



# AQUANET RETENCJA



## KATALOG IV

METODY ZAGOSPODAROWANIA  
WÓD OPADOWYCH  
DLA TERENÓW ZIELENI

# SPIS TREŚCI

<b>I. WSTĘP</b> .....	3
<b>II. ROZWIĄZANIA TECHNICZNE</b> .....	4
1. PRORETENCYJNE PLANOWANIE TERENÓW ZIELENI W PROCESIE PROJEKTOWYM .....	4
2. SANKCJONOWANIE I OCHRONA TERENÓW PODMOKŁYCH, WÓD POWIERZCHNIOWYCH I WÓD PODZIEMNYCH .....	5
3. SANKCJONOWANIE I OCHRONA ROŚLINNOŚCI SPONTANICZNEJ NIEUŻYTKÓW MIEJSKICH – POTĘGA ROŚLINNOŚCI SYNANTROPIJNEJ .....	8
4. PRORETENCYJNE MODELOWANIE TERENU – LAND ART OGRANICZAJĄCY SPŁYW POWIERZCHNIOWY .....	10
5. KSZTAŁTOWANIE SKARP W FORMIE KASKADOWYCH TARASÓW Z RETENCJĄ .....	12
6. KSZTAŁTOWANIE MIS KORZENIOWYCH I RABAT W ZAGŁĘBIENIU .....	14
7. ROZSĄCZANIE WÓD OPADOWYCH NA TERENACH LEŚNYCH .....	15
7.1. Grawitacyjne rozsączanie wód opadowych za pomocą drenaży rozsączających .....	15
7.2. Grawitacyjne rozsączanie wód opadowych za pomocą rowów z progami piętrzącymi .....	16
7.3. Retencja wód opadowych w formie zbiorników paciorkowych .....	16
7.4. Leśne bufory łęgowe .....	17
7.5. Utrzymanie lesistości na obszarach źródliskowych .....	18
7.6. Konwersja użytkowania gruntów .....	18
7.7. Zalesianie zlewni zbiornikowych .....	19
7.8. Ciągłe leśnictwo okrywowe .....	19
7.9. Transport „wrażliwy na wodę” .....	19
7.10. Odpowiednie zaprojektowanie dróg i przejść przez potok .....	20
7.11. Stawy wychytujące osady i spowalniające przepływ .....	21
7.12. Grube szczątki drewna .....	21
7.13. Obszary przepływu naziemnego .....	22
8. RENATURALIZACJA RZEK, CIEKÓW NATURALNYCH, ROWÓW .....	22
9. OTWIERANIE KANALIZACJI DESZCZOWEJ .....	25
10. NIECKI INFILTRACYJNE / OGRODY DESZCZOWE .....	26
11. PASAŻE ROŚLINNE / TRAWIASTE .....	29
12. ZBIORNIKI RETENCYJNE PODZIEMNE Z FUNKCJĄ ROZSĄCZANIA W GRUNT LUB NAWADNIANIA ROŚLINNOŚCI URZĄDZONEJ .....	30
13. NAWIERZCHNIE PRZEPUSZCZALNE .....	34
14. WODNE PLACE ZABAW .....	41
<b>MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE</b> .....	44

„Tereny zieleni” to powszechne określenie naturalnych struktur obsadzonych roślinnością, posiadających zdolność retencjonowania, infiltrowania oraz oczyszczania wód opadowych. Woda jest nieodłącznym elementem warunkującym funkcjonowanie roślin. Nawadnianie towarzyszy ich utrzymaniu. Warunki wodne, podobnie jak warunki glebowe, mają duże znaczenie przy doborze składu gatunkowego roślin.

W czasie gdy zjawisko suszy staje się powszechnie występujące, zagospodarowywanie wód opadowych na terenach zieleni powinno stać się standardem. Należy zmienić tendencję i zacząć odprowadzać wody opadowe w pierwszej kolejności na zieleni, a dopiero w przypadku silnych opadów kierować je do kanalizacji deszczowej. Kanalizacja powinna być wsparciem dla retencji powierzchniowej, a nie bezpośrednim odbiornikiem wód opadowych.

Celem opracowanej publikacji jest wskazanie możliwości projektowania terenów zieleni ze szczególnym uwzględnieniem ich potencjału retencyjnego. Z obserwacji wynika, że niezbędne jest nie tylko planowanie, lecz również odpowiednie projektowanie zieleni. Niekiedy poprzez formy ukształtowania terenu oraz skierowanie spływów w niewielkie zagłębienia można zatrzymać deszcz w miejscu jego opadu. Zmiana sposobu postrzegania wód opadowych wspomogła realizację idei „miasta gąbki”, adaptującej tereny miejskie do występujących zmian klimatu.

Spółka Aquanet Retencja dąży do tego, aby jej slogan misyjny „Deszcz to bogactwo – zatrzymujmy go dla siebie i przyszłych pokoleń” dotarł do świadomości każdej osoby mającej wpływ na kształtowanie przestrzeni.

## II. ROZWIĄZANIA TECHNICZNE

### 1. PRORETENCYJNE PLANOWANIE TERENÓW ZIELENI W PROCESIE PROJEKTOWYM

Proces projektowy terenów zieleni często wiąże się z licznymi analizami krajobrazowymi wykonywanymi na wstępnym etapie w celu określenia planu funkcjonalno-użytkowego projektowanej przestrzeni. Analizy te, zgodnie z holistycznym podejściem do planowania krajobrazu, powinny odbywać się z jak największym poszanowaniem zastanej przyrody oraz cennych składowych pokrycia terenu. O ich ochronie decydują również zapisy miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Z uwagi na zróżnicowany charakter przestrzeni miejskich rekomendowane jest indywidualne podejście do obszaru objętego projektem.

W celu zrównoważonego planowania krajobrazu wykorzystującego usługi ekosystemowe konieczna jest dokładna identyfikacja zastanych warunków gruntowo-wodnych, rzeźby terenu i funkcji zieleni występującej na danym obszarze. Krajobraz miejskich terenów zieleni powiązany jest z otaczającą go, często silnie zurbanizowaną tkanką miejską. Obie formy mają na siebie nierozzerwalny wpływ, dlatego w procesie projektowym terenów zieleni w mieście kluczowe będą zachowanie wytworzonych powiązań terenów sąsiednich, niedopuszczenie do zaburzenia ich funkcjonowania oraz wpływanie na jego poprawę.

Planując proretencyjne tereny zieleni, należy zwrócić szczególną uwagę na ciągłość systemów zieleni w mieście, strukturę zieleni w układzie przestrzennym miasta oraz jej powiązanie z terenami silnie zurbanizowanymi. Celem jest umożliwienie bezpośredniego spływu wód opadowych na obniżone strefy zieleni. Łączenie nowo projektowanych funkcji ekosystemowych z pełnym poszanowaniem zastanych stanowiąc będzie hybrydę rozwiązań idealnych w obliczu adaptacji do zmian klimatu.

#### **Zasady kształtowania zintegrowanych systemów zagospodarowania wód opadowych:**

1. Zagospodarowanie wód opadowych w miejscu opadu, na powierzchni terenu, w celu redukcji odpływu powierzchniowego do poziomu sprzed urbanizacji.
2. Wykorzystanie naturalnych właściwości gleby i materiału roślinnego do spowalniania i oczyszczania spływów wód deszczowych.
3. Kształtowanie ekosystemów wodno-roślinnych w ścisłym powiązaniu z kompozycją przestrzenną i przeznaczeniem funkcjonalnym miejsca, w celu uzyskania wartości dodanej w postaci:
  - wizualnej i funkcjonalnej atrakcyjności miejsca,
  - społecznej akceptacji,
  - wzrostu świadomości ekologicznej mieszkańców.
4. Konieczność planowania wielobranżowego i partycypacji mieszkańców.

(Anna Januchta-Szostak, Usługi ekosystemów wodnych w miastach [w:] Przyroda w mieście. Usługi ekosystemowe – niewykorzystany potencjał miast, Politechnika Poznańska,

<https://sendzimir.org.pl/publikacje/przyroda-w-miescie-zrz3/>, dostęp: 21.12.2022)



RYS. nr 1 - znaczenie ekosystemów wodnych w triadzie zrównoważonego rozwoju  
<https://sendzimir.org.pl/publikacje/przyroda-w-miescie-zrz3/>

## 2. SANKCJONOWANIE I OCHRONA TERENÓW PODMOKŁYCH, WÓD POWIERZCHNIOWYCH I WÓD PODZIEMNYCH

Tereny zieleni miejskiej często stanowią miejsca występowania wód powierzchniowych lub terenów podmokłych. Uwarunkowania te wynikają z naturalnego ukształtowania terenu oraz zastanych warunków gruntowo-wodnych. Wiele miejsc przeznaczanych pod tereny zieleni często stanowi cenne nieużytki, na których poprzez procesy naturalne (lub wręcz odwrotnie – poprzez silną antropopresję terenów sąsiednich) wykształciły się miejsca zalegania wód powierzchniowych. Innym przykładem terenów zieleni posiadających cenny walor wód powierzchniowych są obszary wód płynących oraz ich strefy ochronne. Tereny te stanowią doliny zalewowe, które umożliwiają swobodne, lecz uregulowane rozlewanie się nadmiaru wód podczas wysokich stanów wód płynących.

Strefy występowania wód powierzchniowych to nie tylko wyjątkowe walory krajobrazowe, lecz także ostoja dla rodzimych gatunków fauny; są również wyjątkowo cennym miejscem występowania i lęgu gatunków chronionych ptaków i drobnej fauny.

Występowanie wód powierzchniowych na terenach zieleni stanowi największy walor środowiskowy tych przestrzeni. Dzięki gromadzeniu wód możliwe jest stałe zasilanie stref włośnikowych systemów roślinnych oraz zapewnienie im poprawnej wegetacji. Dzięki usankcjonowaniu roślinności wytworzonej podczas procesów naturalnej sukcesji oraz zaprojektowaniu nowej, zgodnie ze sztuką i wymaganiami stanowiskowymi, poprzez podsiąk kapilarny oraz sorpcję systemów korzeniowych teren zieleni jest w stanie utrzymywać odpowiedni poziom wód gruntowych.

Sankcjonowanie i ochrona terenów podmokłych i wód powierzchniowych są istotnymi elementami składowymi każdego procesu projektowego. W celu ochrony i zapobiegania procesom eutrofizacji wód powierzchniowych konieczne jest podczyszczanie zanieczyszczonych wód ze spływu powierzchniowego. Planując zasilenie wód powierzchniowych wodami zanieczyszczonymi z sąsiednich terenów, konieczne będzie zastosowanie hybrydowego rozwiązania podczyszczającego przed wprowadzeniem wód do gruntu (opisane w Katalogu II).



FOT. nr 1 – usankcjonowane tereny łąki mokrej w Parku Szelągowskim w Poznaniu



FOT. nr 2 – usankcjonowane tereny łąki mokrej w Parku Szelągowskim w Poznaniu



FOT. nr 3 – dolina zalewowa ciekii Bogdanka w parku im. A. Wodziczki w Poznaniu



FOT. nr 4 – Stawy Sołackie spiętrzone na cieku Bogdanka w Parku Sołackim w Poznaniu



