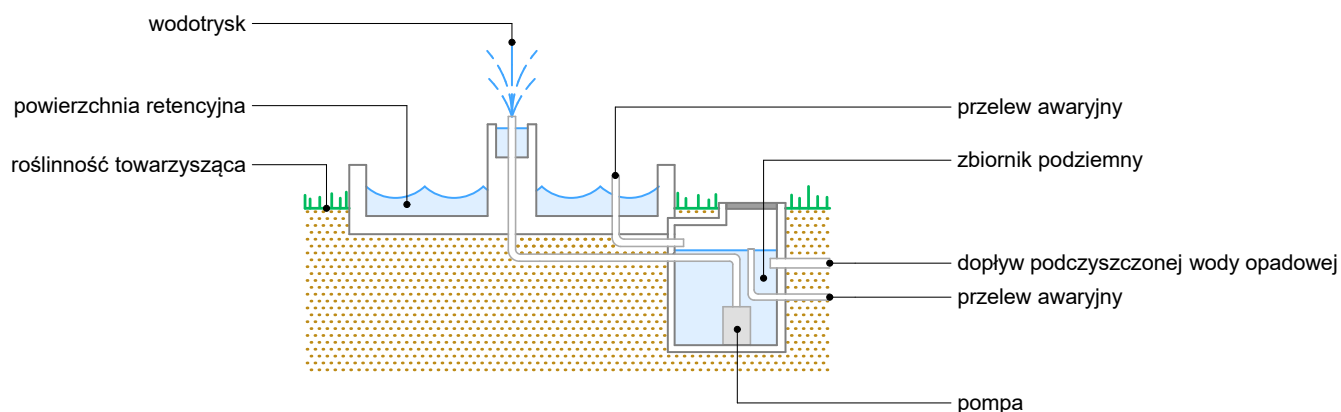
5.3. FONTANNA Z RETENCJĄ

5.3.1. Specyfikacja

Fontanna będąca urządzeniem wodnym, najczęściej ozdobnym, również stwarza potencjał retencyjny. Dzięki użyciu w systemie zamkniętym oczyszczonych wód opadowych przestrzeń rekreacyjna zyskuje dodatkową powierzchnię retencyjną oraz atrakcyjny element poprawiający lokalny mikroklimat.

W przypadku wyboru rozwiązania konieczne jest opracowanie dokumentacji projektowej przewidującej system uzdatniania wód opadowych do wykorzystania w fontannie oraz uzyskanie stosownych pozwoleń zgodnych z obowiązującymi przepisami prawa wodnego, budowlanego, ochrony środowiska oraz drogowego.

5.3.2. Przekrój techniczny



5.3.3. Utrzymanie

- Serwis i stała kontrola sprawności urządzeń fontanny.
- Stała kontrola czystości wody oraz podczyszczanie chemiczne.
- Utrzymywanie czystości zbiornika fontanny, regularne mycie raz w roku oraz bieżąca wymiana mechanizmów fontanny.
- W razie utrzymujących się wysokich temperatur i dużego parowania konieczne jest dostarczenie wody, najlepiej ze zbiorników podziemnych retencjonujących wody opadowe z połaci dachowych.

5.3.4. Przykłady rozwiązań



FOT. nr 47/48 – Fontanna zasilana wodą deszczową w Ogrodzie Botanicznym w Queens, NY, USA

MAPA DROGOWA DLA INWESTORÓW

REALIZACJA INWESTYCJI INDYWIDUALNIE



Aquanet Retencja to najmłodsza spółka z Grupy Kapitałowej Aquanet. Jej działalność oprócz zadań związanych z eksploatacją systemu kanalizacji deszczowej obejmuje również popularyzację oraz wdrażanie rozwiązań umożliwiających zagospodarowanie wód opadowych w miejscu ich opadu.

Aquaurbanistyka oraz projektowanie z uwzględnieniem niebiesko-zielonej infrastruktury ze względu na obserwowane zmiany klimatyczne są priorytetowymi kierunkami kształtowania przestrzeni.

