



City Water Circles

Podręcznik w zakresie gospodarki wodnej
o obiegu zamkniętym i wykorzystania wody
w miastach



Spis treści

Katalog tematyczny 1

Inteligentne narzędzia oceny do mapowania potencjału wykorzystania wody w miastach 3

Katalog tematyczny 2

Innowacyjne rozwiązania inżynieryjne i oparte na przyrodzie w zakresie wykorzystania wody w obiegu zamkniętym 44

Katalog tematyczny 3

Inteligentne narzędzia do zarządzania sprzyjające stosowaniu zamkniętego obiegu wody w miastach 191

Katalog tematyczny 4

Nowatorskie narzędzia cyfrowe wspierające efektywne gospodarowanie wodą wśród obywateli/konsumentów 239



Katalog tematyczny 1

Inteligentne narzędzia oceny do mapowania potencjału
wykorzystania wody w miastach



Temat

| | |
|--|-----------|
| 1. WPROWADZENIE | 6 |
| 2. KRYTERIA OCENY, WSKAŹNIKI EFEKTYWNOŚCI I METODOLOGIE | 7 |
| 2.1. KRYTERIA OCENY | 7 |
| 2.2. WSKAŹNIKI EFEKTYWNOŚCI | 8 |
| 2.3. PODSTAWOWE METODOLOGIE STOSOWANE DO OCENY MOŻLIWOŚCI PONOWNEGO WYKORZYSTANIA WODY | 9 |
| 2.3.1. Analiza cyklu życia | 9 |
| 2.3.2. Analiza przepływu materiałów | 10 |
| 2.3.3. Ocena ryzyka środowiskowego | 10 |
| 2.3.4. Analiza śladu ekologicznego | 11 |
| 2.3.5. Ocena ryzyka zdrowotnego | 11 |
| 2.3.6. Analiza wielokryterialna | 11 |
| 3. PROCES PODEJMOWANIA DECYZJI I OCENY INWESTYCJI W ZAKRESIE GOSPODARKI WODNEJ W MIEŚCIE | 12 |
| 3.1. PRZYKŁAD DYDAKTYCZNY: Wykorzystanie wody deszczowej i oczyszczonych ścieków do produkcji materiałów budowlanych pochodzących z recyklingu | 13 |
| 3.2. WARIANT 0: Utrzymanie status quo bez wykorzystania wody z recyklingu w procesie produkcji | 15 |
| 3.3. WARIANT 1: Wykorzystanie wody z recyklingu do produkcji wyrobów budowlanych | 16 |
| 3.3.1. Wyposażenie i instalacja | 21 |
| 3.3.2. Ocena kosztów | 25 |
| 3.3.3. Ocena korzyści | 26 |
| 3.3.4. Ocena kosztów i korzyści | 28 |
| 3.4. ANALIZA WIELOKRYTERIALNA WARIANTÓW 0 i 1 | 29 |
| 3.4.1. Ustalenie kryteriów analizy wielokryterialnej dla wariantów inwestycyjnych 0 i 1 | 29 |
| 3.4.2. Porównanie ekonomiczne wariantów 0 i 1 | 31 |
| 3.4.3. Porównanie środowiskowe wariantów 0 i 1 | 31 |



Katalog tematyczny 1

| | |
|--|-----------|
| 3.4.4. Opis korzyści, które nie dają się wyrazić w pieniądzu | 32 |
| 3.5. PORÓWNANIE I WAGI DLA WYBORU OPTIMALNEGO WARIANTU | 32 |
| 4. PRZYKŁADY DOBRYCH PRAKTYK W ZAKRESIE OPRACOWANYCH I PRZETESTOWANYCH NARZĘDZI OCENY W RAMACH INICJATYW UNIJNYCH | 35 |
| 4.1. NARZĘDZIE iWater - ZESTAW NARZĘDZI DO ZINTEGROWANEGO ZARZĄDZANIA WODAMI OPADOWYMI | 35 |
| 4.2. NARZĘDZIE AQUAENVEC - OCENA ŚRODOWISKOWA I EKONOMICZNA | 40 |



1. Wprowadzenie

Dobrze funkcjonujące miasta Europy Środkowej powinny rozwijać się w sposób zrównoważony, co oznacza, że zużycie przez nie zasobów naturalnych musi uwzględniać możliwości lokalnych, regionalnych i globalnych ekosystemów. W związku z tym sugeruje się, by decydenci miejscy zwracali uwagę na najważniejsze czynniki wpływające na przepływy zasobów naturalnych (np. żywności, wody i energii) i efektywnie nimi zarządzali.

Zgodnie z tym założeniem projekt „City Water Circles (Obieg Wody w Mieście)” dąży do wprowadzenia i promowania metod w zakresie oszczędnego gospodarowania wodą oraz ponownego wykorzystania wody deszczowej i szarej do celów komunalnych i użytku domowego na obszarach miejskich w Europie Środkowej.

Działania w ramach projektu koncentrują się na:

- wzmocnieniu zdolności do tworzenia wielopodmiotowych ram wykorzystania wody w obiegu zamkniętym w miastach,
- wspieraniu wdrażania innowacyjnych środków poprzez testowanie nowych narzędzi,
- zapewnieniu szerszej realizacji polityki w zakresie wykorzystania wody w obiegu zamkniętym na poziomie lokalnym, regionalnym i krajowym.

W „Katalogu tematycznym 1: Inteligentne narzędzia oceny do mapowania potencjału wykorzystania wody w miastach” przedstawiono narzędzia oceny, które mogą pomóc decydentom w planowaniu przyszłych inwestycji w gospodarkę wodną o obiegu zamkniętym. Ogólnym celem narzędzi oceny ponownego wykorzystania wody w miastach jest ustanowienie mechanizmów i mierników, które można zastosować w procesie oceny, oraz zapewnienie spójnego podejścia do zintegrowanej oceny. Obejmuje to identyfikację wszystkich istotnych technicznych, środowiskowych, ekonomicznych i społecznych warunków oceny, które charakteryzują procesy ponownego wykorzystania wody.

Istnieje wiele różnych rodzajów multidyscyplinarnych ocen i metodologii analiz, ale ich wykorzystanie w procesie podejmowania decyzji jest dość trudne. Wymaga to jasnej wizji i celów przyszłej polityki, dużego potencjału wiedzy i doświadczenia związanego z realizacją inwestycji publicznych, dobrego zaplecza danych, wysiłku zespołowego i dużej ilości czasu na przygotowanie.

Niemożliwym jest tutaj szczegółowe przedstawienie sposobów wykorzystania dostępnych metodologii i narzędzi oceny, ponieważ jest to dość złożone zagadnienie, a każde z nich wymagałoby osobnego poradnika, dlatego też w Katalogu 1 skupiono się na:

Rozdział 2: Określenie możliwych kryteriów oceny i wskaźników efektywności oraz podstawowe opisy metodologii i ich przeznaczenia.

Rozdział 3: Prezentacja procesu podejmowania decyzji i oceny inwestycji w zakresie gospodarki wodnej w mieście z wykorzystaniem podejścia analizy wielokryterialnej na PRZYKŁADZIE DYDAKTYCZNYM 1: „Wykorzystanie wody deszczowej i oczyszczonych ścieków do produkcji materiałów budowlanych pochodzących z recyklingu”.

Rozdział 4: Prezentacja dwóch przykładów dobrych praktyk w zakresie opracowanych i przetestowanych narzędzi oceny w ramach inicjatywy UE.

Załącznik: Zdobyte doświadczenia i wnioski z inwestycji pilotażowych w ramach projektu „City Water Circles (Obieg Wody w Mieście)”.



2. Kryteria oceny, wskaźniki efektywności i metodologie

Proces metodologiczny oceny inwestycji w działania związane z gospodarką wodną o obiegu zamkniętym powinien obejmować kompleksowe podejście, uwzględniające następujące działania:

- ocenę wydajności technologii ponownego wykorzystania przy użyciu z góry ustalonego zestawu kryteriów oceny i wskaźników wydajności,
- wybór odpowiednich kryteriów zrównoważonego rozwoju powiązanych z wydajnością technologii, w tym wpływu, korzyści i ryzyka,
- zapewnienie obiektywnego rankingu i analizy porównawczej ukierunkowanej na najlepsze praktyki,
- generowanie wysokiej jakości danych dotyczących wydajności, które mogą być wykorzystane jako mechanizm pomiaru, weryfikacji lub porównania wydajności.

W tym kontekście należy odpowiedzieć na kilka pytań:

- Z jakimi problemami miasto będzie musiało się zmierzyć w przyszłości, jeśli nie zmieni się sposób gospodarowania wodą?
- Czy planowany projekt ponownego wykorzystania wody zmniejsza czy zwiększa ślad ekologiczny?
- Które koszty i które korzyści są istotne dla nieruchomości w wąskim ujęciu, a które dla gminy w ujęciu nadrzędnym?
- Jaka jest wydajność alternatywnych rozwiązań w zakresie ponownego wykorzystania wody w porównaniu z obecnie stosowanymi (konwencjonalnymi)?
- Jakie są pozytywne lub negatywne skutki społeczne/ekonomiczne ponownego wykorzystania wody?
- Jak podejmować decyzje dotyczące wyboru, projektowania, realizacji i eksploatacji systemu ponownego wykorzystania wody?
- Jak ocenić i porównać wydajność różnych systemów ponownego wykorzystania wody?
- Jakie są parametry jednolitego procesu oceny?
- Jaka wiedza jest niezbędna do usprawnienia procesu podejmowania decyzji?