FOT. nr 5 – tereny podmokłe w okolicy łąk nadwarciańskich w Poznaniu

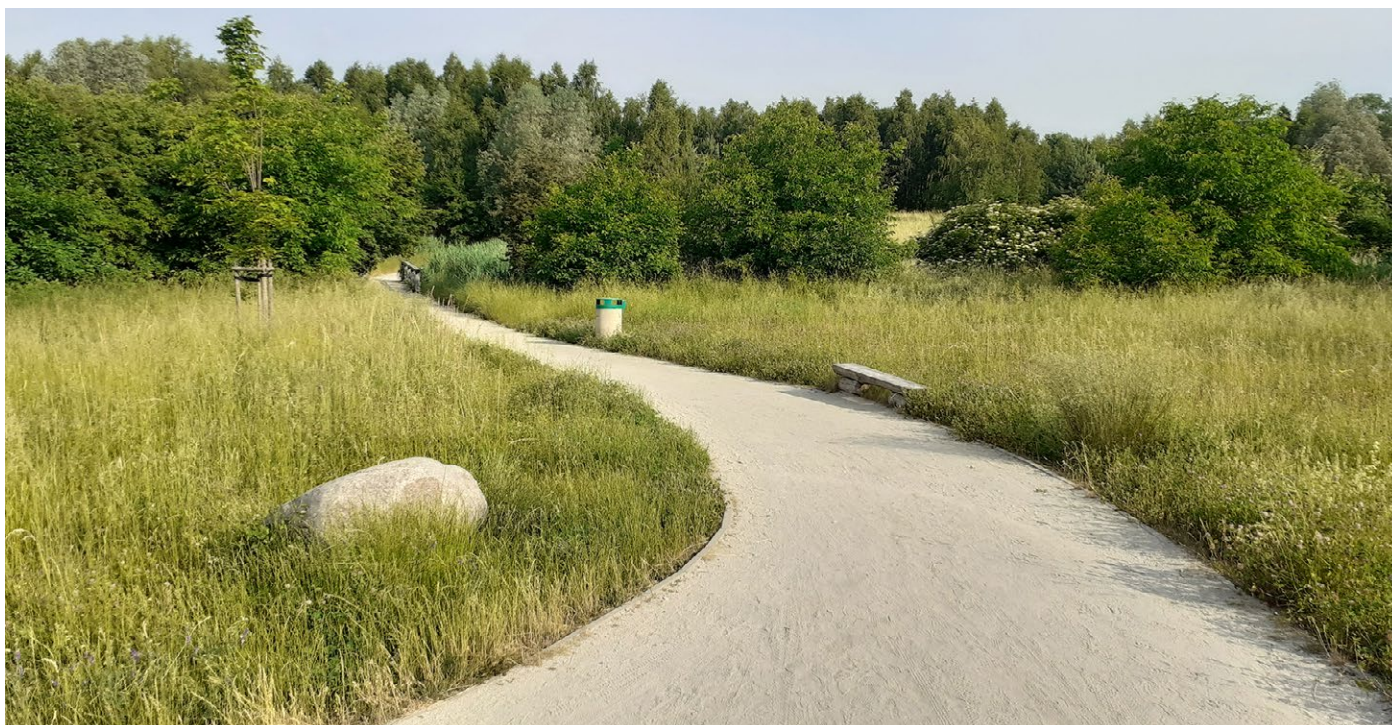
### **3. SANKCJONOWANIE I OCHRONA ROŚLINNOŚCI SPONTANICZNEJ NIEUŻYTKÓW MIEJSKICH – POTĘGA ROŚLINNOŚCI SYNANTROPIJNEJ**

Liczną grupę terenów zieleni w miastach stanowią tzw. nieużytki, określane w literaturze jako grunty nienadające się do uprawy, czyli tereny bezwartościowe z gospodarczego punktu widzenia, zdegradowane ekonomicznie i społecznie, nieużywane, jałowe, nieuporządkowane, opustoszałe, zarośnięte, zaniedbane obszary miejskie lub przemysłowe.



Tereny te często, poprzez brak podejmowania na nich intensywnych prac utrzymaniowych czy pielęgnacyjnych, pozostawione same sobie, wykształcają seminaturalny charakter, cenny dla ekosystemów miejskich. Brak ingerencji w te przestrzenie sprawia, że często dochodzi tu do swobodnego rozwoju roślinności synantropijnej, czyli takiej, która samoistnie, poprzez naturalną sukcesję, przystosowała się do życia w środowisku silnie przekształconym przez człowieka. Systemy roślinności synantropijnej jeszcze niedawno stanowiły zbiorowiska roślinności inwazyjnej. Często uważane były za negatywne w kontekście ochrony gatunków rodzimych, nierzadko przez nie wypieranych. W obliczu silnie postępujących zmian klimatu oraz konieczności adaptacji miast do pogarszających się warunków wegetacyjnych zbiorowiska te nabierają zupełnie innej rangi.

Pogłębiająca się antropopresja miast sprawia, że zbiorowiska roślinności spontanicznej/synantropijnej stanowią seminaturalne enklawy roślinności, która sama dopasowała się do zastanych, często słabych warunków siedliskowych. Przestrzenie te poprzez dobrze wykształcony system korzeniowy są w stanie utrzymać wystarczający poziom wód gruntowych, przyczyniając się dzięki temu w wymierny sposób do minimalizowania efektu miejskiej wyspy ciepła. Poprzez sankcjonowanie terenów roślinności spontanicznej oraz częściowe udostępnianie ich użytkownikom w formie dzikich parków, parków edukacji ekologicznej czy terenów zieleni izolacyjnej z funkcją komunikacyjną w prosty sposób można ochronić istniejącą roślinność, jednocześnie podnosząc wartość sąsiednich terenów. Roślinność zajmująca w sposób spontaniczny nieużytki miejskie będzie miała znaczący wpływ na odbudowę ekologiczną miast oraz rekultywację terenów zdegradowanych. Ponadto proste działania mające na celu wyłącznie częściowe udostępnienie tych terenów użytkownikom, z zachowaniem ich bezpieczeństwa, stanowią ekonomicznie uzasadnioną ścieżkę w zrównoważonym podejściu do budowy terenów zieleni miejskiej.



FOT. nr 6 – Park Edukacji Ekologicznej w Kiekrzu – usankcjonowanie dzikiej ścieżki wkomponowanej w istniejącą zielen



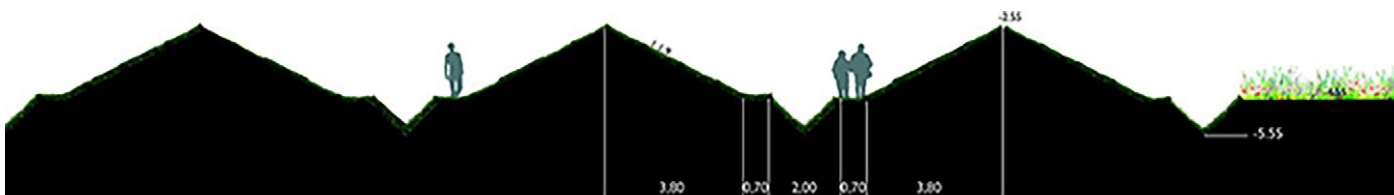
FOT. nr 7 – otulina Fortu VII w Poznaniu – usankcjonowanie dzikiej ścieżki wkomponowanej w istniejącą zieleni

#### 4. PRORETENCYJNE MODELOWANIE TERENU – LAND ART OGRANICZAJĄCY SPŁYW POWIERZCHNIOWY

*Land Art (sztuka ziemi) to działalność artystyczna, której obszar działania stanowi ziemia, obszar środowiska naturalnego. Działania tego typu często są ingerencją w krajobraz, przekształcaniem jego fragmentu lub wykorzystaniem naturalnych procesów dla stworzenia działania, obiektu o charakterze artystycznym.*

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuka\\_ziemi](https://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuka_ziemi)

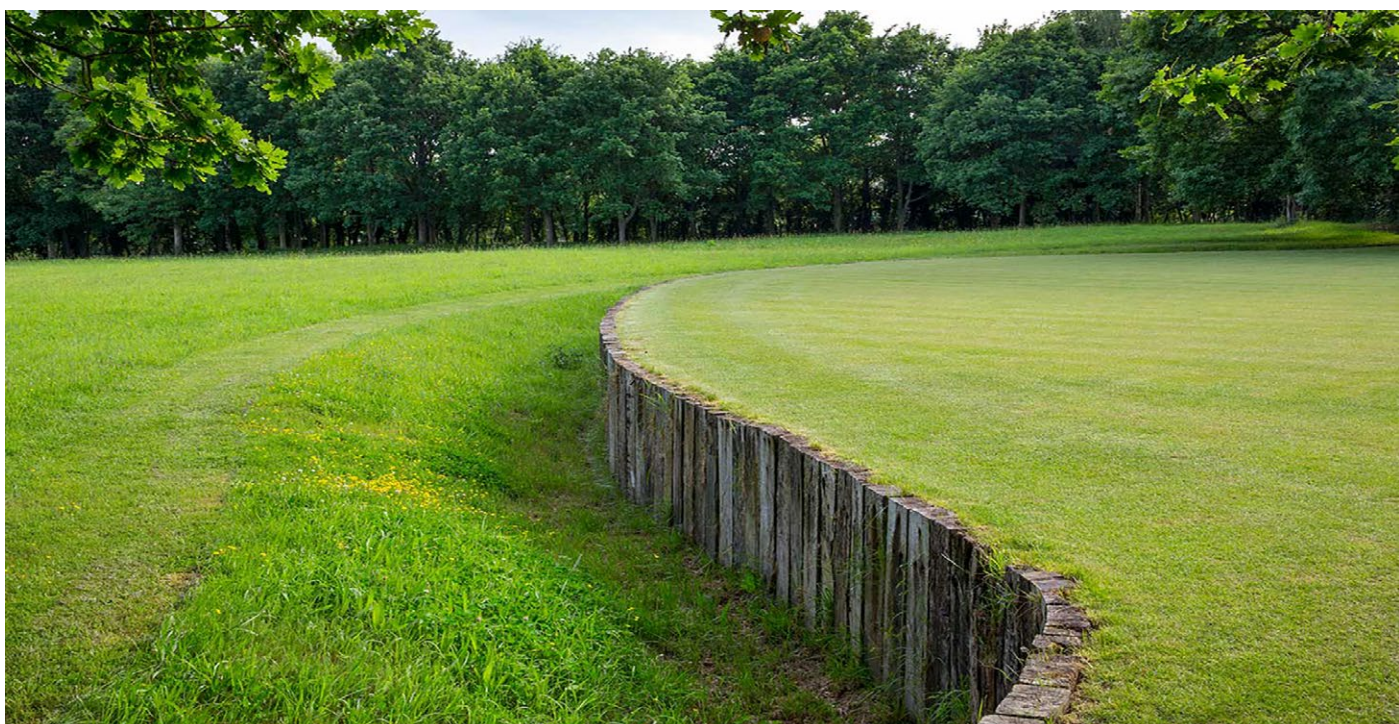
Działania z pogranicza Land Artu stosowane są w szerokiej skali w projektach architektury krajobrazu, a jej elementy, będące formami wyjściowymi, można już zauważyć we francuskich ogrodach barokowych, gdzie stosowano liczne rozwiązania w formie wgłębników czy fos, stanowiących elementy rzeźby krajobrazu. Kształtowanie terenu poprzez nadanie odpowiednich form przypominających muldy, pagórki, niecki i wzniesienia, oprócz efektownego urozmaicenia rzeźby terenu czy podniesienia walorów estetycznych i rekreacyjnych, może być wykorzystywane do zrównoważonej gospodarki wód opadowych na terenach zieleni miejskiej. Poprzez rozrzeźbienie terenu można swobodnie kształtować ścieżki rozlewania się wód opadowych ze spływu powierzchniowego, transportując je w miejsca, które tego najbardziej potrzebują. Wprowadzenie na teren zieleni licznych wzniesień i obniżeń terenu, wzbogaconych o zieleni wysoką, średnią i niską, może się przyczynić również do redukcji hałasu w postaci dźwięków dochodzących z miejskich arterii, poprawiając percepcję krajobrazu enklaw zieleni.