Aquanet Retencja, jako partner w realizacji inwestycji, kompleksowo zrealizuje zadanie związane z retencją wód opadowych i roztopowych.



AQUANET RETENCJA

Spółka świadczy usługi w zakresie:

1



doboru indywidualnych rozwiązań retencyjnych z uwzględnieniem warunków gruntowo-wodnych oraz zagospodarowania terenu

2



projektowania rozwiązań retencyjnych

3



doradztwa w doborze roślin hydrofitowych

4



doradztwa w doborze materiałów

5



kosztorysowania inwestycji związanych z retencją

6



budowy urządzeń umożliwiających zagospodarowanie wód opadowych i roztopowych

7



uzyskania niezbędnych decyzji i ustaleń wymaganych przy wdrażaniu rozwiązań retencyjnych

8

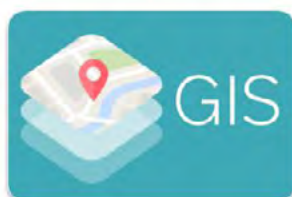


serwisu i utrzymania systemów retencyjnych

9



kompleksowej realizacji inwestycji dotyczącej retencji



AQUANET RETENCJA



REALIZACJA INWESTYCJI W PARTNERSTWIE ZE SPÓŁKĄ AQUANET RETENCJA

1 KROK

Zawarcie umowy uwzględniającej oczekiwane rezultaty oraz udzielenie pełnomocnictwa spółce AquaNet Retencja.

2 KROK

Wybór proponowanych rozwiązań umożliwiających retencję wód opadowych i akceptacja ich projektu.

3 KROK

Udział w odbiorze prac budowlanych.

4 KROK

Rozliczenie umowy.

5 KROK

Brak/zmniejszenie opłat za odprowadzanie wód opadowych do kanalizacji.

ZAPRASZAMY DO KONTAKTU:

biuro@aquanet-retencja.pl

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Poniżej przedstawiono wykaz przepisów prawa, norm oraz publikacji naukowych, które stanowiły podstawę przy opracowywaniu niniejszych wytycznych.

- Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.
- Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków.
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym.
- 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.
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie.

Normy

- PN-EN12201-2+A1:2013-12 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania wody oraz do ciśnieniowej kanalizacji deszczowej i sanitarnej – Polietylen (PE) – Część 2: Rury.
- PN-EN 752:2017-06 Zewnętrzne systemy odwadniające i kanalizacyjne – Zarządzanie systemem kanalizacyjnym.
- PN-EN 1610:2015-10 Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych.
- PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe – Roboty ziemne – Wymagania i badania.
- PN-EN 12056-2:2002 Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków – Część 2: Kanalizacja sanitarna – Projektowanie układu i obliczenia.
- ATV-A-117. ATV-Regelwerk Abwasser. Wytyczne wymiarowania, ukształtowania i eksploatacji zbiorników retencyjnych.
- ATV-A-127. ATV-Regelwerk Abwasser. Wytyczne dla obliczeń statycznych kanałów i sieci odwadniających.
- Standardy Aquanet S.A. „Projektowanie, wykonawstwo sieci wodociągowych i kanalizacyjnych oraz przyłączy – wymagania ogólne”.

Literatura naukowa

- Baranowski T., 2013, Problem suszy w mieście, „Zieleń Miejska”, z. 1, s. 18-19.
- Geiger W., Dreiseitl H., 1999, Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych, J. Brzeski (tłum.), s. 334.
- Gromiec M., Sadurski A., Zalewski M., Rowiński P., 2014, Zagrożenia związane z jakością wody, „Nauka”, nr 1, s. 99-122.