2.1. Kryteria oceny

W procesie identyfikacji różnych kryteriów oceny i wyboru wskaźników, inwestor powinien przeprowadzić ocenę porównawczą, zestawiając istniejącą sytuację w zakresie gospodarki wodnej z proponowanym nowym rozwiązaniem. Celem nowego rozwiązania/inwestycji jest usprawnienie dotychczasowej gospodarki wodnej.

Poniżej podano kilka przykładów dostępnych kryteriów technicznych, środowiskowych, ekonomicznych i społecznych, które można wykorzystać do tego celu.

1. Ocena techniczna:

- Jakość wody z recyklingu (normy jakości)
- Eksploatacja i utrzymanie (wydatki)
- Wydajność technologiczna



- Zastosowanie
- Ryzyko technologiczne itp.

Technologia jest kluczowym elementem procesu oczyszczania, a ocena techniczna jest pomiarem jego wydajności i określa, czy proces oczyszczania spełnia wymagane standardy.

2. Ocena oddziaływania na środowisko:

- Ochrona zasobów wodnych
- Zmniejszenie zanieczyszczenia wód, do których odprowadzane są ścieki
- Korzyści dla środowiska
- Oddziaływanie na środowisko
- Emisja dwutlenku węgla
- Zagrożenia ekologiczne itp.

3. Ocena ekonomiczna:

- Wydatki inwestycyjne
- Wydatki operacyjne
- Okres zwrotu
- Efektywność ekonomiczna
- Opłacalność
- Czynniki ekonomiczne
- Korzyści ekonomiczne itp.

4. Skutki społeczne (korzyści i zagrożenia):

- Społeczny odbiór i akceptacja
- Udział społeczeństwa i współpraca z zainteresowanymi stronami
- Tworzenie miejsc pracy i źródeł dochodu
- Włączenie społeczne i równe możliwości
- Możliwości finansowe
- Zagrożenia dla zdrowia (bezpieczeństwo i zdrowie publiczne)
- Wsparcie rządowe itp.

2.2. Wskaźniki efektywności

Wskaźniki efektywności (ang. Performance Indicators - PI) są jednym z wielu narzędzi, które pomagają w ilościowym określeniu wyników i rezultatów w procesie oceny. Wskaźniki efektywności są definiowane jako zestaw wskaźników ilościowych, takich jak parametry, współczynniki, limity, czynniki itp. i mogą obejmować następujące obszary:

- Jakość ścieków na wlocie, która może mieć wpływ na cały proces
- Proces wstępnego oczyszczania
- Wtórne oczyszczanie biologiczne
- Oczyszczanie zaawansowane/trzeciego stopnia (np. filtracja membranowa, bioreaktory membranowe)
- Proces dezynfekcji



- Jakość ścieków oczyszczonych
- Jakość wody z recyklingu
- Emisja CO₂ itp.

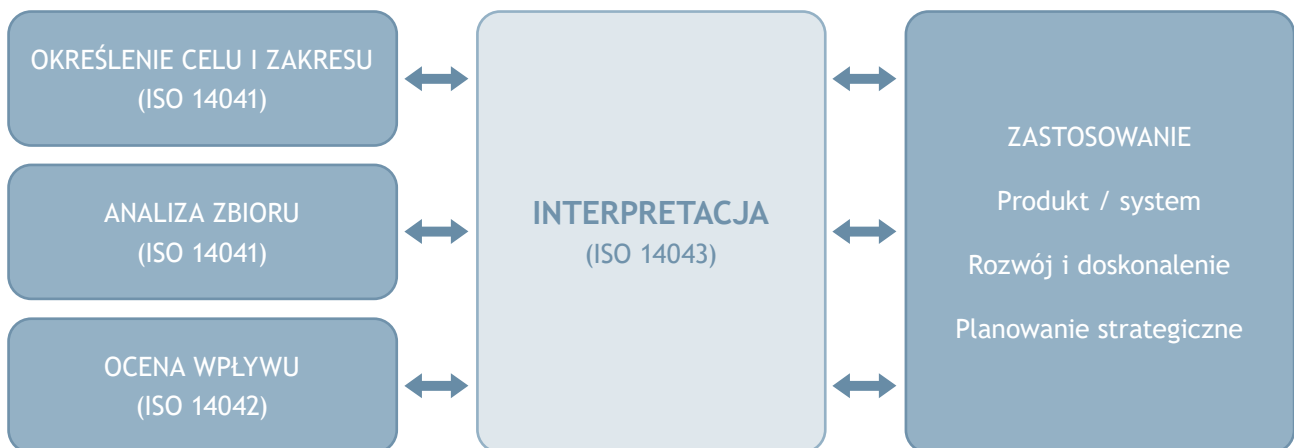
2.3. Podstawowe metodologie stosowane do oceny możliwości ponownego wykorzystania wody

Poniżej przedstawiono podstawowe metodologie, które można wykorzystać do oceny możliwości ponownego wykorzystania wody. Jak już wspomniano we Wprowadzeniu, praktyczne zastosowanie metodologii jest dość złożone, dlatego w tym podrozdziale opisane zostaną jedynie ich główne założenia i cele.

2.3.1. Analiza cyklu życia¹

Definicja analizy cyklu życia (ang. Life Cycle Analysis - LCA) według (G. Itskos, N. Nikolopoulos, D.-S. Kourkoumpas, A. Koutsianos, I. Violidakis, P. Drosatos, P. Grammelis, 2016, strony 363-452): „Analizę cyklu życia można zdefiniować jako metodę, która bada aspekty środowiskowe i potencjalne oddziaływanie produktu lub systemu od momentu pozyskania surowca, poprzez produkcję, użytkowanie, aż po utylizację. Ogólne kategorie oddziaływań na środowisko, które należy rozważyć, obejmują wykorzystanie zasobów, zdrowie ludzkie i konsekwencje ekologiczne. Aby umożliwić spójne porównanie różnych scenariuszy, konieczne jest zdefiniowanie wspólnego punktu odniesienia, który pozwoli wyrazić wyniki dla takiego samego rezultatu: ten wspólny punkt odniesienia nazywa się jednostką funkcjonalną. Pierwotna typowa metodologia została zaproponowana przez SETAC². W latach 1997-2000 w normach ISO wprowadzono etapy metodologii analizy cyklu życia. Obecnie obowiązujące normy ISO są podane w dyrektywie ISO 14044:2006”.

Etapy analizy cyklu życia:



¹ Environment and Development: Basic Principles, Human Activities, and Environmental Implications, G. Itskos, N. Nikolopoulos, D.-S. Kourkoumpas, A. Koutsianos, I. Violidakis, P. Drosatos, P. Grammelis.
<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/life-cycle-analysis>, 18.2.2021

² Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) (<https://www.setac.org/>)



2.3.2. Analiza przepływów materialnych³

Analiza przepływów materialnych (ang. Material Flow Analysis - MFA) odnosi się do monitorowania i analizy fizycznych przepływów materiałów do, przez i z danego systemu (zazwyczaj gospodarki). Zwykle opiera się ona na metodycznie zorganizowanych rachunkach w jednostkach fizycznych. Wykorzystuje zasadę bilansu masy do analizowania związków między przepływem materiałów (w tym energii), działalnością człowieka (w tym rozwojem gospodarki i handlu) a zmianami w środowisku. Przepływy materiałów mogą być analizowane w różnych skalach i przy użyciu różnych instrumentów, w zależności od zagadnienia i przedmiotu zainteresowania badania. Termin analiza przepływów materialnych oznacza zatem zestaw narzędzi obejmujących różne podejścia analityczne i narzędzia pomiaru, w tym rachunki i wskaźniki.

Zasady badań przepływu materiałów i podejścia statystycznego do rachunków przepływów materiałów i bilansów materiałowych zostały opracowane po raz pierwszy już w latach 70. ubiegłego wieku. Od połowy lat 90. badania przepływu materiałów cieszą się rosnącym zainteresowaniem: po pierwsze jako dziedzina badań promowana przez naukowców (instytuty badawcze, uniwersytety), organizacje pozarządowe zajmujące się ochroną środowiska, a coraz częściej także urzędy statystyczne; po drugie jako narzędzia polityczne i informacyjne wspierające zintegrowane podejmowanie decyzji w dziedzinie zarządzania zasobami naturalnymi, zanieczyszczeniami, odpadami i materiałami (na poziomie przedsiębiorstw i rządów) oraz wnoszące wkład w debaty na temat kwestii zrównoważonego rozwoju. W wielu krajach rośnie także zainteresowanie wykorzystaniem badań nad przepływem materiałów w celu skuteczniejszego wspierania polityki i decyzji dotyczących wzrostu gospodarczego, handlu międzynarodowego i globalizacji, rozwoju technologicznego i innowacji.

2.3.3. Ocena ryzyka środowiskowego⁴

Ocenę ryzyka środowiskowego (ang. Environmental Risk Assessment - ERA) można zdefiniować jako proces przypisywania wielkości i prawdopodobieństwa niekorzystnym skutkom działalności człowieka. Proces ten obejmuje identyfikację zagrożeń (np. uwolnienie toksycznych substancji chemicznych do środowiska) poprzez ilościowe określenie związku między działaniem związanym z emisją do środowiska a jej skutkami. W tym kontekście uwzględnia się całą hierarchię ekologiczną, co oznacza, że należy brać pod uwagę wpływ na poziomie komórkowym, organizmów, populacji, ekosystemów i całej ekosfery.