FOT. nr 8 – Land Art: przykładowy przekrój terenu



FOT. nr 9 - Buitenschot Park, Haarlemmermeer, Królestwo Niderlandów



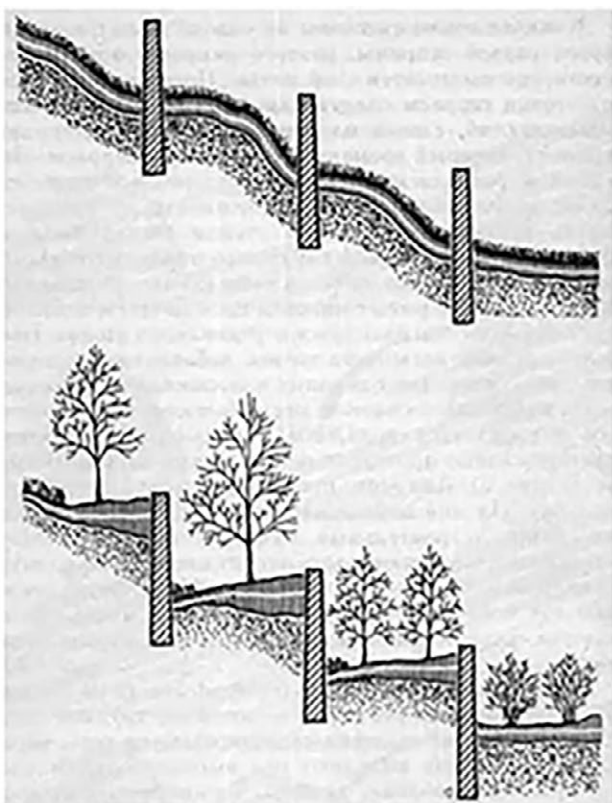
FOT. nr 10 - Ha Ha Wall - rodzaj ogrodzenia znany z francuskich założeń ogrodowych, czyli zagłębiony wertykalny element krajobrazu, który tworzy pionową barierę, zachowując nieprzerwane połączenie krajobrazowe



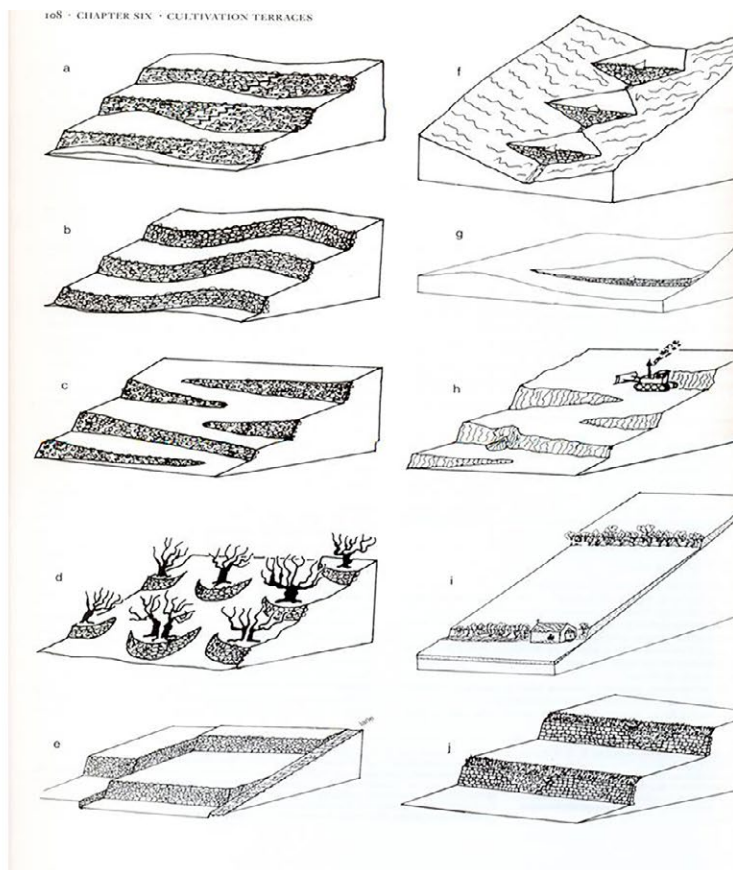
FOT. nr 11 – Newark Earthworks, Ohio (USA)

## 5. KSZTAŁTOWANIE SKARP W FORMIE KASKADOWYCH TARASÓW Z RETENCJĄ

Niejednokrotnie tereny zieleni miejskiej lokowane na skarpach, często w dolinach rzek, borykają się z trudnymi warunkami siedliskowymi dla nowo wprowadzanej roślinności. Z jednej strony bliskość wód płynących powinna sprzyjać rozwojowi roślinności, z drugiej zaś często w tych przypadkach spływ powierzchniowy wód opadowych odbywa się błyskawicznie w dół rzeki, odwadniając te tereny. Rozwiązaniem problemu jest zrównoważone kształtowanie skarp terenów zieleni lub dolin rzecznych, na których się znajdują, w celu zachowania wód opadowych powyżej, spowalniając spływ powierzchniowy i zasilając systemy roślinne na skarpach. Poprzez zrównoważone kształtowanie mas ziemnych lub lokowanie elementów piętrzących wody opadowe ze spływu powierzchniowego mogą się swobodnie rozlewać w obniżonych dolinach poszczególnych półek skarp, dostarczając wodę systemom korzeniowym. Poprzez nadanie terenowi odpowiedniego kształtu jesteśmy w stanie spowolnić spływ powierzchniowy, redukując wezbrania rzeczne przy jednoczesnej poprawie warunków siedliskowych terenów zieleni znajdujących się w sąsiedztwie. Rozwiązania mające na celu zretencjonowanie wód opadowych ze spływu powierzchniowego na skarpach często wykorzystywane są w rolnictwie na stokach górskich (np. przy uprawie winorośli czy ryżu); w warunkach miejskich sprawdzają się idealnie do nawadniania roślinności dedykowanej na skarpy, których systemy korzeniowe wiążą grunt, zapobiegając erozji terenu przy silnych spływach powierzchniowych.



*Сооружение бетонных опорных стенок на террасах*



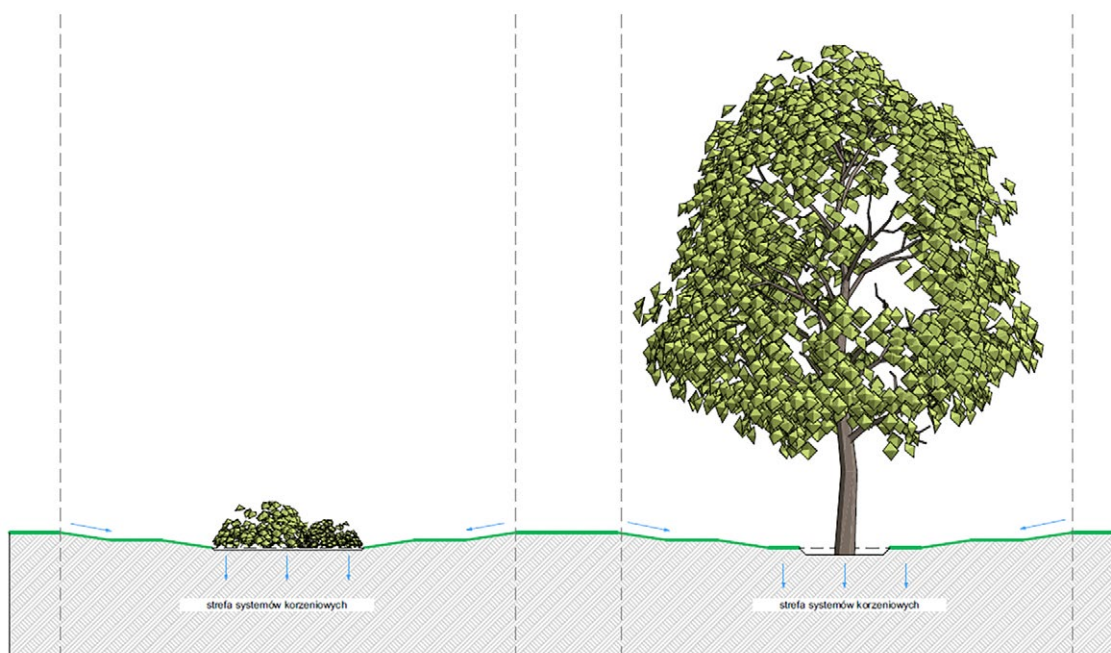
RYS. nr 2 – schemat kształtowania zieleni niskiej, średniej i wysokiej w obniżeniach terenu



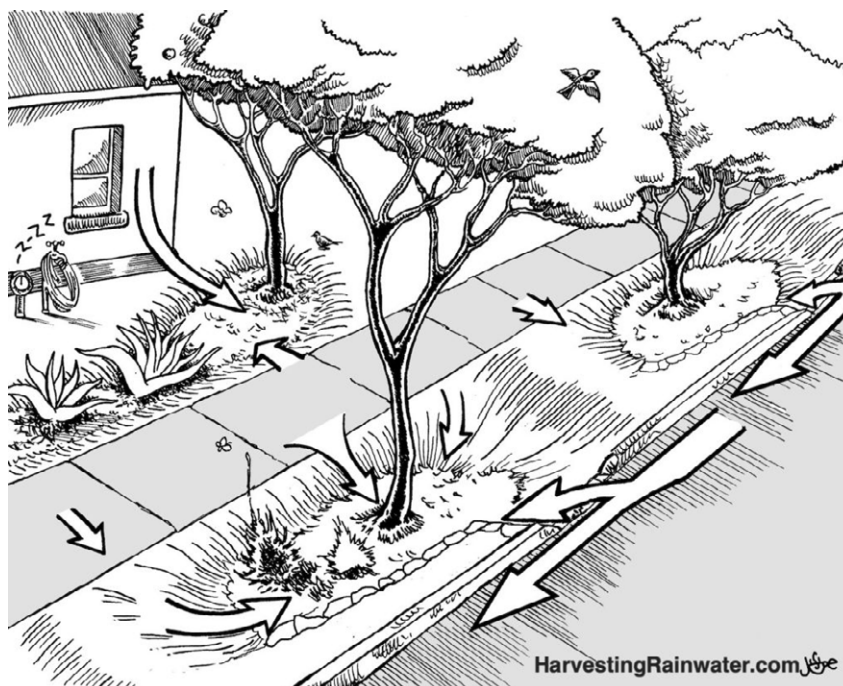
FOT. nr 12 – przykład stosowania rzeźby terenu na skarpie w celu nawadniania roślinności uprawowej

## 6. KSZTAŁTOWANIE MIS KORZENIOWYCH I RABAT W ZAGŁĘBIENIU

Prostym, a zarazem bardzo efektywnym działaniem retencyjnym w terenach zieleni miejskiej jest kształtowanie mis korzeniowych oraz rabat bylinowych i krzewiastych w zagłębieniach nieco większych niż przygotowywanych wyłącznie w celu ściółkowania. Poprzez kształtowanie mas ziemnych w obrysie planowanych koron dorosłych drzew czy okolic rabat, przewidując potencjalny spływ powierzchniowy z terenów np. sąsiednich trawników czy alejek, jesteśmy w stanie dostarczyć znacznie większe objętości wód opadowych dokorzeniowo. Formowanie niewielkich zagłębień terenowych oraz projektowanie odpowiednich spadków terenu umożliwi rozsączenie wód opadowych do gruntu w obrębie często rozległych systemów korzeniowych, które z powodu słabych warunków siedliskowych szukają wody powierzchniowo. Działania te są również w stanie zabezpieczyć nowo posadzone rośliny przed rozmyciem w trakcie silnych spływów powierzchniowych oraz ograniczają nakłady na podlewanie roślin.



RYS. nr 3 – schemat kształtowania mis korzeniowych i rabat w zagłębieniu



RYS. nr 4 – schemat kształtowania mis korzeniowych w zagłębieniu niecek infiltracyjnych

## 7. ROZSĄCZANIE WÓD OPADOWYCH NA TERENACH LEŚNYCH

Postępujące zmiany klimatu oraz stopowienie krajobrazu mają duży wpływ na wszelkie zbiorowiska roślinne, również lasy miejskie, w tym komunalne. Obniżenie wód gruntowych poprzez postępującą antropopresję i dezertyfikacja gruntów stanowią istotny problem w zbiorowiskach leśnych. Lasy jako systemy naturalnej retencji zawsze stanowiły ostoje ochrony wód powierzchniowych i podziemnych. Niestety, w czasach pogłębiających się zmian środowiskowych brak możliwości zachowania wód gruntowych na odpowiednim poziomie w profilu glebowym niesie za sobą konsekwencje w postaci zaburzonej wegetacji wielu gatunków drzew.

Problem stopowienia lasów można łagodzić, zasilając zbiorowiska leśne wodami opadowymi spływającymi z powierzchni zredukowanych (uszczelnionych) pobliskich terenów, często mocno zurbanizowanych. Jeśli będziemy traktować wody opadowe jako cenny surowiec, jesteśmy w stanie ocalić lasy, zasilając je powierzchniowo i rozsączając je w grunt. Jednak istotnym aspektem koniecznym do weryfikacji przed wprowadzeniem wód opadowych ze spływu powierzchniowego na tereny leśne jest ich jakość. W przypadku przekroczenia dopuszczalnych parametrów niezbędne jest ich wcześniejsze oczyszczenie z substancji ropopochodnych oraz zawiesiny ogólnej. W okresie zimowym konieczne jest również ograniczenie spływu wód zasolonych.

### SPOSOBY ZAGOSPODAROWANIA WÓD OPADOWYCH NA TERENACH LEŚNYCH:

#### 7.1. Grawitacyjne rozsączanie wód opadowych za pomocą drenaży rozsączających

Rozwiązanie to ma na celu zebranie wód opadowych z pobliskich terenów, zretencjonowanie ich w szczelnych zbiornikach i podczyszczenie za pomocą separatorów substancji ropopochodnych lub bezpośrednio podczyszczenie

wód z kanalizacji deszczowej. Następnie czyste wody opadowe są rozsączone za pomocą rur drenarskich (perforowanych) wkopanych wokół lasu, tworząc opaskę nawadniającą teren leśny.