- Januchta-Szostak A., 2008, Błękitna krew miasta. Woda jako ożywcza siła przestrzeni publicznych, „Czasopismo Techniczne. Architektura”, R. 105, z. 3-A, s. 21-28.
- Januchta-Szostak A., 2012, Usługi ekosystemów wodnych w miastach, „Zrównoważony rozwój. Zastosowania”, nr 3, s. 91-110.
- Romanowicz R.J., Nachalik E., Januchta-Szostak A. i in., 2014, Zagrożenia związane z nadmiarem wody, „Nauka”, nr 1, s. 123-148.
- Kędziora A., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczyk P. i in, 2014, Zagrożenia związane z niedoborem wody, „Nauka”, nr 1, s. 148-172.
- Kundzewicz Z.W., Zalewski M., Kędziora A., Pierzgałski E., 2010, Zagrożenia związane z wodą, „Nauka”, nr 4, s. 87-96.

Fotografie

FOT. nr 1 <https://www.arch2o.com/wp-content/uploads/2012/06/Arch20-green-roofs-at-nanyang-technological-universitys-school-of-art-design-and-media-cpg-consultants-3.jpg> (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 2 http://zielonainfrastruktura.pl/wp-content/uploads/2015/08/BUW_2.jpg (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 3 [https://www.pot.gov.pl/images/PCB/Newsy/2019/07/Mi%C4%99dzynarodowe%20Centrum%20Kongresowe%20\(59\).JPG](https://www.pot.gov.pl/images/PCB/Newsy/2019/07/Mi%C4%99dzynarodowe%20Centrum%20Kongresowe%20(59).JPG) (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 4 <https://www.arts-in-the-city.com/2020/04/23/visitez-le-musee-du-quai-branly-en-realite-virtuelle-depuis-chez-vous/> (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 5 <https://www.archigardener.com/2020/08/tree-house.html> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 6 <https://sklep.sotex.net.pl/wp-content/uploads/2018/07/gp-flex1.jpg> (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 7 <http://novmax.pl/wp-content/uploads/2021/10/Siatki-plastikowe-siatka-wzmacniajaca-podloze-R02.jpg> (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 8 https://cdn.architekturaibiznes.pl/upload/cms_aktualnosci/2059/images/kadr12/fit/730x480/droga-pozarowa-z-kratki-geosystem-gmax-49453.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 9 https://cdn.architekturaibiznes.pl/upload/cms_aktualnosci/2058/images/kadr12/fit/730x480/parking-wykonany-z-kratki-geosystem-g-max-49451.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 10 <https://www.quarrymagazine.com/wp-content/uploads/2020/10/P1010086-1024x768.jpg> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 11 <https://landezine.com/farum-midtpunkt-by-ramboll-architecture-and-urban-development/> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 12 <https://landezine.com/farum-midtpunkt-by-ramboll-architecture-and-urban-development/> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 13 https://budownictwob2b.pl/i/images/7/1/3/dz050TcmaD02NjQ=_src_197713-polbruk_azurowe.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 14 <https://common.v-manager.pl/uploads/images/articles/70748/fotnovatordiagonaleco-077442001639391283.webp> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 15 https://budownictwob2b.pl/i/images/7/2/0/dz0xNjAwJmg9MjE1MQ==_src_197720-405821-f9e3-1600x0_polbruk-petra2.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 16 https://cdn.galleries.smcloud.net/t/galleries/gf-YK7j-o6FM-2Tx2_zwirowe-sciezki-w-ogrodzie-1008x442.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 17 https://solidstet.com/images/mineralno-zywiczne/mineralno-zywiczna_g1.png (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 18 <https://www.eurogoma.pl/wp-content/uploads/2017/02/Podkowa-Lesna-zdj02.jpg> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 19 zdjęcie AQR