Zastosowanie oceny ryzyka środowiskowego opiera się na założeniu, że:

- Koszt eliminacji wszystkich skutków środowiskowych jest niezwykle wysoki,
- W praktyce zarządzania środowiskowego decyzje muszą być zawsze podejmowane na podstawie niepełnych informacji.

Ocena ryzyka środowiskowego jest procesem uzupełniającym ocenę oddziaływania na środowisko (OOŚ), przy czym ta ostatnia jest stosowana do oceny wpływu działalności człowieka. OOŚ ma charakter prognostyczny, porównawczy i dotyczy wszystkich możliwych skutków dla środowiska, w tym skutków wtórnych i trzeciorzędnych (pośrednich), natomiast ocena ryzyka środowiskowego jest próbą dokonania oceny prawdopodobieństwa wystąpienia danego (określonego) niekorzystnego skutku w wyniku danej działalności człowieka.

3 MEASURING MATERIAL FLOWS AND RESOURCE PRODUCTIVITY. Volume I. The OECD Guide, 2008
<https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf> (18.2.2021)

4 Developments in Water Science. Część tomu: Lake and Reservoir Management. Pod redakcją S.E. Jørgensen, H. Löffler, W. Rast, M. Straškraba.
<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/environmental-risk-assessment>



2.3.4. Analiza śladu ekologicznego⁵

Ślad ekologiczny to metoda promowana przez Global Footprint Network, służąca do pomiaru zapotrzebowania człowieka na kapitał naturalny, czyli ilości zasobów naturalnych potrzebnych do utrzymania ludzi lub gospodarki. Zapotrzebowanie to śledzi się za pomocą systemu rachunkowości ekologicznej. W rachunkach tych porównuje się ludzką konsumpcję zasobów naturalnych z potencjałem biologicznym regionu lub planety (powierzchnią potrzebną do rekompensacji zasobów naturalnych potrzebnych ludzkości). Krótko mówiąc, jest to miara wpływu człowieka na środowisko.

Analiza śladu ekologicznego jest szeroko stosowana na całym świecie jako narzędzie wspomagające ocenę zrównoważonego rozwoju. Umożliwia ona mierzenie i zarządzanie wykorzystaniem zasobów w całej gospodarce oraz badanie zrównoważonego rozwoju indywidualnych stylów życia, towarów i usług, organizacji, sektorów przemysłu, dzielnic, miast, regionów i narodów.

2.3.5. Ocena ryzyka zdrowotnego⁶

Ocena ryzyka zdrowotnego to proces mający na celu oszacowanie ryzyka dla populacji wynikającego z narażenia na daną substancję potencjalnie niebezpieczną. W procesie tym uwzględnia się rodzaj i skład substancji, jej potencjał szkodliwości, sposób, w jaki ludzie mogą być narażeni (np. przez bezpośrednie narażenie, oddychanie powietrzem lub spożywanie żywności i wody), czas narażenia i dawkę, na jaką mogą być narażeni. Jakość oceny ryzyka zdrowotnego zależy od dokładności dostępnych informacji dotyczących wszystkich tych kwestii.

W procesie tym należy uwzględnić wszystkie substancje, na które narażeni są ludzie, oraz ich wzajemne oddziaływanie. Ocena wpływu zdrowotnego wysokiej jakości będzie również wyraźnie określać wszelkie wątpliwości, założenia i ograniczenia uwzględnione w procesie oceny. Wysoka niepewność wiąże się z bardziej ostrożnym zarządzaniem ryzykiem.

2.3.6. Analiza wielokryterialna⁷

Analiza wielokryterialna obejmuje ustrukturyzowane podejście stosowane do określania ogólnych preferencji wśród alternatywnych opcji, w przypadku gdy opcje te służą osiągnięciu kilku celów. W analizie wielokryterialnej określa się pożądane cele oraz odpowiadające im atrybuty lub wskaźniki. Rzeczywisty pomiar wskaźników nie musi odbywać się w kategoriach pieniężnych, ale często opiera się na analizie ilościowej (poprzez przyznawanie punktów, tworzenie rankingów i nadawanie wag) szerokiego zakresu kategorii i kryteriów oddziaływania jakościowego. Oprócz kosztów i korzyści ekonomicznych można opracować także różne wskaźniki środowiskowe i społeczne. Wyraźnie uwzględnia się fakt, że wpływ na podejmowane decyzje polityczne mogą mieć różne cele, zarówno pieniężne, jak i niepieniężne. Analiza wielokryterialna dostarcza technik porównywania i szeregowania różnych wyników, nawet jeśli stosuje się wiele różnych wskaźników. Analiza wielokryterialna umożliwia decydom uwzględnienie pełnego zakresu kryteriów społecznych, środowiskowych, technicznych, ekonomicznych i finansowych.

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_footprint

⁶ https://ww2.health.wa.gov.au/Articles/F_I/Health-risk-assessment

⁷ Communities and local governments: Multi-criteria analysis: a manual. Department for Communities and Local Government: London, 2009, str. 6-7, 19-20



3. Proces podejmowania decyzji i oceny inwestycji w zakresie gospodarki wodnej w mieście

Proces metodologiczny oceny inwestycji w działania związane z gospodarką wodną o obiegu zamkniętym powinien obejmować kompleksowe podejście, uwzględniające następujące działania.

Dostępnych jest wiele różnych metod i rozwiązań w zakresie gospodarki wodnej w mieście, które trudno porównać na pierwszy rzut oka. W fazie przygotowania projektów inwestycyjnych, inwestor wraz z ekspertami i zainteresowanymi stronami (użytkownikami przyszłej inwestycji) powinien określić kilka kluczowych kwestii:

- Co jest problemem, co należy poprawić?
- Jakie cele mają zostać osiągnięte dzięki zastosowaniu danej metody?
- Według jakich kryteriów należy oceniać różne proponowane rozwiązania?
- Jakie kryteria niepieniężne są istotne z punktu widzenia wybranej metody?
- Która metoda/rozwiązanie jest możliwe do zastosowania w danym projekcie?
- Która metoda/rozwiązanie jest zgodne z zasadami ochrony środowiska i opłacalne ekonomicznie?

W codziennej praktyce zidentyfikowano następujące wyzwania związane z oceną inwestycji:

- wiele decyzji za lub przeciw konkretnej koncepcji inwestycyjnej zwykle nie przechodzi przez przejrzysty proces oceny,
- koszty operacyjne i aspekty niepieniężne są zwykle niedoszacowane w porównaniu z kosztami inwestycyjnymi,
- udział kosztów wody w ogólnych kosztach operacyjnych stale rośnie,
- aby podjąć decyzję opłacalną ekonomicznie, należy rozważyć i ocenić różne możliwe rozwiązania i warianty alternatywne pod kątem ich kosztów i korzyści.

Ogólnie rzecz biorąc, nowe inwestycje komunalne obejmują następujące etapy:

- definiowanie i wyznaczanie z wyprzedzeniem celów inwestycji,
- uwzględnienie celów i korzyści pieniężnych i niepieniężnych,
- przy podejmowaniu decyzji przez inwestora należy określić skalę ważności kryteriów pieniężnych i niepieniężnych,
- przygotowanie oceny możliwych rozwiązań inwestycyjnych w możliwie najkrótszym czasie,
- porównanie różnych rozwiązań alternatywnych o podobnych korzyściach.

Aby pokazać, jak kompleksowo podejść do wspomnianych wyzwań związanych z oceną oraz jak planować i realizować inwestycje w zakresie gospodarki wodnej na obszarach miejskich, zgodnie z celami gospodarki wodnej o obiegu zamkniętym, w kolejnym podrozdziale przedstawiono przykład DYDAKTYCZNY. W celu dokonania oceny alternatywnych rozwiązań inwestycyjnych także z perspektywy środowiskowej i społecznej, wyceny pieniężne, które zwykle opierają się na analizie kosztów i korzyści, uzupełnia się analizą wielokryterialną z określeniem kryteriów wyboru i systemu wag obejmujących perspektywę ekonomiczną, środowiskową i społeczną.



3.1 PRZYKŁAD DYDAKTYCZNY: Wykorzystanie wody deszczowej i oczyszczonych ścieków do produkcji materiałów budowlanych pochodzących z recyklingu

Wprowadzenie

Prezentowany przykład dydaktyczny „Wykorzystanie wody deszczowej i oczyszczonych ścieków do produkcji materiałów budowlanych pochodzących z recyklingu” to pilotażowa inwestycja w miejskim obszarze funkcjonalnym (FUA) Maribor w Słowenii, realizowana w ramach projektu City Water Circles (Obieg Wody w Mieście).

Powierzchnia FUA Maribor wynosi 147,5 km², a liczba mieszkańców 110 871 (dane z 2018 r.). Główną rzeką jest Drawa o przepływie ok. 670 m³/s, z dobrej jakości wodą. Średnia roczna suma opadów wynosi 926 mm.