## **7.2. Grawitacyjne rozsączenie wód opadowych za pomocą rowów z progami piętrzącymi**

Niezanieczyszczone wody opadowe zretencjonowane w zbiornikach naturalnych lub sztucznych są transportowane rowami z funkcją infiltracji. Rowy poprzez zastosowanie progów piętrzących są w stanie spowolnić spływ powierzchniowy, zatrzymać jak największe objętości wód opadowych, a następnie rozsączyć je w grunt, zasilając zbiornisko leśne.



FOT. nr 13 – rów infiltracyjny z progiem piętrzącym

## **7.3. Retencja wód opadowych w formie zbiorników paciorkowych**

Rozwiązanie to ma na celu zebranie wód opadowych z pobliskich terenów, podczyszczenie ich za pomocą separatorów substancji ropopochodnych i rozprowadzenie czystych wód opadowych do kaskadowej formy wielu połączonych ze sobą zbiorników paciorkowych. Zbiorniki przypominające ogniwa połączone są ze sobą przelewem z jednego do następnego, przez co w miarę intensywności spływu powierzchniowego zasilane są dalsze obszary lasu poprzez rozsączenie wód do gruntu.





FOT. nr 14 – połączone zbiorniki paciorkowe na terenach leśnych

#### **7.4. Leśne bufory łęgowe**

Bufory nadbrzeżne to obszary zadrzewione i zalesione wzdłuż strumieni i innych zbiorników wodnych. Rozwiązanie to najczęściej kojarzone jest z odłogowaniem po wycince, ale bufory leśne można również znaleźć na obszarach miejskich, rolniczych i podmokłych. Przy zachowaniu stosunkowo nieprzekształconego obszaru przylegającego do otwartych wód bufory nadbrzeżne mogą pełnić szereg funkcji związanych z jakością wody i regulowaniem przepływu. Drzewa na obszarach nadbrzeżnych skutecznie spowalniają przepływ wody. Mogą pobierać nadmiar składników odżywczych, a także służyć do zwiększania infiltracji. Rozwiązanie charakteryzuje się również pozytywnym wpływem na bioróżnorodność oraz poprawia estetykę otoczenia.



FOT. nr 15 – leśny bufor łęgowy (Źródło: <http://nwrn.eu>)

## 7.5. Utrzymanie lesistości na obszarach źródłiskowych

Obszary źródłiskowe rzek i strumieni są kluczowe dla utrzymania struktury, funkcji i produktywności ekosystemów w dolnych biegach cieków. Górne biegi cieków są zazwyczaj mniej intensywnie wykorzystywane niż obszary położone poniżej. Często dominują tu ekstensywne rolnictwo, tereny zalesione lub inne półnaturalne rodzaje pokrycia terenu. Lasy na obszarach źródłiskowych mają korzystny wpływ na ilość i jakość wody. Gleby leśne mają na ogół lepszą zdolność infiltracji niż inne rodzaje pokrycia terenu i mogą działać jak „gąbka”, powoli uwalniając zaabsorbowane wody opadowe. Tworzenie lub utrzymywanie pokrywy leśnej jest szeroko stosowaną praktyką dla obszarów górnych biegów cieków zaopatrujących w wodę duże miasta, takie jak Nowy Jork, Sztambuł i Singapur.

## **7.6. Konwersja użytkowania gruntów**

Zalesianie jest przekształceniem gruntów, w ramach którego drzewa są sadzone na obszarach wcześniej nieleśnych. Zalesianie może następować celowo lub poprzez porzucanie marginalnych gruntów rolnych. W zależności od sadzonych gatunków drzew i intensywności gospodarki leśnej zalesianie może przynosić większe lub mniejsze korzyści środowiskowe. Korzyści te obejmują potencjalnie zwiększoną ewapotranspirację, będącą konsekwencją rosnących lasów, i lepszą zdolność zatrzymywania wody, związaną z glebami leśnymi. Największe korzyści dla środowiska wiążą się natomiast ze stosowaniem odnowień naturalnych oraz sadzeniem gatunków liściastych w celu kształtowania zbiorowisk leśnych o jak największym zmieszaniu gatunkowym i piętrowym w ramach leśnictwa ekstensywnego o długim okresie odnowienia.

## **7.7. Zalesianie zlewni zbiornikowych**

Zalesianie wcześniej nieosłoniętych lub silnie zerodowanych obszarów wokół zbiorników wodnych może kontrolować erozję gleby, przedłużając w ten sposób żywotność zbiornika i poprawiając jakość wody. Jakość wody się poprawia, gdy opady przenikają do gleb leśnych przed spłynięciem do zbiornika. Intercepcja i ewapotranspiracja, związane z lasami, spowalniają natomiast spływ wody. Lasy w zlewniach zbiornikowych powinny być utrzymywane w stanie jak najbardziej zbliżonym do naturalnego, ponieważ nawożenie i zaburzenia gleby związane z intensywną gospodarką leśną mogą mieć negatywny wpływ na jakość wody w zbiorniku. Należy również zauważyć, że istnieje możliwość zmniejszania zasobów wodnych zalesianego obszaru wraz ze wzrostem wieku lasu.

## **7.8. Ciągłe leśnictwo okrywowe**

Główną ideą ciągłego leśnictwa okrywowego jest zmniejszenie liczby lub rozmiaru cięć rębnych. Niektóre definicje leśnictwa o stałej osłonie leśnej stwierdzają, że cięcia rębne nie mogą być większe niż 0,25 ha. Ciągłe zalesianie zapewnia nieprzerwany baldachim drzew i nigdy całkowicie nie odsłoni powierzchni gleby.

## **7.9. Transport „wrażliwy na wodę”**

Rozwiązanie to polega na unikaniu poruszania się maszynami w obszarach podmokłych, gdy tylko jest to możliwe, co ograniczy zagęszczanie gleby i koleinowanie. Przykładami dobrych praktyk są korzystanie ze specjalnie zaprojektowanych mat do wyrębu podczas jazdy terenowej w lesie oraz zmniejszenie ciśnienia w oponach.



FOT. nr 16 – transport wrażliwy na wodę (Źródło: <http://nwrn.eu>)

### 7.10. Odpowiednie zaprojektowanie dróg i przejść przez potok

Drogi na obszarach wiejskich i zalesionych często przecinają strumienie i inne małe ciek wodne. Konstrukcja i materiały użyte do budowy dróg leśnych mogą mieć silny wpływ na ryzyko erozji i jakość wody w strumieniach. Źle zaprojektowane lub źle zrealizowane przeprawy przez ciek mogą mieć liczne negatywne skutki dla środowiska wodnego, np. wzrost prędkości przepływu, co w konsekwencji może powodować zalanie wynikające z braku możliwości przetransportowania wystarczającej ilości wody. Takie powodzie mogą również zmyć mosty lub przeprawy przez strumienie, prowadząc nie tylko do wzrostu kosztów dla właściciela drogi, ale również do zanieczyszczenia osadami wód w dolnym biegu rzeki. Dobrze zaprojektowane przeprawy mogą natomiast stanowić dodatkową wartość kulturową dla miejsc ich lokalizacji.



FOT. nr 17 i 18 – nieprawidłowo i prawidłowo zaplanowane przejścia przez potok (Źródło: <http://nwrn.eu>)

### 7.11. Stawy wychytujące osady i spowalniające przepływ

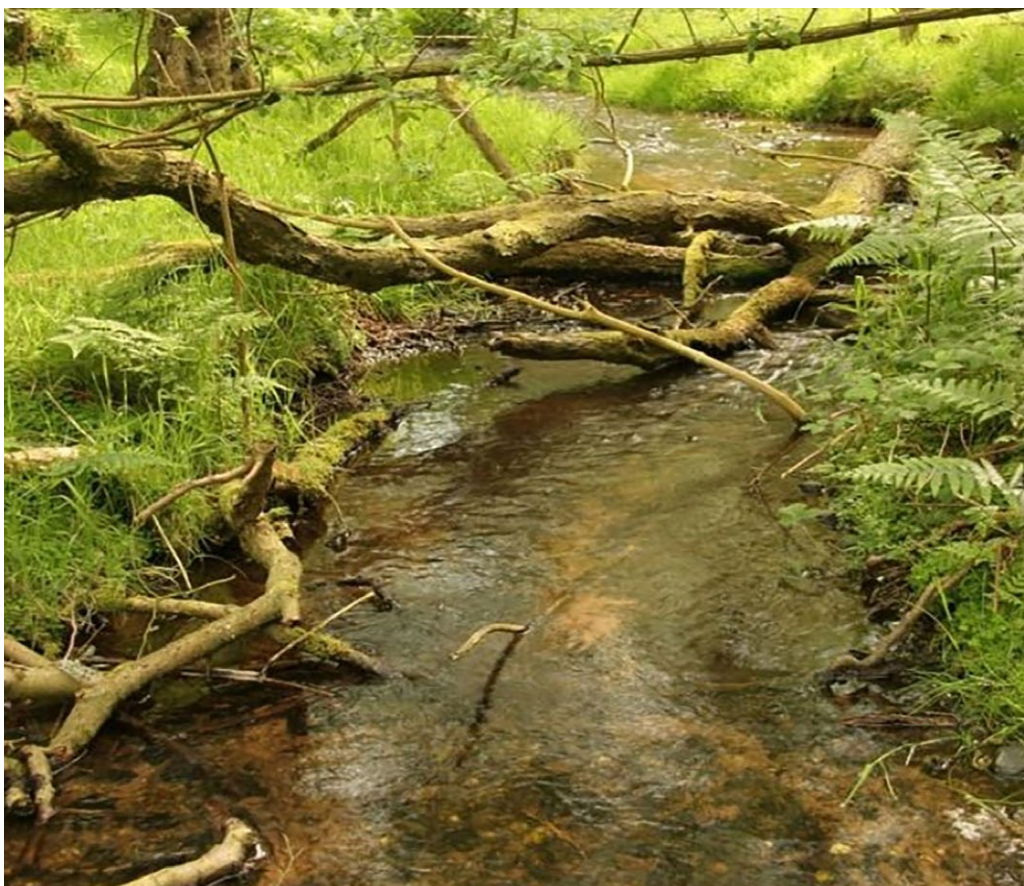
Stawy wychytujące osady to specjalnie zaprojektowane zbiorniki umieszczone w sieciach rowów leśnych w celu spowolnienia prędkości wody i poprawy osadzania się materiałów zawieszonych. Stawy tego rodzaju są najbardziej przydatne do zarządzania skutkami budowy i konserwacji rowów oraz prac drogowych. Rozwiązanie to może być również przydatne do wychwytywania osadów w spływie rolniczym. Stawy wychytujące osady mają ograniczoną żywotność, w zależności od ilości zawieszonych materiałów w napływającej wodzie, który należy sukcesywnie usuwać. Jak większość metod ochrony wód, działają one dobrze podczas umiarkowanego przepływu.



FOT. nr 19 – stawy wychytujące osady i spowalniające przepływ (Źródło: <http://nwrn.eu>)

### 7.12. Grube szczątki drewna

Grube szczątki drewna w ciekach mają wiele zalet ekologicznych i hydrologicznych. Pnie drzew lub konary mogą być bądź naturalnie pozostawiane w ciekach, bądź celowo w nich umieszczane. Szczątki drewna mogą być wykorzystywane do tworzenia zapór, które skutecznie ograniczają przepływ wody. Oprócz roli, jaką odgrywają w spowalnianiu przepływu cieków i ułatwianiu akumulacji osadów, mogą również poprawiać bioróżnorodność wodną poprzez zatrzymywanie pożywienia i zapewnianie dodatkowego siedliska dla organizmów wodnych.



FOT. nr 20 – szczątki drewna (Źródło: <http://nwrn.eu>)

### **7.13. Obszary przepływu naziemnego**

Obszary przepływu naziemnego tworzone są poprzez budowę półprzepuszczalnej zapory w rowie leśnym. Powyżej zapory budowane są boczne rowy do transportu wody do otaczającej zlewni. W okresach wzmożonego przepływu woda przelewa się przez boczne rowy i przemieszcza po łądzie, aby dotrzeć do zbiornika lub strumienia przyjmującego. Wówczas jej prędkość zostaje zmniejszona, a duża część przenieszonego osadu zostaje osadzona. W okresach niskich przepływów przepuszczalna zaporę spowalnia przepływ wody i powoduje osadzanie się osadów. Istniejące tereny podmokłe mogą funkcjonować jako obszary spływów lądowych, ale należy unikać wykorzystywania terenów cennych ekologicznie i zagrożonych torfowisk. Obszary przepływu naziemnego mogą być również częścią bardziej złożonego systemu oczyszczania wody np. z obszarów rolniczych.