FOT. nr 20 https://budujemydom.pl/i/2020/10/07/396438-4128-1100x0-sc1x5_cemex-beton-pervia1-budujemydompl.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 21 https://zielonyogrodek.pl/i/images/6/0/6/dz0xNTAwJmg9MTEyNQ==_src_81606-Ogrd-prerowy-peen-kwiatw-cieka.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 22 https://images.landscapeingnetwork.com/pictures/images/973x490Exact_0x20/asian-landscaping_62/grace-design-associates_3215.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 23 https://zielonyogrodek.pl/i/images/5/9/2/d2FjPTlwMDB4MS4zMzM=_src_81592-Wski-ogrd-peen-traw-i-kwiatw.JPG (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 24 zdjęcie AQR

FOT. nr 25 zdjęcie AQR

FOT. nr 26 zdjęcie AQR

FOT. nr 27 zdjęcie AQR

FOT. nr 28 https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenburg-malmo/malmo_figure6.jpg/@@images/image/large (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 29 https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenburg-malmo/malmo_figure6.jpg/@@images/image/large (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 30 <http://www.dreiseitl.com/en/portfolio#holalokka> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 31 <http://www.dreiseitl.com/en/portfolio#jeg-eco-garden> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 32 <https://www.chapelvalley.com/wp-content/uploads/2018/05/bio-swales-and-their-place-in-your-water-management-system.jpg> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 33 <https://mjarsonsite.files.wordpress.com/2014/05/green-street-feature.jpg> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 34 <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5ae7afd3b105982d79d627e8/1529693892672-D45N7MRJMHF4JE480V4G/image-asset.jpeg?format=1000w> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 35 <https://poradnikprojektanta.pl/wp-content/gallery/zbiornik-retencyjny-zachodnia-obwodnica-poznania/Zbiornik-retencyjny-lewy-3.JPG> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 36 <https://www.szary-beton.pl/wp-content/uploads/budowa-domu/zbiorniki-bezodplywowe.jpg> (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 37 <https://viacon.pl/assets/photo/upload/content/Realizacje/Zbiornik%20retencyjny%20Pozna%C5%84/zbiornik-retencyjny-poznan-pkp-viacon-4-scale-0-800.jpg> (dostęp 28.01.2022)

- FOT. nr 38 <https://www.uncubemagazine.com/blog/13323459> (dostęp 28.01.2022)
- FOT. nr 39 <https://www.uncubemagazine.com/blog/13323459> (dostęp 28.01.2022)
- FOT. nr 40 <https://www.uncubemagazine.com/blog/13323459> (dostęp 28.01.2022)
- FOT. nr 41 <https://www.uncubemagazine.com/blog/13323459> (dostęp 28.01.2022)
- FOT. nr 42 <https://ecol-unicon.com/produkty/produkty-deszczowe/hydrofun-edukacyjny-park-wodny/>
(dostęp 28.01.2022)
- FOT. nr 43 <https://ecol-unicon.com/produkty/produkty-deszczowe/hydrofun-edukacyjny-park-wodny/>
(dostęp 28.01.2022)
- FOT. nr 44 https://www.poznan.pl/mim/bm/pictures/obrazek,pic1,1202,154214,275439,with-ratio,16_9.jpg
(dostęp 27.01.2022)
- FOT. nr 45 https://www.poznan.pl/mim/bm/pictures/obrazek,pic1,1202,154214,275439,with-ratio,16_9.jpg
(dostęp 27.01.2022)
- FOT. nr 46 https://www.poznan.pl/mim/bm/pictures/fot-zarząd-zieleni-miejskiej-w-poznaniu,pic1,1202,154214,275440,with-ratio,16_9.jpg (dostęp 28.01.2022)
- FOT. nr 47 <https://artfulrainwaterdesign.psu.edu/project/queens-botanical-garden> (dostęp 28.01.2022)
- FOT. nr 48 <https://bkskarch.com/work/queens-botanical-garden-visitor-administration-center/> (dostęp 28.01.2022)

STYCZEŃ 2022 R.

ZESPÓŁ AUTORSKI:

mgr inż. arch. kraj. Jakub Smykowski

mgr inż. Justyna Walczak

mgr inż. Mikołaj Wyskok



AQUANET RETENCJA