Centralnym obszarem FUA Maribor jest centrum miasta Maribor. Obieg wody w FUA Maribor jest obsługiwany przez 3 firmy. MBVOD (wodociągi Maribor) odpowiada za dostawy wody pitnej, NIGRAD (strona zainteresowana) odpowiada za system kanalizacji, a AQUASYSTEM za oczyszczanie ścieków.

Wyzwania i cele

Na europejskich obszarach miejskich i podmiejskich, gdzie prowadzona jest większość prac budowlanych, przedsiębiorstwa użyteczności publicznej, sektor budowlany i inne branże wytwarzają duże ilości różnego rodzaju odpadów. Odpady te mogą służyć za cenne źródło lokalnych surowców wtórnych do prac budowlanych stanowiąc zamiennik materiałów budowlanych, a także otwierać możliwości gospodarcze dla firm budowlanych (gospodarka o obiegu zamkniętym). Ze względu na brak odpowiedniej wiedzy, technologii, dobrych praktyk i zachęt, podmioty odpowiedzialne za podaż i popyt są w niewielkim stopniu zaangażowane w takie procesy.

W 2016 r. w Słowenii zebrano 5,498 mln ton odpadów, z czego większość stanowiły odpady budowlane (2,165 mln ton, czyli 39%), następnie komunalne (0,982 mln ton, czyli 18%) oraz odpady przemysłowe z procesów termicznych (0,905 mln ton, czyli 17%). Biorąc pod uwagę, że budownictwo stanowi największe źródło odpadów powstających podczas realizacji robót budowlanych (zwłaszcza ziemnych) oraz że branża budowlana może wykorzystywać duże ilości odpadów przetworzonych, przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym jest nieuniknione i konieczne.

Inwestycja pilotażowa demonstruje przydatność wody z odzysku do produkcji wyrobów budowlanych na bazie surowców wtórnych. Wyprodukowane materiały zostaną wykorzystane do prac związanych z utrzymaniem dróg oraz do rewitalizacji zdegradowanych obszarów przez spółkę publiczną Nigrad d.o.o., której większościowym właścicielem jest gmina Maribor i która jest koncesjonariuszem w zakresie utrzymania dróg publicznych. Projekt pokazuje, że oczyszczone ścieki w połączeniu z zebranymi wodami opadowymi nadają się do wykorzystania w procesie produkcyjnym.

Cele inwestycji pilotażowej są następujące:

- maksymalna retencja wody deszczowej,
- oszczędzanie wody pitnej,
- promowanie różnorodności biologicznej,
- ochrona wody i gleby,
- edukacja ekologiczna itp.



Dydaktyczny pilotażowy przykład inwestycyjny pozwoli ocenić dwa możliwe warianty:

1. Wariant 0: utrzymanie status quo bez wykorzystania wody z recyklingu w procesie produkcji
2. Wariant 1: wykorzystanie wody z recyklingu do produkcji wyrobów budowlanych przy użyciu zbiorników z tworzywa sztucznego z oddzielnymi pompami i automatyką w szybie oraz jednym odpływem

Celem analizy wariantów jest dokonanie ich weryfikacji, pojedynczo, pod kątem szeregu aspektów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych oraz ich porównanie, co stanowi podstawę do podjęcia decyzji o wyborze optymalnego wariantu.

Informacje na temat opadów atmosferycznych potrzebne do oceny wariantów inwestycji pilotażowych.

Tabela 1: Średnie miesięczne opady w FUA Maribor

| Miesiąc | Ilość w mm | Miesiąc | Ilość w mm |
|----------|------------|-------------|------------|
| Styczeń | 32 | Lipiec | 81 |
| Luty | 108 | Sierpień | 93 |
| Marzec | 61 | Wrzesień | 49 |
| Kwiecień | 67 | Październik | 53 |
| Maj | 221 | Listopad | 46 |
| Czerwiec | 103 | Grudzień | 8 |

Tabela 2: Średnia roczna suma opadów w FUA Maribor

| Rok | Ilość w mm | Rok | Ilość w mm |
|------|------------|------|------------|
| 1998 | 1 012 | 2009 | 1 078 |
| 1999 | 1 022 | 2010 | 986 |
| 2000 | 788 | 2011 | 720 |
| 2001 | 827 | 2012 | 929 |
| 2002 | 918 | 2013 | 924 |
| 2003 | 689 | 2014 | 1 238 |
| 2004 | 993 | 2015 | 846 |
| 2005 | 959 | 2016 | 1 006 |
| 2006 | 903 | 2017 | 961 |
| 2007 | 982 | 2018 | 926 |
| 2008 | 944 | | |



3.2 WARIANT 0: Utrzymanie status quo bez wykorzystania wody z recyklingu w procesie produkcji

Prezentacja techniczna

Ponieważ Wariant 0 oznacza utrzymanie status quo, nie inwestuje się w system zbierania wody deszczowej ani nie dostarcza się ścieków do ponownego wykorzystania.

Ocena kosztów i korzyści

Inwestor nie generuje dochodów/oszczędności, więc przez okres 30 lat pozostają one w kwocie 0,00 EUR.

Tabela 3: Szacowane przychody / oszczędności Wariant 0, w €

| Item | Rok 1 | Rok 2 | Rok 3 | Rok 4 | Rok 5 | Rok 6... | ...Rok 30 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------|
| Przychody | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Suma | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Jako koszt operacyjny w Wariancie 0 uwzględniono dostarczanie i odprowadzanie wody z sieci wodociągowej przez okres 30 lat.

Tabela 4: Szacunkowe koszty dostarczania i odprowadzania wody pitnej Wariant 0, w €

| Pozycja | Rok 1 | Rok 2 | Rok 3 | Rok 4 | Rok 5 | Rok 6... | ...Rok 30 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------|
| Koszty dostarczania i odprowadzania wody pitnej | 0 | 1 025 | 1 035 | 1 046 | 1 056 | 1 067 | 1 354 |
| Podatek od zanieczyszczeń | 0 | 317 | 320 | 323 | 326 | 330 | 419 |
| Suma | 0 | 1 342 | 1 355 | 1 369 | 1 382 | 1 396 | 1 773 |

Ponieważ nie dokonano żadnych inwestycji w budowę i wyposażenie, nie oblicza się amortyzacji środków trwałych ani wartości rezydualnej projektu.



Efektywność inwestycyjna Wariantu 0

Wskaźniki efektywności finansowej dla Wariantu 0 przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 5: Wskaźniki efektywności finansowej dla Wariantu 0

| Tytuł | Skrót | Wartość |
|-----------------------------------|------------------|--------------------|
| Dochody | | 0,00 € |
| Wydatki | | 1.342,46 € |
| Zysk / strata | Przychody-koszty | -1.342,46 € |
| Efektywność operacyjna | Przychody/koszty | 0,00 |
| Rentowność działalności | Zysk/przychód | 0,00 |
| Okres zwrotu z inwestycji | (w latach) | - |
| Wewnętrzna finansowa stopa zwrotu | FRR/C | Nie można obliczyć |
| Finansowa wartość bieżąca netto | FNPV/C | -24.603,51 € |
| Względna wartość bieżąca netto | Względne FNPV/C | - |

Podsumowanie:

Chociaż roczne koszty dostarczania i odprowadzania wody pitnej wydają się dość niskie (1 342 -1 773 €), wariant 0 nie przynosi żadnych korzyści, takich jak rozwiązania techniczne, które można by przetestować w społeczności lokalnej, czy pozytywne skutki środowiskowe lub społeczne, które można by ocenić lub które mogłyby poprawić obecne warunki. Oznacza to, że do produkcji surowych materiałów budowlanych również w przyszłości będzie wykorzystywana woda pitna. Wartość bieżąca netto kosztu wody pitnej za okres 30 lat oznacza, że środki te można zaoszczędzić i stanowią one około połowy wartości inwestycji w Wariant 1. Ocena tego wariantu tylko z punktu widzenia kosztów byłaby myląca. Wariant 0 musi być porównany z wariantem, który również może przynieść korzyści (pieniężne i niepieniężne).

3.3. WARIANT 1: Wykorzystanie wody z recyklingu do produkcji wyrobów budowlanych

W wariantcie 1 woda deszczowa i ścieki są wykorzystywane do produkcji materiałów budowlanych, przy użyciu zbiorników z oddzielnymi pompami i automatyką w szybie oraz jednym odpływem.

Prezentacja lokalizacji

Dokładna lokalizacja projektu pilotażowego znajduje się na zdegradowanym obszarze miejskim w Dogoše w Mariborze, gdzie jest on bezpośrednio powiązany z działającym w tym samym miejscu zakładem produkcyjnym wytwarzającym produkty budowlane na bazie surowców wtórnych. W pobliżu znajduje się również oczyszczalnia ścieków, co sprawia, że jest to doskonały teren do realizacji inwestycji. Rada Miasta Maribor potwierdziła zmianę planu zagospodarowania terenu, na którym realizowany jest projekt demonstracyjny (obszar zdegradowany w Dogoše), jako podstawę do dalszych działań. Projekt demonstracyjny jest uzależniony od procesu produkcji wyrobów budowlanych na bazie surowców wtórnych. Realizacja projektu rozpoczęła się w 2020 roku.