## **8. RENATURALIZACJA RZEK, CIEKÓW NATURALNYCH I ROWÓW**

Renaturalizacja cieków naturalnych na terenach zieleni polega na przywróceniu ekosystemów lądowych i wodnych do stanu możliwie jak najbardziej zbliżonego do stanu naturalnego, który występował przed wprowadzeniem zmian antropogenicznych. Pojęcie renaturalizacji ma szersze znaczenie niż renaturyzacja, ponieważ poza zabiegami hydrotechnicznymi dotyczy także działań nietechnicznych, takich jak ochrona bierna.

Celowość działań renaturyzacyjnych i renaturalizacyjnych wynika z konieczności przywrócenia funkcji gospodarczych, społecznych oraz środowiskowych wód powierzchniowych. Funkcje te zostały utracone w wyniku radykalnych przekształceń, wśród których wymienić można prostowanie koryt, zwiększanie ich spadku, likwidację nieregularności brzegów i dna, ale także odcięcie połączeń starorzeczy z korytem głównym przy jednoczesnym ujednoczeniu kształtów i wymiarów przekrojów poprzecznych. Skutkiem tych działań jest pogorszenie stanu ekologicznego wód, co przyczynia się między innymi do zmniejszenia zasobów wodnych wynikających ze zwiększonego odpływu wód ze zlewni.

Działania renaturyzacyjne realizowane są w korycie cieku, ale także w strefie brzegowej na obszarach dolin, w zlewni i na dopływach. Krokiem poprzedzającym proces renaturyzacji jest przeprowadzenie odpowiedniego rozpoznania, uwzględniającego problematykę hydrauliczną, hydrologiczną i przyrodniczą danego terenu. Następnym etapem jest wybór działań planowanych do przeprowadzenia, których zbiór znajduje się w „Podręczniku dobrych praktyk renaturyzacji wód powierzchniowych” (Kraków 2020, [https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik\\_renaturyzacji.pdf](https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf)). Zadania te zostały podzielone na grupy w zależności od zaawansowania i intensywności prac. Pierwszą grupę stanowią „Modyfikacje renaturyzujące w ramach prac utrzymaniowych”, skupiające się głównie na zaniechaniu, ograniczeniu lub modyfikacji prac związanych z wykaszaniem roślin, usuwaniem roślinności pływającej, likwidacją drzew, krzewów czy też namułów, osadów dennych i tam bobrowych. Drugą grupę, „Działania dodatkowe w ramach zwykłego zarządzania wodami”, tworzą między innymi prace związane z nasadzeniami drzew i krzewów, kształtowaniem roślinności oraz przywracaniem zróżnicowania siedliskowego w korycie. W dziale trzecim „Działania techniczne” wymienić można likwidację lub przebudowę umocnień brzegowych i wałów przeciwpowodziowych, odtwarzanie dawnego koryta i starorzeczy, ale także unaturalnianie profilu brzegowego. Kolejna zbiór o nazwie „Działania w zlewni” dotyczy prac, które skupiają się przede wszystkim na renaturyzacji mokradeł czy ograniczeniu spływów powierzchniowych. Na ostatnią grupę „Działania pomocnicze” składają się rozwiązania, do których zaliczamy między innymi: pozyskiwanie gruntów, wznowienie granic działek ewidencyjnych czy weryfikacje terenowe potrzeby renaturyzacji.

Działania z zakresu ochrony biernej, wpisujące się w definicję renaturalizacji, stanowią głównie ograniczenia ingerencji w istniejące ekosystemy (poprzez ochronę prawną), co przyczynia się do działania naturalnych spontanicznych sił renaturalizacyjnych. Wśród rozwiązań ochrony biernej można wymienić tworzenie barier w postaci pasów drzew i krzewów, co ogranicza dopływ zanieczyszczeń punktowych i obszarowych, ale także zmniejszenie liczby zabiegów o charakterze pielęgnacyjnym do koniecznego minimum. Ochrona bierna w niektórych przypadkach może obejmować także wykluczenie lub ograniczenie obecności ludzkiej, co minimalizuje zaburzenia cyklu życiowego zwierząt. Działania te przynoszą wiele korzyści bez ryzyka popełnienia błędu i pogorszenia istniejącej sytuacji.



FOT. nr 21 – przepławka seminaturalna w m. Szczepańcowa na Jasiołce – dopływie Wisłoki. Fot. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie (Źródło: [https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/01\\_12\\_21\\_Przepławki\\_Wisloka/Szczepacowa.jpg](https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/01_12_21_Przepławki_Wisloka/Szczepacowa.jpg))



FOT. nr 22 – przepławka dla ryb w formie obejścia jazu na rzece Wisłoka w m. Mokrzec. Fot. ZBE (Źródło: <https://www.wody.gov.pl/aktualnosci/2102-renaturyzacja-naturalne-materialy-i-przyjazne-srodowisku-rozwiazania-to-dzis-codziennosc-w-gospodarce-wodnej>)





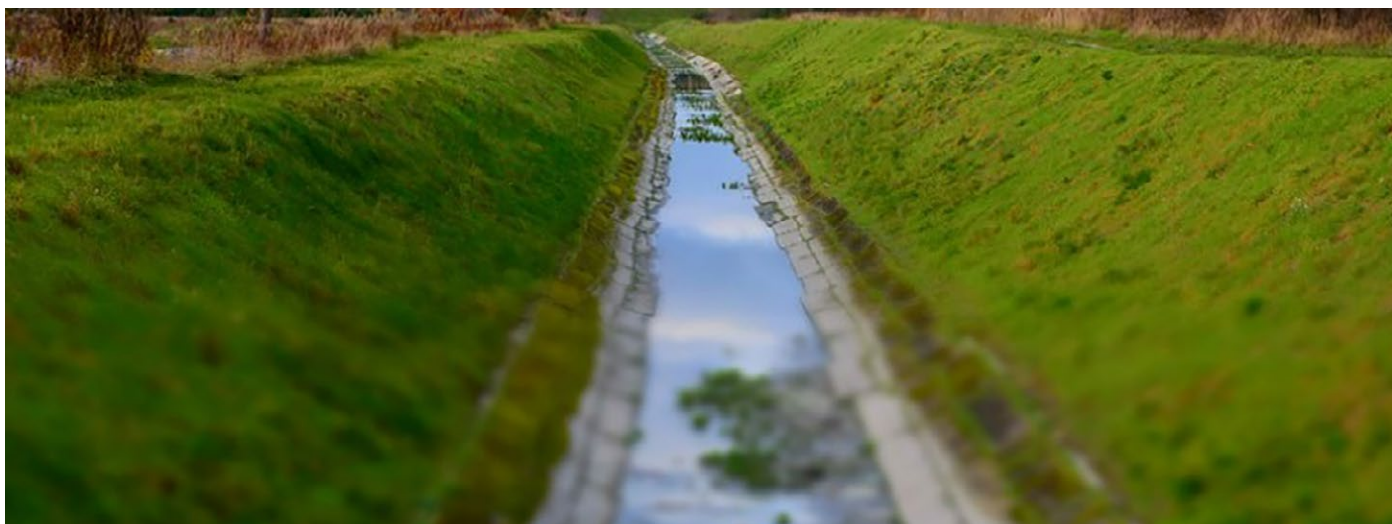
FOT. nr 23 - wizualizacja renaturyzacji obszaru Kriessern-Mader (Źródło: <https://rhesi.org/projektziele/visualisierungen>)

## 9. OTWIERANIE KANALIZACJI DESZCZOWEJ

Jednym ze sposobów zagospodarowania wód opadowych na terenach zieleni jest otwarty system kanalizacji deszczowej, przez który należy rozumieć zespół urządzeń takich jak rynsztoki, rowy, ścieki skarpowe oraz korytka odwadniające. Otwarte systemy kanalizacji deszczowej w przewadze tworzą obiekty uszczelnione w sposób bądź naturalny, wynikający z budowy geologicznej, bądź sztuczny, który wynika z konstrukcji samego obiektu. Celem stosowania tego systemu jest kierowanie wody na potrzeby nawadniania zieleni z zapewnieniem odbioru nadmiaru wód poprzez zamkniętą sieć kanalizacji deszczowej.



FOT. nr 24 - przykład zastosowania otwartego systemu kanalizacji deszczowej z wykorzystaniem korytka chodnikowego półokrągłego (Źródło: [http://www.kostbet.com.pl/korytka-chodnikowe-polokragle\\_32\\_pl.html](http://www.kostbet.com.pl/korytka-chodnikowe-polokragle_32_pl.html))



FOT. nr 25 – przykład zastosowania otwartego systemu kanalizacji deszczowej z wykorzystaniem rowu  
 (Źródło: <https://inzynierbudownictwa.pl/urządzenia-wodno-melioracyjne-i-drenaze-kompendium/>)

## 10. NIECKI INFILTRACYJNE/OGRODY DESZCZOWE

Niecka infiltracyjna ma formę niewielkiego zagłębienia terenu, którego celem jest czasowe gromadzenie wody, a następnie jej infiltracja z możliwością biologicznego podczyszczenia. Istotnym elementem lokalizacji niecek infiltracyjnych jest odpowiednie rozpoznanie warunków gruntowych za pomocą badań. Niecki mogą być lokalizowane zarówno na gruntach przepuszczalnych (niecka sucha), jak i na gruntach o słabej przepuszczalności (niecka mokra). Warunki gruntowe decydują o odpowiednim doborze roślinności i zapewnieniu sprawności funkcjonowania obiektu. W przypadku niecek suchych stosuje się roślinność trawiastą, co spowodowane jest dość szybką infiltracją wód w głąb profilu glebowego. Przy nieckach mokrych zaleca się roślinność hydrofitową wraz z wypełnieniem żwirowym ograniczającym przegniwanie trawy. Niepodważalnym atutem niecek w przestrzeni zieleni miejskiej jest także szeroka różnorodność ich kształtów i rozmiarów, co przyczynia się do urozmaicenia terenu.

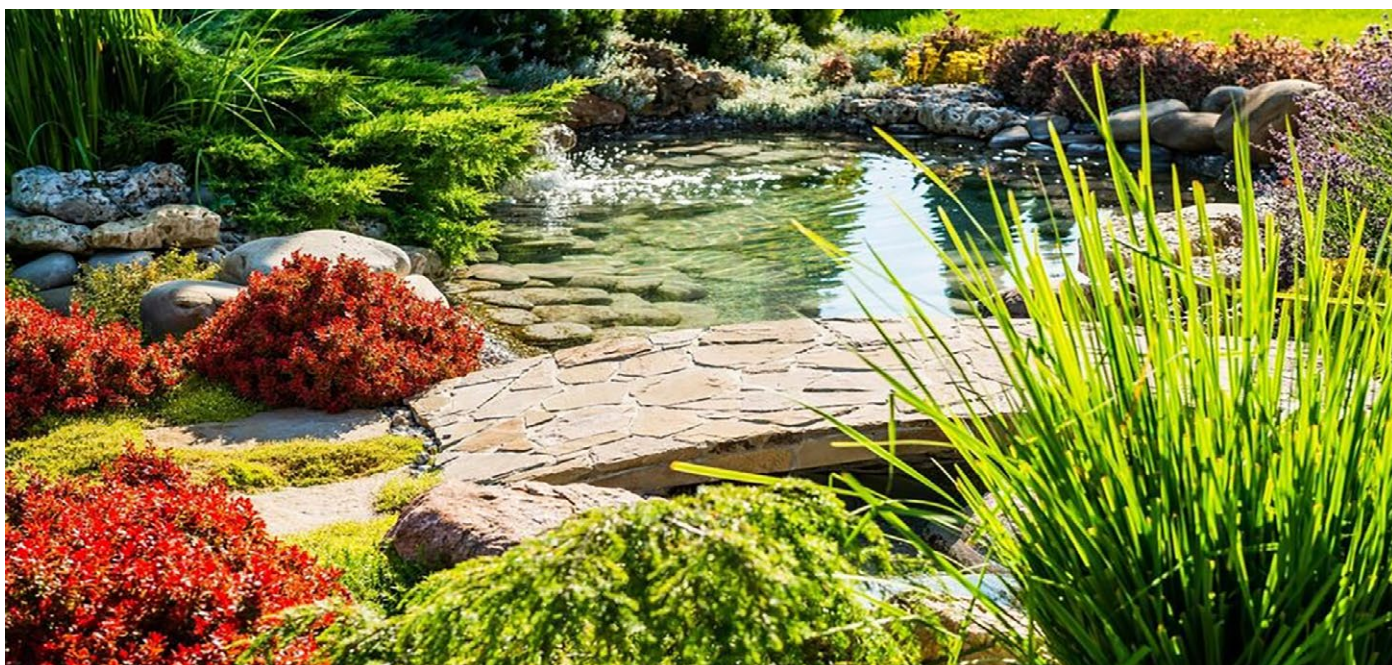


RYS. nr 5 – schemat rozmieszczenia roślin (Źródło: <https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/03/broszura-niecka.pdf>)



FOT. nr 26 i 27 – przykład zastosowania niecki infiltracyjnej  
(Źródło: <https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/03/broszura-niecka.pdf>)

Ogród deszczowy to kompozycja roślinna posadzona na odpowiednio przygotowanym podłożu, co umożliwia infiltrację w głąb gruntu, a także zatrzymywanie części wód, które wykorzystywane są przez system korzeniowy roślin. Zarówno odpowiednie podłoże, jak i korzenie roślin umożliwiają dodatkowo oczyszczanie spływających wód. Ogrody deszczowe przeważnie będą obiektami suchymi, w których woda stagnuje okresowo, bezpośrednio po wystąpieniu opadów. Rozwiązania tego typu lokalizowane w gruncie mogą być zakładane bez uszczelnienia lub z częściowym uszczelnieniem, aby zapewnić funkcję czasowej retencji. Dobór roślinności powinien uwzględniać znaczne wahania dostępu do wody w ciągu roku.



FOT. nr 28 – przykład zastosowania mokrego ogrodu deszczowego  
(Źródło: <https://expo2029.uml.lodz.pl/zielone-rozwiazania/rain-gardens/>)



FOT. nr 29 – przykład realizacji ogrodu deszczowego – modelowy ogród deszczowy przy ul. Kaczeńce na Stogach  
(Źródło: <https://dobrewiadomosci.net.pl/40867-ogrody-deszczowe-i-parki-retencyjne-gdansk-pokazuje-jak-madrze-gromadzic-wode/>)



FOT. nr 30 – przykład realizacji ogrodu deszczowego – Orchard Park Presbyterian Church  
(Źródło: <https://www.hamiltonswcd.org/raingardens.html>)

Lokalizacja niecek infiltracyjnych i ogrodów deszczowych na terenach zieleni ma nie tylko walory krajobrazowe – zwiększa także możliwości infiltracyjne, szczególnie istotne w kontekście wystąpienia intensywnych opadów deszczu lub wiosennych roztopów, czego konsekwencją jest zwiększony dopływ wód na tereny zieleni miejskiej. Umożliwiają one w sposób kontrolowany zatrzymywanie wód w miejscu ich powstania, co odciąża systemy kanalizacji deszczowej.



FOT. nr 31 i 32 – przykład zastosowania ogrodu deszczowego (Źródło: zasoby własne Aquanet Retencja)

## 11. NIECKI INFILTRACYJNE/OGRODY DESZCZOWE

Pasaże roślinne to tereny z odpowiednio ukształtowanym dnem, które porośnięte są roślinnością hydrofitową. Umożliwiają one retencję i oczyszczanie wód zarówno opadowych, jak i roztopowych. Pasaże to rozwiązania uszczelnione, wypełnione urodzajną ziemią. Co istotne, pasaże roślinne powinny stanowić element bardziej rozwiniętych systemów bioretencyjnych, wyposażonych w odbiornik podczyszczonych wód wraz z możliwością ich infiltracji. Pasaże roślinne, ze względu na ich charakter, najlepiej lokalizować wzdłuż liniowych elementów infrastruktury, umożliwiających odebranie wód z powierzchni uszczelnionej.



FOT. nr 33 – przykład zastosowania pasażu roślinnego  
(Źródło: [https://uml.lodz.pl/files/bip/public/KS\\_2020/deszczowka\\_przewodnik\\_dla\\_mieszkancow.pdf](https://uml.lodz.pl/files/bip/public/KS_2020/deszczowka_przewodnik_dla_mieszkancow.pdf))



FOT. nr 34 – przykład zastosowania pasażu roślinnego/trawiastego  
(Źródło: <https://docplayer.pl/110361931-Katalog-zielono-niebieskiej-infrastruktury-czesc-ii-wytyczne-i-rozwiazania.html>)

## **12. ZBIORNIKI RETENCYJNE PODZIEMNE Z FUNKCJĄ ROZSĄCZANIA W GRUNT LUB NAWADNIANIA ROŚLINNOŚCI URZĄDZONEJ**

Zwiększanie pojemności retencyjnej z wykorzystaniem zbiorników podziemnych – zarówno szczelnych, jak i z funkcją rozsączania w grunt – stanowi jedno z kluczowych rozwiązań wspomagających niwelowanie wahań ilości wody wynikających ze zmian klimatu. Zbiorniki podziemne zapewniają odpowiedni bilans wody w okresach nie tylko suszy, ale też nadmiaru wody, w szczególności po intensywnych opadach letnich lub wiosennych roztopach.

Podziemne szczelne zbiorniki retencyjne stosowane są najczęściej w przypadkach, gdy istnieje możliwość późniejszego wykorzystania zmagazynowanych wód np. na cele nawadniania roślinności urządzonej. Lokalizacja zbiorników retencyjnych może nastąpić w dowolnych warunkach gruntowych, jednak z uwzględnieniem ryzyka ich wyparcia przez wody gruntowe. W zależności od specyfiki inwestycji mogą być one wykonane z tworzyw sztucznych, stali lub betonu. Szczelne zbiorniki podziemne charakteryzuje duża pojemność retencyjna. W zależności od stopnia zanieczyszczenia powierzchni spływu wód opadowych może wystąpić konieczność montażu dodatkowych elementów służących do podczyszczania mechanicznego, takich jak studnie osadowe, separator lub filtr mechaniczny.



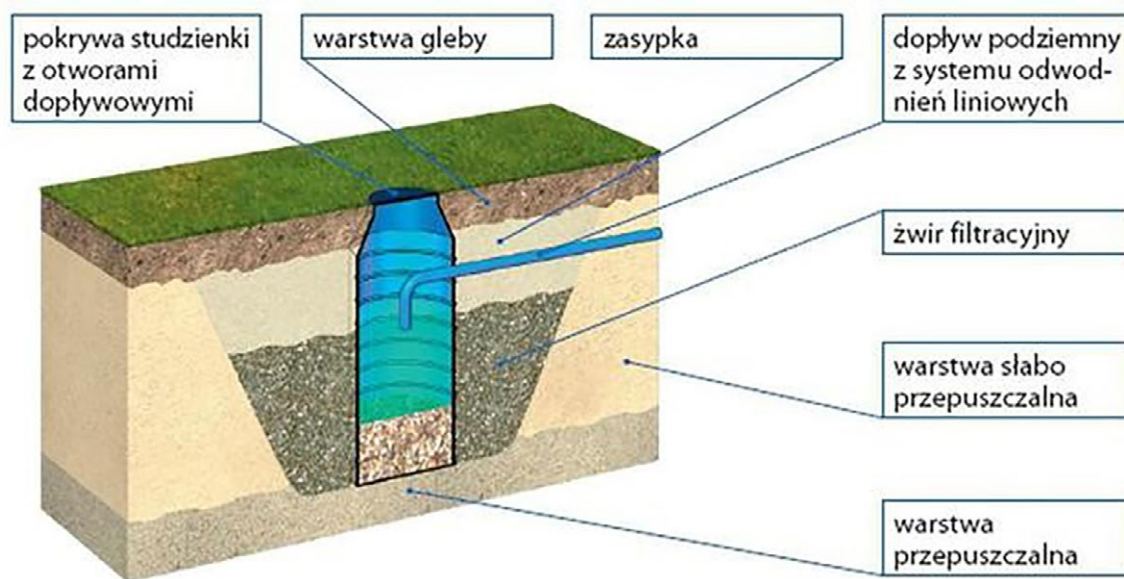
FOT. nr 35 – przykład zastosowania żelbetowego zbiornika retencyjnego  
(Źródło: <https://blog.ecol-unicon.com/zbiorniki-retencyjne-akcji-podziemne-jezioro-parku-slowianskim/>)



FOT. nr 36 – przykład zastosowania zbiorników podziemnych z tworzyw sztucznych  
(Źródło: <https://www.ekspertbudowlany.pl/arttykul/woda-i-kanalizacja/189233.zbiorniki-do-gromadzenia-i-wykorzystania-wody-deszczowej>)

Wśród rozwiązań podziemnych z możliwością infiltracji wyróżnić można np. studnie chłonne i skrzynki rozsączające. Wody opadowe docierające do takich obiektów po początkowym zmagazynowaniu przedostają się do gruntu.

Studnie chłonne umożliwiają odbiór punktowego, skoncentrowanego spływu wód opadowych. Konstrukcją są one zbliżone do studni tradycyjnych, a zasadnicza różnica polega na wypełnieniu dna studni warstwą filtracyjną umożliwiającą infiltrację wód w głąb gruntu. Zaletą studni chłonnych jest możliwość ich lokalizacji na terenach, gdzie górną warstwę gruntu tworzą utwory o słabej przepuszczalności i ograniczonych możliwościach infiltracji. W takich przypadkach studnia chłonna umożliwia wsiąkanie wody w głębsze, łatwiej przepuszczalne warstwy gruntu.

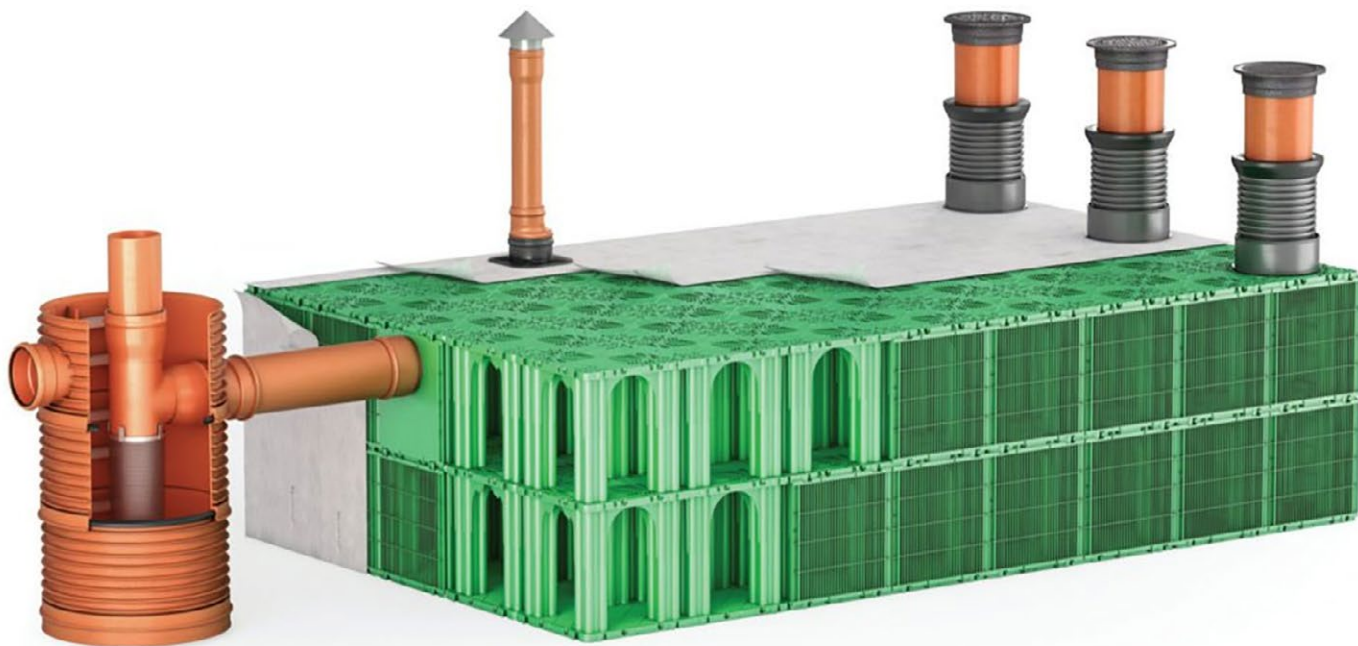


RYS. nr 6 - schemat budowy studni chłonnej (Źródło: <https://murator-dom.pl/galeria/woda-deszczowa-na-dziece-sposoby-na-zagospodarowanie-deszczowki/gg-etnZ-m2P2-8jP1/gp-sGbS-wVeP-5SCa>)



FOT. nr 37 i 38 - przykład zastosowania studni chłonnej (Źródło: <https://www.greena.com.pl/studnia-chlonna-w-szczecinie>)