Katalog tematyczny 1

Lokalizacja projektu pilotażowego:

Mapy Google - przybliżone współrzędne: 46.521096, 15.699536

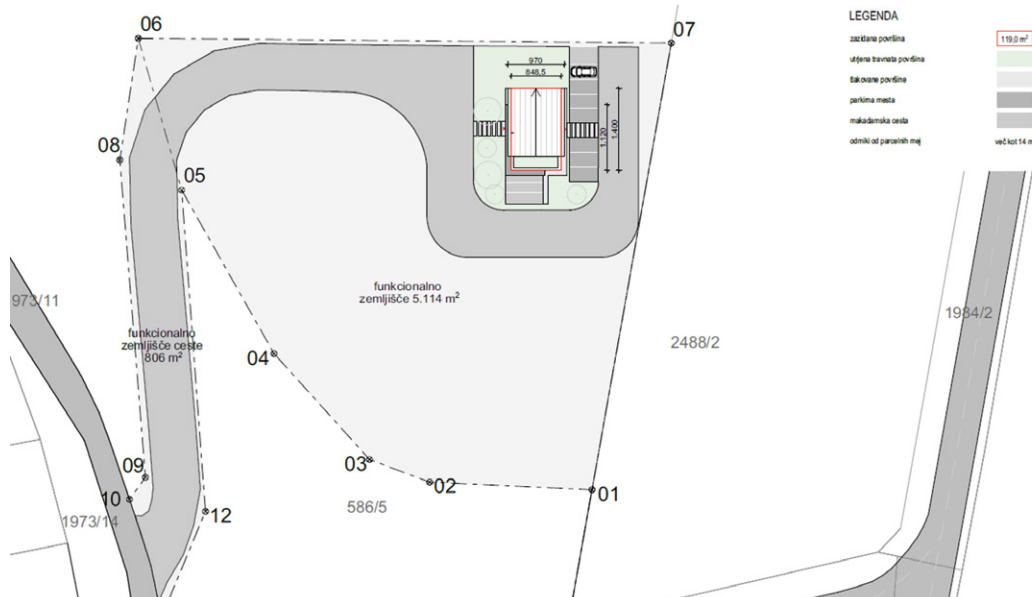
Lokalizacja oczyszczalni ścieków:

Mapy Google - przybliżone współrzędne: 46.510826, 15.712678

Rysunek 1: Lokalizacja projektu pilotażowego



Rysunek 2: Szczegółowy plan projektu pilotażowego



Prezentacja techniczna

Inwestor buduje obiekt o dostępnej powierzchni całkowitej 220 m² (dach i parking), z którego woda deszczowa spływa do kanalizacji miejskiej. W produkcji wyrobów budowlanych do tej pory nie wykorzystywano ścieków z recyklingu, lecz wodę pitną z sieci wodociągowej.



Opis techniczny

Dwa zbiorniki z tworzywa sztucznego są zainstalowane pod ziemią, przed którymi znajduje się betonowy szyb, w którym zainstalowane są filtry, pompy i inne niezbędne urządzenia.

Działanie systemu:

Szyb ma wbudowaną stację hydroforową z dwiema pompami, obie pompy sterowane częstotliwością, sterowanie w celu utrzymania stałego ciśnienia w systemie ciśnieniowym. W szafie energetycznej zainstalowane są dwa moduły sond dla każdej pompy osobno. Dopóki oba zbiorniki są pełne, obie pompy pracują, każda w ok. 50%. Jeśli jeden ze zbiorników zostanie opróżniony, odpowiadająca mu pompa nie będzie pracować, dopóki woda nie osiągnie zadanego poziomu. Osobno zainstalowana jest dodatkowa skrzynka z dwoma przełącznikami do zdalnego włączania i wyłączenia pompy. W szafie znajdują się bezpieczniki dla każdej pompy osobno, wyłącznik różnicowo-prądowy, wyłącznik zasilania, dwa moduły sond z sześcioma wbudowanymi sondami, dodatkowy bezpiecznik dla światła w szybie, przełącznik ręczno-automatyczny dla każdej pompy osobno. Po stronie ciśnieniowej każdej pompy zainstalowane są kurki spustowe do pobierania próbek wody. Dodatkowa szafa z układem sterowaniem pompą znajduje się na zewnątrz szybu w dowolnym pomieszczeniu.

Rysunek 3: Wstępny plan budowy zbiorników i urządzeń - Wariant 1

OPCJA A

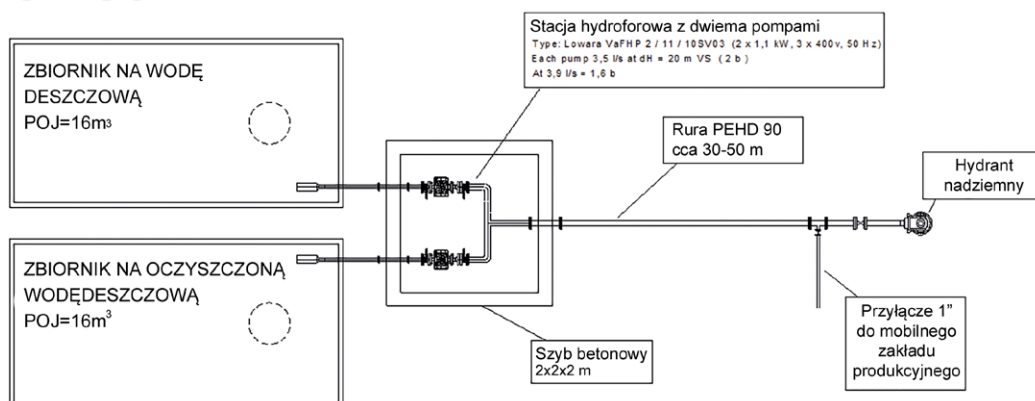




Tabela 6: Wskaźniki efektywności technicznej

| Nr | Wskaźniki techniczne | Jednostka miary | Wartość |
|--------------------------------|---|----------------------------------|--------------|
| A Zbiornik | | | |
| 1 | Objętość | litr | 2 x 16000 |
| B Pompa | | | |
| 2 | Działanie systemu (pompy) | Sterowanie ręczne / automatyczne | Automatyczne |
| 3 | Zapotrzebowanie na energię elektryczną na dzień | kWh | 4,4 |
| 4 | Wymagane miejsce | m ² | 31,2 |
| 5 | Przepływ wody | l/sek. | 3,5 |
| C Ilość potrzebnej wody | | | |
| 6 | Woda deszczowa | m ³ / rok | 168 |
| 7 | Ścieki z oczyszczalni ścieków | m ³ / rok | 192 |
| 8 | Dostępne obszary zbierania wody deszczowej | m ² | 320 |

Zużycie wody i analiza

Woda będzie wykorzystywana do produkcji wyrobów budowlanych na bazie surowców wtórnych. Mobilny zakład produkcyjny będzie znajdował się w tym samym miejscu.

W ramach projektu przewiduje się przeprowadzenie analizy właściwości kilku źródeł wody, co nastąpi równoległe z uruchomieniem projektu demonstracyjnego. Rodzaje wody z recyklingu do analizy:

- Oczyszczone ścieki z oczyszczalni ścieków
- Zbierana woda deszczowa

Próbki będą pobierane w szybach przeznaczonych na urządzenia obok zbiorników lub w punkcie poboru przed wykorzystaniem wody do procesu produkcyjnego, a monitoring i analizy będą wykonywane przez Krajowe Laboratorium Zdrowia, Środowiska i Żywności.

Testowane będą również produkty budowlane wykonane z zastosowaniem wody z recyklingu.

W rezultacie zostaną wyciągnięte wnioski, czy woda z recyklingu jest odpowiednia do wykorzystania w procesie produkcyjnym, czy też nie.

Zużycie w procesie produkcji

- Średnie zużycie wody: 3 m³/dobę
- Maksymalne zużycie wody: 10 m³/dobę
- Maksymalny przepływ wody: 1,5 - 3 l/s



Zbieranie wody

Woda deszczowa

Woda deszczowa będzie zbierana z powierzchni dachów budynku i pobliskiego parkingu. Rozważano również zbieranie wody deszczowej z dziedzińca. Podział powierzchni:

- Dach o powierzchni ok. 120 m²
- Parking o powierzchni ok. 100 m²
- Dziedziniec o powierzchni ok. 100 m²