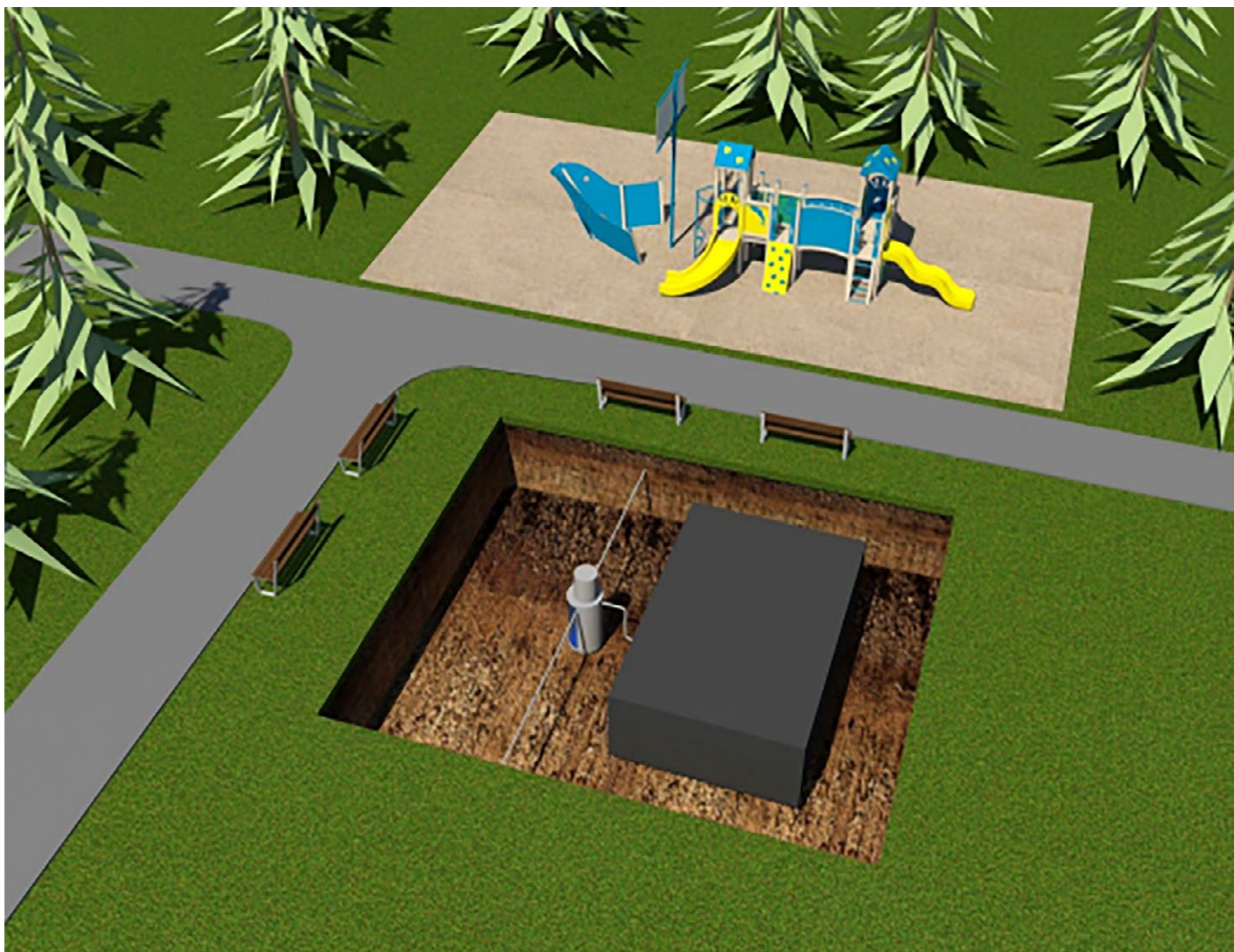
RYS. nr 7 – schemat budowy skrzynek rozsączających

(Źródło: <https://www.fachowyinstalator.pl/system-skrzynek-retencyjno-rozsaczajacych-stormbox-ii/>)



FOT. nr 39 – przykład zastosowania skrzynek rozsączających

(Źródło: <https://www.fachowyinstalator.pl/systemy-retencyjno-rozsaczajace-potrzebne-czy-nie/>)



RYS. nr 8 – wizualizacja lokalizacji skrzynki rozsączającej

(Źródło: <https://deck-dry.com/wp-content/uploads/2019/09/katalog-systemu-modulowego-skrzynek-do-rozsaczania.pdf>)

### 13. NAWIERZCHNIE PRZEPUSZCZALNE

Powierzchnie uszczelnione na terenach zieleni miejskiej, takie jak chodniki czy ścieżki, wykonane są zazwyczaj z materiałów nieprzepuszczalnych dla wody (kostki brukowe, płyty chodnikowe), co powoduje, że utrudniają one infiltrację wód opadowych w grunt.

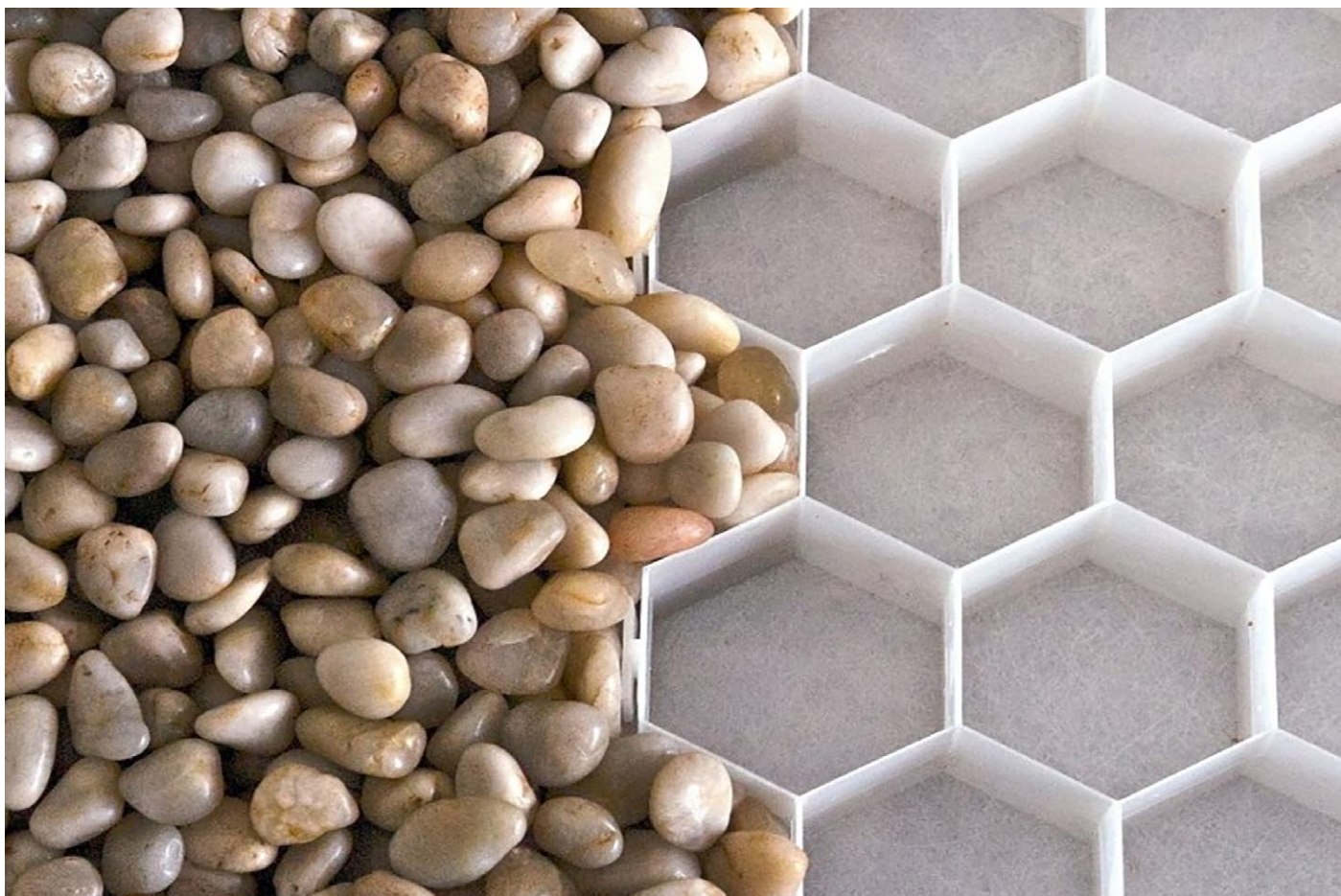
Najprostszym rozwiązaniem zwiększającym możliwości retencyjne w takiej sytuacji jest zastosowanie powierzchni przepuszczalnych, takich jak nawierzchnie żwirowe i trawiaste wzmocnione, powierzchnie ażurowe oraz nawierzchnie mineralno-żywiczne. Wzmocniona nawierzchnia trawiasta lub żwirowa zapewnia umocnienie i stabilizację gruntu na trasach komunikacyjnych, przy jednoczesnym braku wpływu na uszczelnienie gruntu. Rozwiązanie zapewnia także bezpieczny transport pojazdów i pieszych. Nawierzchnia trawiasta lub żwirowa wzmocniona jest modułową kratą wykonaną z plastiku lub stali albo dedykowaną siatką (czyli sztywną geowłókniną posiadającą kieszenie, które można wypełnić).



RYS. nr 9 – schemat budowy nawierzchni trawiastej wzmocnionej  
 (Źródło: <https://www.geoproduct.pl/montaz/geosystem2/nawierzchnia-trawiasta/>)



FOT. nr 40 – wizualizacja zastosowania krat pomostowych  
 (Źródło: <https://gcl.com.pl/wzmacniane-nawierzchnie-trawiaste/>)

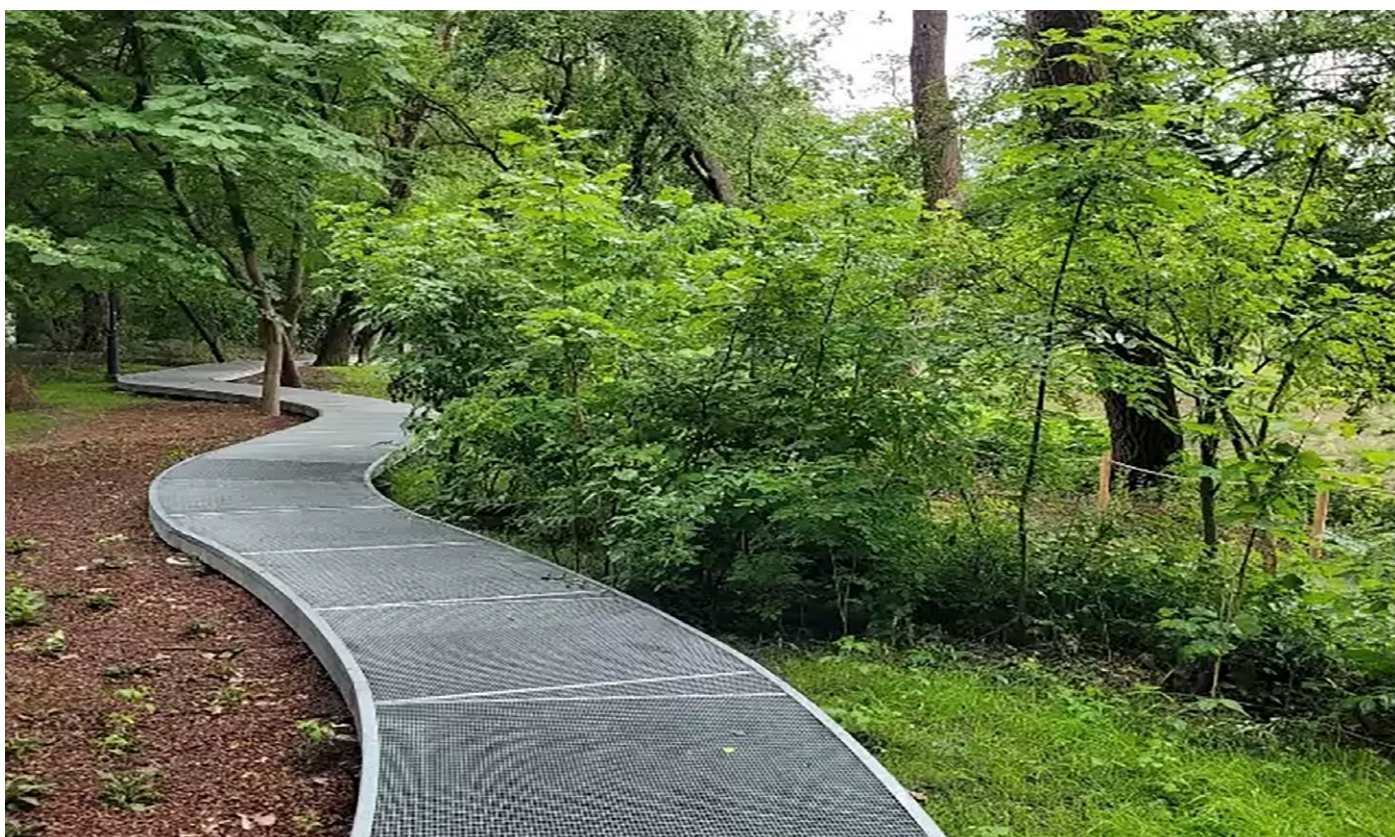


FOT. nr 41 - budowa nawierzchni żwirowej wzmocnionej  
(Źródło: <https://www.kratkainovgreen.pl/oferta/nidagravel/46>)