Współczynnik spływu (dach metalowy) = 0,8

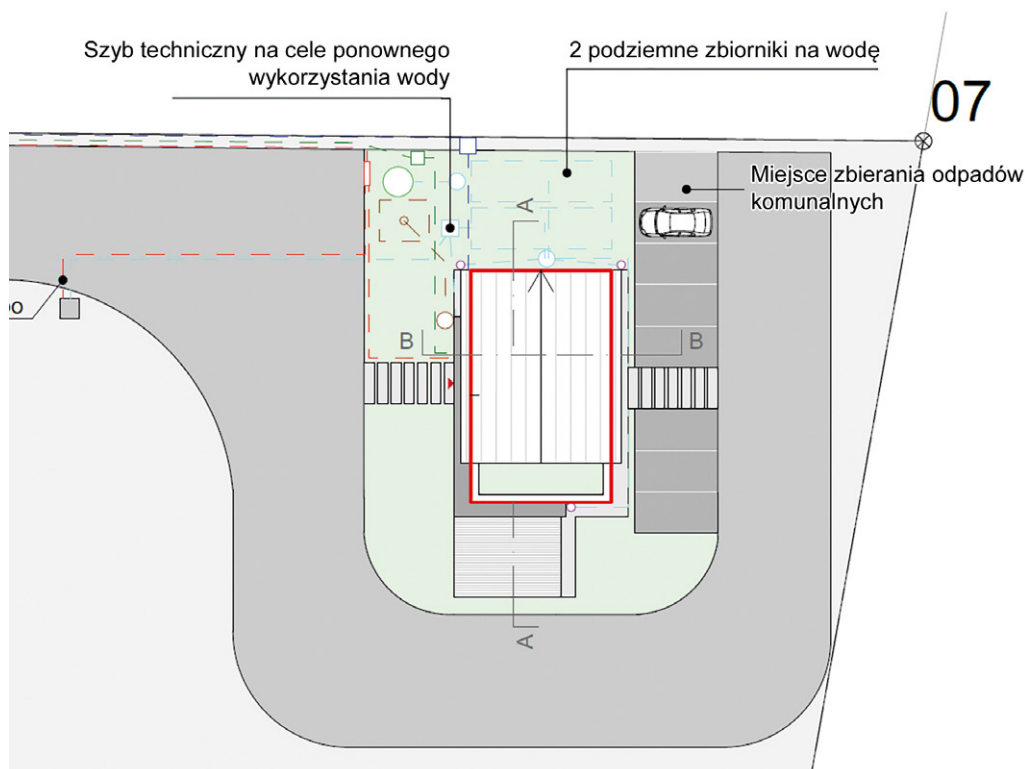
Roczna suma opadów w FUA Maribor (średnia 10-letnia) = 962 mm

Uwzględniając powierzchnie dachów i parkingów, z których zbierana jest deszczówka, na podstawie poniższych obliczeń możliwe jest oszacowanie ilości wody opadowej, jaką można zebrać w ciągu roku.

$$220m^2 \times 962 \frac{1}{rok} \times 0,8 = 169,310 \frac{1}{rok} = 169,31 \frac{m^3}{rok}$$

Szacuje się, że rocznie można zebrać około 170 m³ wody deszczowej, co daje 14 m³ miesięcznie.

Rysunek 4: Projekt demonstracyjny obiektu i obszarów zbierania wody deszczowej



Na podstawie powierzchni zbierania wody deszczowej, przewidywanego zużycia wody oraz rocznych i miesięcznych opadów w FUA Maribor, przedstawionych w tabelach i na wykresach poniżej, wystarczający powinien być zbiornik o pojemności 10-20 m³.

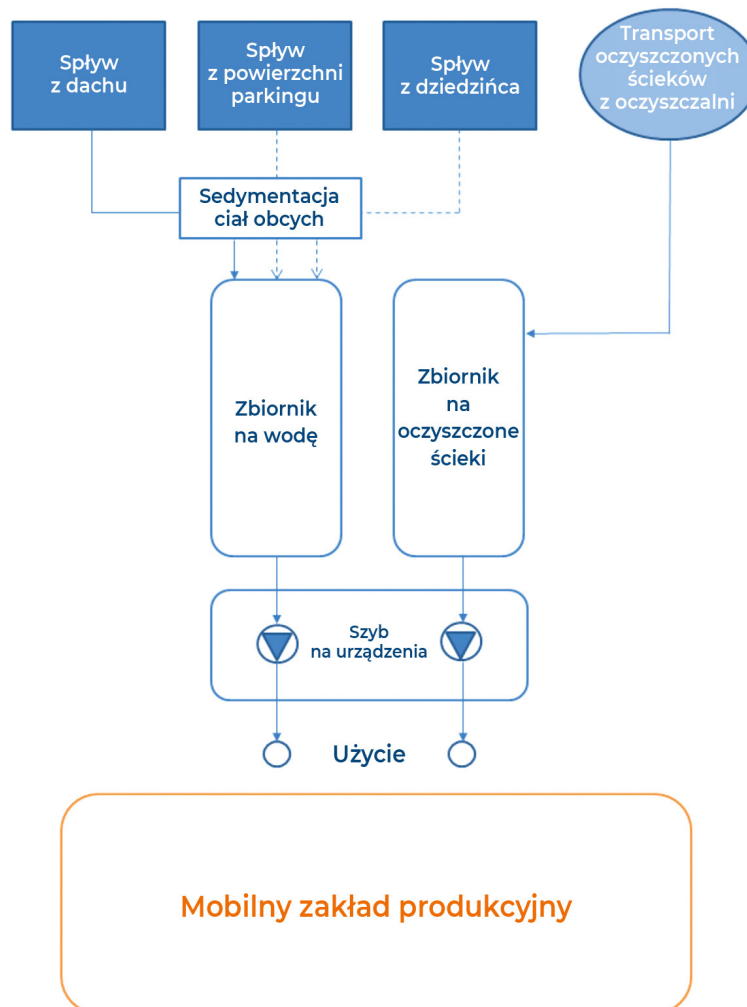


Oczyszczone ścieki

Oczyszczone ścieki zostaną przetransportowane z Centralnej Oczyszczalni Ścieków w Mariborze odpowiednim pojazdem. Zastosowany zostanie zbiornik o takiej samej wielkości jak dla wody deszczowej (10-20 m²).

Jakość ścieków na odpływie z procesów mechanicznych i biologicznych jest codziennie badana za pomocą automatycznego próbnika, a dane są analizowane i przechowywane przez koncesjonariusza oczyszczalni. Poza codziennym monitoringiem wewnętrznym, dwa razy w miesiącu monitoring przeprowadza Krajowe Laboratorium Zdrowia, Środowiska i Żywności.

Rysunek 5: Schemat poboru wody



3.3.1. Wyposażenie i instalacja

Wstępny plan budowy

Obok zakładu produkcyjnego zostaną zainstalowane dwa zbiorniki o pojemności 16 m³ (jeden na oczyszczone ścieki, drugi na wodę deszczową). Oczyszczone ścieki będą dowożone z oczyszczalni, a woda deszczowa będzie zbierana na miejscu.



Roboty budowlane związane z instalacją zbiorników i transportem oczyszczonych ścieków

Wykopy, dostawa i montaż betonu, wykonanie żelbetowej płyty stropowej, montaż zbiornika, mechaniczne zasypanie terenu, wykonanie warstwy buforowej z mrozoodpornego tłucznia, prace wykończeniowe. Transport 384 m³ oczyszczonych ścieków z recyklingu specjalnym pojazdem ze zbiornikiem retencyjnym z oczyszczalni ścieków w Mariborze.

Zbiorniki

Zbiorniki na wodę RoTerra służą do zbierania wody deszczowej do użytku domowego. Są one wykonane z przyjaznego dla środowiska polietylenu i zapewniają 100% wodoszczelność. Zbiornik ma regulowaną nadbudowę teleskopową Φ 600 x 500 mm, dzięki czemu można dostosować jego wysokość. Na rurze wznoszącej zainstalowana jest pokrywa wykonana z polietylenu, wytrzymująca obciążenie o masie do 200 kg. Na zbiorniku można rozmieścić dużą liczbę przyłączy dopływu i odpływu ze zbiornika. Kształt i wymiary zbiornika RoTerra umożliwiają łatwą manipulację na placu budowy.

Zbiornik jest sprawdzany i testowany zgodnie z normą SIST EN 12566 - 3.

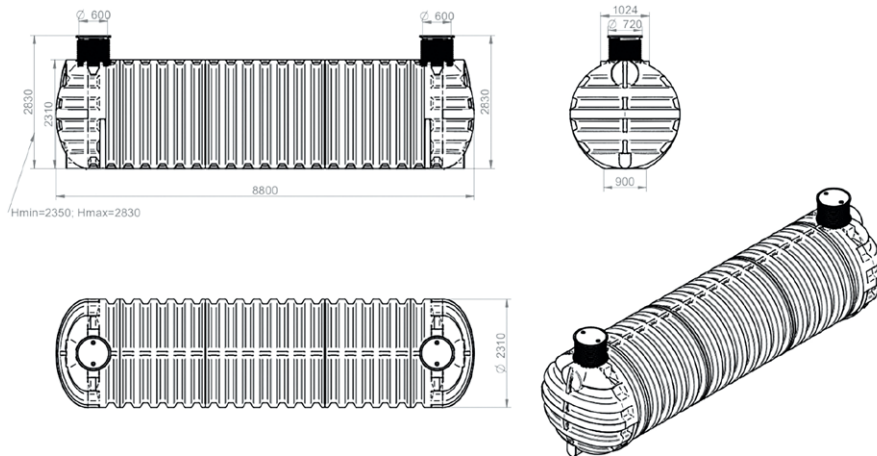
| Dane techniczne | Wartości |
|---|-----------------------------------|
| Objętość | 16000 L |
| Wymiary dł. x gł. x wys. (mm) | 4840 x 2300 x 2350 - 2850 |
| Metoda instalacji | Pod ziemią |
| Średnica otworów rewizyjnych | 2 x Φ 600 mm |
| Podnośnik teleskopowy | Φ 600 x 0 - 500 mm |
| Materiał | Polietylen PE |
| Odporność materiałów na promieniowanie UV | Tak |
| Średnica rury dopływowej | DN 110, DN 125, DN 160 |
| Średnica rury odpływowej | DN 110, DN 125, DN 160 |
| Norma | SIST EN 12566 - 3 |
| Pokrywa | Pokrywa z PE o nośności do 200 kg |

Rysunek 6: Zbiornik retencyjny RoTerra





Rysunek 7: Wymiary zbiornika RoTerra



Stacja hydroforowa

Stacja hydroforowa Lowara z dwiema pompami.

Typ: Lowara VaFHP 2 / 11 / 10V03 (2x1,1 kW, 3x400v, 50 Hz)

Każda pompa 3,5 l/s przy dH = 20 m VS (2 b)

Przy 3,9 l/s = 1,6

Stacja hydroforowa z dwiema pompami, obie pompy sterowane częstotliwością, sterowanie w celu utrzymania stałego ciśnienia w systemie ciśnieniowym.

Zestaw pomp - Lowara (stal nierdzewna) ze sprzęgłem i przyłączami kotłierzowymi. Przemienneiki częstotliwości Vasco 209 zamontowane na silniku pompy.

Zestaw węży po stronie tłocznej ze stali nierdzewnej ze wszystkimi niezbędnymi zaworami i zaworami zwrotnymi, po zainstalowaniu każdej pompy do pobierania próbek zawór spustowy po stronie ssawnej bez montażu, tylko zawór kulowy.

2 20-litrowe membranowe zbiorniki ciśnieniowe.

Manometr po stronie ciśnieniowej.

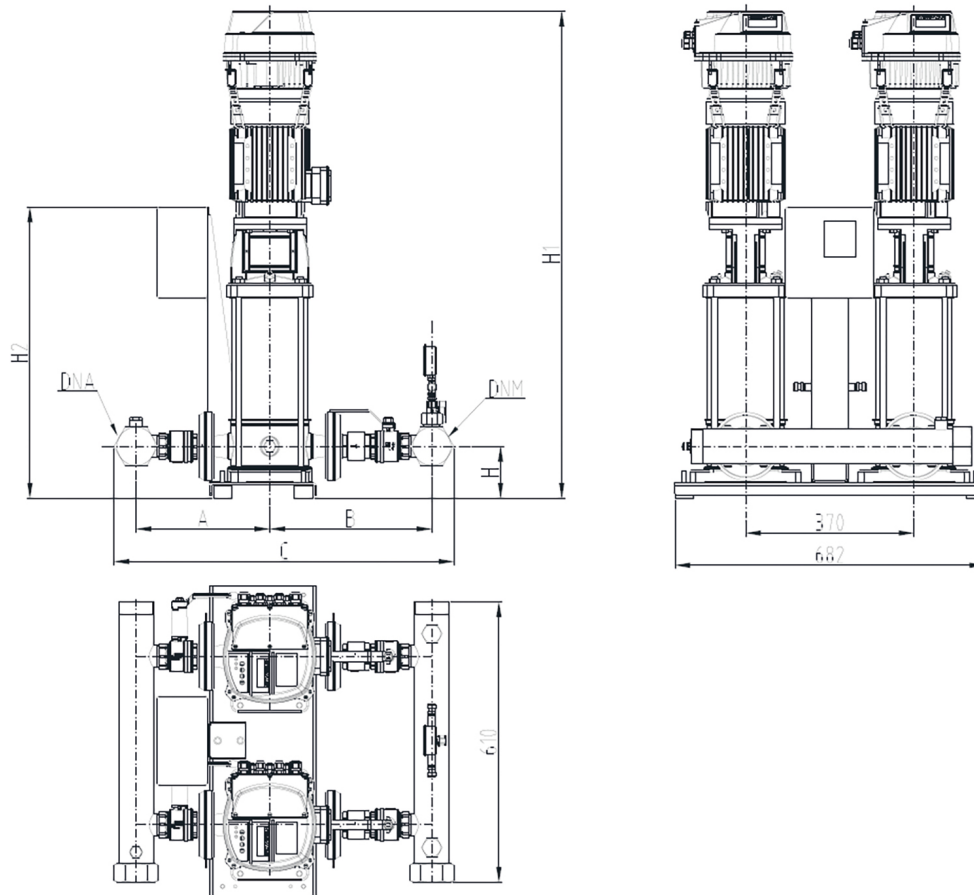
2 czujniki ciśnienia 4-20 mA, 0-10.

Cechy szczególne:

- Zainstalowane w szafie dwa moduły sond dla każdej pompy osobno.
- Dopóki oba zbiorniki są pełne, obie pompy pracują, każda w ok. 50%.
- Jeśli jeden ze zbiorników zostanie opróżniony, odpowiadająca mu pompa nie będzie pracować, dopóki woda nie osiągnie zadanego poziomu.
- Dodatkowa skrzynka z dwoma przełącznikami do zdalnego włączania i wyłączenia każdej stacji osobno.
- Bezpieczniki dla każdej pompy osobno, wyłącznik różnicowo-prądowy, wyłącznik zasilania, dwa moduły sond z sześcioma sondami, dodatkowy bezpiecznik dla światła w szybie.
- Ręczny przełącznik automatyczny dla każdej pompy.



Rysunek 8: Stacja hydroforowa z dwiema pompami.





3.3.2. Ocena kosztów

Koszty inwestycji

Wartość inwestycji polegającej na zainstalowaniu 2 zbiorników z tworzywa sztucznego z oddzielnymi pompami i automatyką w szybie oraz jednego odpływu wynosi 39 255,47 euro z VAT. Podział wartości inwestycji przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 7: Szacunkowa wartość inwestycji

| Nr | Wskaźniki techniczne | Jednostka miary | Wartość | Ogółem w € |
|-------------|---|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | Roboty budowlane | | | |
| 1.1 | Prace podstawowe | 234,40 | 51,57 | 285,97 |
| 1.2 | Roboty ziemne i betonowanie | 7.863,84 | 1.730,04 | 9.593,88 |
| 1.3 | Transport wody z recyklingu z oczyszczalni ścieków | 3.609,60 | 794,11 | 4.403,71 |
| 1.4 | Nieprzewidziane prace (10%) | 1.170,78 | 257,57 | 1.428,35 |
| 2 | 2 zbiorniki z tworzywa sztucznego na wodę o pojemności 16 m ³ | 4.720,00 | 1.038,40 | 5.758,40 |
| 3 | Stacja wysokociśnieniowa z 2 pompami, sterowaniem i automatyczną instalacją | 3.176,00 | 698,72 | 3.874,72 |
| 4 | Filtr dokładnego czyszczenia | 264,00 | 58,08 | 322,08 |
| 5 | Filtr do wody sanitarnej | 288,00 | 63,36 | 351,36 |
| 6 | Dostawa i wykonanie szybów betonowych 2x2x2m | 3.850,00 | 847,00 | 4.697,00 |
| 7 | Przeptywomierze ⁸ | 2.000,00 | 440,00 | 2.440,00 |
| 8 | Instalacje wodno-kanalizacyjne - materiały i prace montażowe ⁹ | 3.000,00 | 660,00 | 3.660,00 |
| 9 | Prace elektryczne ¹⁰ | 2.000,00 | 440,00 | 2.440,00 |
| Suma | | 32.176,62 | 7.078,85 | 39.255,47 |

8 Kosztorys - zamówienie publiczne na przepływomierze, instalacja przeprowadzona przez pracowników firmy Mariborski vodovod

9 Kosztorys - zamówienie publiczne na materiały hydrauliczne, instalacja przeprowadzona przez pracowników firmy Mariborski vodovod

10 Kosztorys - prace elektryczne wykonywane przez pracowników firmy Mariborski vodovod



Koszty operacyjne

Szacowane koszty operacyjne obejmują koszty bieżącej konserwacji, część wynagrodzeń pracowników oraz energię elektryczną. W poniższej tabeli przedstawiono dane dla okresu 30 lat. Przewidywano, że koszty będą rosły o 1% rocznie.

Tabela 8: Szacunkowe koszty operacyjne dla Wariantu 1

| Pozycja | Rok 1 | Rok 2 | Rok 3 | Rok 4 | Rok 5 | Rok 6 | Rok 7 | Rok 8 | ... | Rok 30 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|
| Bieżące koszty utrzymania | 0 | 400 | 404 | 408 | 412 | 416 | 420 | 425 | ... | 529 |
| Koszty pracy | 0 | 548 | 553 | 559 | 564 | 570 | 576 | 581 | ... | 724 |
| Koszty energii elektrycznej | 0 | 190 | 192 | 194 | 196 | 198 | 200 | 202 | ... | 251 |
| Suma | 0 | 1,138 | 1,149 | 1,161 | 1,172 | 1,184 | 1,196 | 1,208 | ... | 1,503 |

Koszty amortyzacji

Koszty amortyzacji przez okres 30 lat oraz wartość rezydualną inwestycji obliczono w poniższej tabeli.

Tabela 9: Koszty amortyzacji w EUR.

| Pozycja | Wartość | Stopa amortyzacji | Rok 1 | Rok 2 | Rok 3 | Rok 4 | Rok 5 ... | ... Rok 30 | Wartość rezydualna |
|------------|---------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|------------|--------------------|
| Inwestycja | 39,255 | 3,33 % | 0 | 1,307 | 1,307 | 1,307 | 1,307 | 1,307 | 1,346 |
| Suma | 39,255 | | 0 | 1,307 | 1,307 | 1,307 | 1,307 | 1,307 | 1,346 |

3.3.3. Oceny korzyści

Mniejsze zużycie wody pitnej

Zgodnie z założeniami dotyczącymi zagospodarowania wody deszczowej, w optymalnych warunkach można zebrać ok. 14 m³ deszczówki miesięcznie. Przyjęto, że zbiornik na oczyszczone ścieki będzie napelniany raz w miesiącu (16 m³/miesiąc).