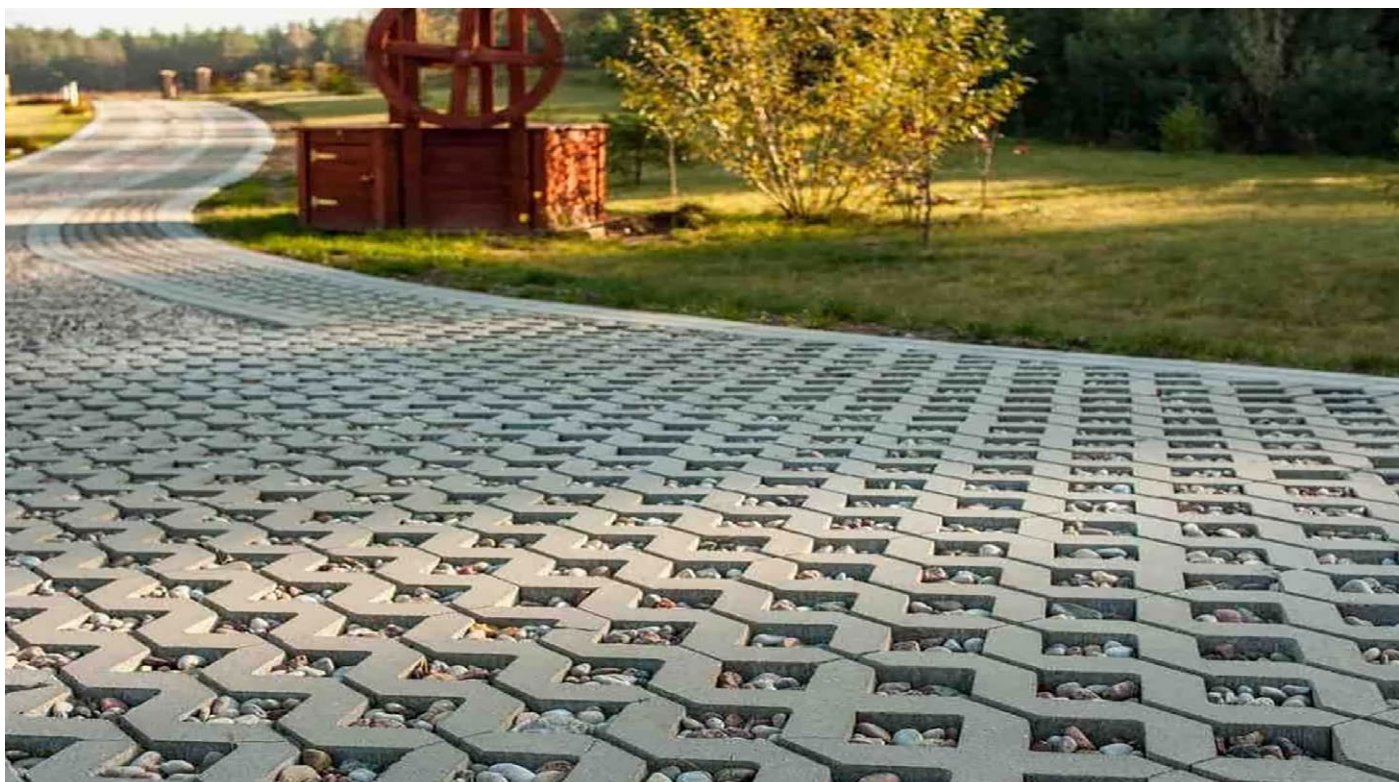
FOT. nr 42 - przykład zastosowania nawierzchni żwirowej wzmocnionej (Źródło: <https://murator-dom.pl/ogrod/nawierzchnie/sciezki-zirowe-w-ogrodzie-jak-zbudowac-i-pielegnowac-ogrodowa-sciezke-zirowa-aa-atG5-pjNd-EeZW.html>)

Wśród nawierzchni ażurowych można wyróżnić kraty pomostowe oraz nawierzchnie z kraty betonowej lub kamienia naturalnego. Kraty pomostowe to rozwiązania modułowe wykonane najczęściej ze stali lub wysokiej jakości kompozytów. Są one całkowicie przepuszczalne, odporne na warunki atmosferyczne i uszkodzenia mechaniczne, co sprawia, że doskonale sprawdzają się do budowy wyniesionych przejść, mostków, pomostów, pochylni oraz innych rozwiązań stosowanych w infrastrukturze jezdnej i pieszej. Na rynku dostępne są różnego rodzaju wersje krat pomostowych, różniących się wielkością oczek czy podstopnic, co ułatwia odpowiedni dobór krat w zależności od miejsca ich lokalizacji i potrzeb.



FOT. nr 43 – wizualizacja zastosowania krat pomostowych  
(Źródło: <https://gcl.com.pl/wzmacniane-nawierzchnie-trawiaste/>)

Nawierzchnie wykonane z kraty betonowej, kostki brukowej czy kamienia naturalnego wymagają umocnienia gruntu w celu jego uregulowania oraz stworzenia możliwości do transportu pieszego i jeźdnego, przy równoczesnym braku uszczelnienia gruntu. Wspomniane nawierzchnie ułożone w sposób ażurowy, umożliwiające infiltrację wody w głąb profilu glebowego, sprawdzają się przy utwardzaniu ścieżek pieszych, placów i parkingów, a także umożliwiają wprowadzenie roślinności trawiastej oraz bylin. 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. Rozwiązanie to jest całkowicie przepuszczalne, a także umożliwia oddychanie gruntu. Ze względu na wykorzystanie tylko naturalnych materiałów nawierzchnie mineralne nie wpływają negatywnie na środowisko.



FOT. nr 44 - przykład zastosowania kostki ażurowej z wypełnieniem żwirowym  
(Źródło: <https://ladnydom.pl/Ogrody/7,113386,24994861,plyty-azurowe.html>)



FOT. nr 45 - przykład zastosowania kostki ażurowej z wprowadzeniem roślinności trawiastej  
(Źródło: <https://betto.pl/jak-ulozyc-podjazd-z-plyt-azurowych>)



FOT. nr 46 – przykład wykorzystania nawierzchni z kostki brukowej

(Źródło: <https://www.domnowoczesny.com/artukul/nawierzchnie-z-kamienia-do-nowoczesnego-ogrodu.html>)



FOT. nr 47 – przykład zastosowania nawierzchni z kamienia

(Źródło: <https://www.castorama.pl/kamien-pod-nogami-jaka-nawierzchnia-na-podjezdzie-i-na-sciezkach-ins-207.html>)

Nawierzchnia mineralno-żywiczna to całkowicie przepuszczalna nawierzchnia 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. Dodatkowo ten rodzaj nawierzchni może być wykorzystywany do budowy kompleksów sportowych. Zaletami tego rozwiązania są duża odporność na ekstremalne warunki pogodowe, możliwość spowalniania spływu powierzchniowego dzięki porowatej strukturze, a także odprowadzanie w grunt wód opadowych i roztopowych w miejscu ich powstania.



FOT. nr 48 – przykład zastosowania nawierzchni mineralno-żywiczej jako umocnienia ścieżki parkowej (Źródło: <https://www.muratorplus.pl/technika/nawierzchnie/kruszywa-na-nawierzchnie-jakie-kruszywa-do-jakich-nawierzchni-aa-v18p-JU1Q-bBA1.html>)



FOT. nr 49 – przykład zastosowania nawierzchni mineralno-żywiczej (Źródło: <http://hanzaway.pl/>)





FOT. nr 50 – przykład zastosowania nawierzchni mineralno-żywiczej w przestrzeni miejskiej (Źródło: <http://hanzaway.pl/>)

## 14. WODNE PLACE ZABAW

Wodny plac zabaw – poza funkcją rekreacyjno-edukacyjną – pełni też funkcję retencyjną, umożliwiając zarówno magazynowanie wody opadowej, jak i jej późniejsze wykorzystanie przez urządzenia zabawowe. Warunkiem koniecznym do wprowadzenia tego rozwiązania jest montaż zbiornika podziemnego wraz z systemem oczyszczania wody. Przy użyciu pomp lub śrub Archimedes’a woda jest dostarczana do urządzeń, które na zasadzie naczyń połączonych oraz poszczególnych zminiaturyzowanych rozwiązań hydrotechnicznych umożliwiają zabawę i edukację związaną z obiegiem wody w krajobrazie. Poprzez zastosowanie istniejących na rynku rozwiązań w ciekawy sposób można urozmaicić strefy rekreacji. Wodne place zabaw wymagają opracowania dokumentacji projektowej, a także uzyskania pozwoleń zgodnych z obowiązującymi przepisami prawa: ustawami Prawo wodne, Prawo budowlane, Prawo o ruchu drogowym i Prawo ochrony środowiska. Istotnym elementem jest kontrola czystości wody wykorzystywanej do zabawy po jej uprzednim zmagazynowaniu w zbiorniku i podczyszczeniu. Zaleca się, aby w charakteryzowanym rozwiązaniu stosowany był otwarty obieg wody, gdyż zastosowanie obiegu zamkniętego może wiązać się z koniecznością stosowania substancji chemicznych niezbędnych do jej oczyszczenia.



FOT. nr 51 - wizualizacja wodnego placu zabaw (Źródło: <https://inzynierbudownictwa.pl/innovacyjne-parki-wodne-pomagaja-w-malej-retencji/>)



FOT. nr 52 - przykład wykorzystania śruby Archimedes na terenie wodnego placu zabaw – Promenada Oławska Wrocław (Źródło: <http://www.wrodzice.pl/2020/01/wodny-plac-zabaw-wroclaw-promenada.html>)



FOT. nr 53 – przykład realizacji wodnego placu zabaw – Promenada Oławska Wrocław  
(Źródło: <http://www.wrodzice.pl/2020/01/wodny-plac-zabaw-wroclaw-promenada.html>)

# MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

<https://www.encyklopedialesna.pl/haslo/renaturalizacja/>

[https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik\\_renaturyzacji.pdf](https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf)

<https://docplayer.pl/14574910-Renaturyzacja-rzek-i-dolin.html>

<https://bagna.pl/zglebiaj-wiedze/ochrona-mokradel/mom/116-bom>

<https://bibliotekanauki.pl/articles/880339>

[https://sendzimir.org.pl/publikacje/zielono-blekitne\\_rozwiazania\\_dla\\_osiedli/](https://sendzimir.org.pl/publikacje/zielono-blekitne_rozwiazania_dla_osiedli/)

<https://docplayer.pl/155975241-Dobre-przyklady-stosowanych-otwartych-systemow-kanalizacji-deszczowej.html>

<https://www.kzgw.gov.pl/index.php/pl/aktualnosci/467-material-pomocniczy-dla-gmin-w-sprawie-ustalania-oplat-za-zmniejszenie-naturalnej-retencji-terenowej>

<http://www.gdmel.pl/dla-inwestorow/wytyczne-dla-projektantow>

<https://blog.ecol-unicon.com/zbiorniki-retencyjne-akcji-podziemne-jezioro-parku-slowianskim/>

[http://slaskwroclaw.pl/uploads/files/zalacznik\\_nr\\_71639479556.pdf](http://slaskwroclaw.pl/uploads/files/zalacznik_nr_71639479556.pdf)

<https://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/kanalizacja-deszczowa/10938.odprowadzanie-wod-opadowych-systemami-do-podziemnej-retencji-i-infiltracji>

<https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-41d221e6-ca8e-4f06-88fd-99897fb8f35f>

<http://nwrn.eu>

# STYCZEŃ 2023 R.

## ZESPÓŁ AUTORSKI:

mgr inż. Roksana Mikołajczak

mgr inż. arch. Jakub Smykowski

mgr inż. Justyna Walczak

inż. Maciej Wudarski

dr Dominik Zajączkowski



**AQUANET RETENCJA**