Tabela 10: Oszczędności w zużyciu wody pitnej

| Pozycja | m ³ /dzień | m ³ /miesiąc | m ³ /rok |
|---|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| Szacowane średnie zużycie wody | 3 | 66 | 792 |
| Szacunkowa średnia ilość zebranej wody deszczowej | | 14 | 168 |
| Szacunkowa średnia ilość dostępnych oczyszczonych ścieków | | 16 | 192 |
| Szacowane oszczędności w zużyciu wody pitnej | | 30 | 360 |

**Korzyści finansowe**

Poniżej przedstawiono obliczenia kosztów innych niż stałe dla zużycia wody, które zależą tylko od zużycia wody. Koszty stałe (np. opłata sieciowa), które są naliczane miesięcznie niezależnie od zużycia, nie są uwzględniane w obliczeniach. Podane ceny nie zawierają podatku VAT i są cenami obowiązującymi w sierpniu 2020 r. w gminie Maribor, w której realizowano projekt pilotażowy.

Tabela 11: Cena zużycia wody i odprowadzania ścieków w gminie Maribor

| Pozycja | €/m ³ |
|--|------------------|
| Cena wody pitnej | 0,7437 |
| Cena odprowadzania ścieków | 0,3299 |
| Cena oczyszczania ścieków | 1,3056 |
| Cena usuwania osadów | 0,4679 |
| Całkowita cena wody pitnej i odprowadzania ścieków | 2,8471 |

Tabela 12: Szacowane oszczędności finansowe z tytułu zużycia wody pitnej po wdrożeniu

| Pozycja | €/miesiąc | €/rok |
|---|-----------|----------|
| Koszty dla szacowanego średniego zużycia wody | 187,91 | 2.254,90 |
| Szacunkowe koszty zużycia wody po wdrożeniu | 102,50 | 1.229,95 |
| Szacowane oszczędności w zużyciu wody pitnej po wdrożeniu | 85,41 | 1.024,95 |

W optymalnych warunkach można szacować, że zużycie wody i koszty utylizacji pozwolą zaoszczędzić 85,41 € miesięcznie lub 1.024,95 € rocznie. Oszczędności to również opłata za zanieczyszczenie środowiska 316,80 € rocznie ($220 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ €/m}^2$) = 26,40 € / miesiąc x 12 miesięcy).

W poniższej tabeli przedstawiono szacunkowe przychody lub oszczędności z tytułu zakupu wody pitnej bez opłaty sieciowej (180 m³) przez okres 30 lat. Przewidywano, że przychody będą wzrastać o 1% rocznie.

Tabela 13: Szacowane przychody / oszczędności

| Pozycja | Rok 1 | Rok 2 | Rok 3 | Rok 4 | Rok 5 | Rok 6 | Rok 7 | Rok 8 | ... | Rok 30 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|
| Przychody | 0 | 145 | 147 | 148 | 150 | 151 | 153 | 154 | ... | 192 |
| Oszczędności | 0 | 1,342 | 1,355 | 1,369 | 1,382 | 1,397 | 1,410 | 1,425 | ... | 1,773 |
| Suma | 0 | 1,487 | 1,502 | 1,517 | 1,532 | 1,548 | 1,563 | 1,579 | ... | 1,965 |



3.3.4. Ocena kosztów i korzyści

Ocena kosztów i korzyści jest przygotowywana na podstawie przedstawionych w podrozdziałach 3.3.1 i 3.3.2 kosztów inwestycyjnych, kosztów operacyjnych i korzyści finansowych.

W celu obliczenia efektywności rozwiązania alternatywnego przyjęto następujące założenia:

- Podatek VAT został uwzględniony w pozycji kosztów inwestycyjnych.
- Wszystkie koszty i korzyści (poprzednie tabele) zostały uwzględnione w obliczeniach finansowych i nie obejmują podatków.
- Przyjęto stopę dyskontową wynoszącą 4%.
- Do obliczenia wartości bieżącej netto stosuje się następujący wzór:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

R_t = Wpływy i wydatki pieniężne netto w danym okresie t

i = Stopa dyskontowa lub stopa zwrotu, którą można by uzyskać z inwestycji alternatywnych

t = Liczba okresów

- Okresem obserwacji, dla którego przygotowywane są obliczenia, jest okres ekonomiczny wynoszący 30 lat.
- Wszystkie wartości są podane w €

Tabela 14: Ocena kosztów i korzyści

| Financial indicators | | |
|-----------------------------------|------------------|------------|
| Tytuł | Skrót | Wartość |
| Dochody | | 1.532,37 € |
| Wydatki | | 1.172,15 € |
| Zysk / strata | Przychody-koszty | 360,21 € |
| Efektywność operacyjna | Przychody/koszty | 1,31 |
| Rentowność działalności | Zysk/przychód | 0,24 |
| Okres zwrotu z inwestycji | (w latach) | 30 |
| Wewnętrzna finansowa stopa zwrotu | FRR/C | -5,58% |
| Finansowa wartość bieżąca netto | FNPV/C | -30.919,80 |
| Względna wartość bieżąca netto | względna FNPV/C | -0,7877 |

Podsumowanie:

Ocena kosztów i korzyści pokazuje, że inwestycja ma charakter niedochodowy. Niewielka nadwyżka oszczędności wody nad kosztami operacyjnymi nie wystarczy na pokrycie kosztów inwestycji w okresie 30 lat przy tak niskiej cenie wody. W przypadku wzrostu cen wody obliczenia te wykazałyby niewielką wartość ujemną lub nawet dodatnią tej inwestycji. Ale jak już wspomniano w przypadku Wariantu 0, trzeba ocenić ją także pod kątem korzyści niepieniężnych.



3.4. Analiza wielokryterialna wariantów 0 i 1¹¹

Jak już podkreślono, podejmowanie decyzji dotyczących publicznych inwestycji komunalnych wymaga czegoś więcej niż tylko oceny alternatywnych rozwiązań inwestycyjnych na podstawie wyceny pieniężnej. Należy wziąć pod uwagę wszystkie aspekty potencjalnych oddziaływań - także te niepieniężne. W tym celu można udoskonalić proces podejmowania decyzji ograniczony do analizy kosztów i korzyści, wykorzystując analizę wielokryterialną, która może pomóc w znalezieniu najlepszego rozwiązania dla decydentów.

Istnieje wiele technik analizy wielokryterialnej, powszechnie uznawanych za metody analizy wielokryterialnej, i obejmują one szeroki zakres dość odrębnych podejść. We wszystkich podejściach analizy wielokryterialnej warianty i ich wkład w spełnienie różnych kryteriów są jednoznaczne i wszystkie wymagają dokonania oceny. Różnią się one jednak sposobem łączenia danych. Formalne techniki analizy wielokryterialnej zazwyczaj przewidują wyraźny system względnych wag dla różnych kryteriów.

Głównym zadaniem tych technik jest radzenie sobie z trudnościami, jakie - jak wykazano - ludzie podejmujący decyzje mają z przetwarzaniem dużych ilości złożonych informacji w spójny sposób.

Z literatury wynika, że istnieje wiele technik analizy wielokryterialnej, a ich liczba wciąż rośnie. Powodów takiego stanu rzeczy jest kilka:

- istnieje wiele różnych rodzajów decyzji, które pasują do szeroko pojętych okoliczności analizy wielokryterialnej
- czas dostępny na przeprowadzenie analizy może być różny
- ilość i charakter danych dostępnych na potrzeby analizy mogą być różne
- umiejętności analityczne osób popierających daną decyzję mogą być różne, oraz
- kultura administracyjna i wymagania organizacji są różne.

Kluczową cechą analizy wielokryterialnej jest nacisk na ocenę zespołu decyzyjnego przy ustalaniu celów i kryteriów, szacowaniu względnych wag ważności oraz, do pewnego stopnia, przy ocenie wkładu każdej opcji w każde kryterium efektywności.

Nie ma znaczenia, czy dostępna jest mała czy duża liczba opcji/wariantów, ważne jest, aby pamiętać, że każda opcja musi być oceniona pod względem każdego z ustalonych kryteriów.

3.4.1. Ustalenie kryteriów analizy wielokryterialnej dla wariantów inwestycyjnych 0 i 1

Zgodnie z wyznaczonymi celami inwestycji pilotażowej, inwestorzy z naszego przykładu dydaktycznego (przedsiębiorstwo wodociągowe Maribor i Nigrad) zidentyfikowali cztery grupy kryteriów analizy wielokryterialnej dla wyboru optymalnego wariantu.

Przy wyborze optymalnego wariantu wzięto pod uwagę następujące kryteria:

1. Kryteria techniczne:

A. Zbiornik

- objętość - optymalna objętość zbiornika

¹¹ Communities and local governments: Multi-criteria analysis: a manual. Department for Communities and Local Government: London, 2009, str. 6-7, 19-20



B. Obsługa systemu pomp

- (pompy) - sterowanie ręczne / automatyczne,
- zapotrzebowanie na energię elektryczną / dzień - porównanie zużycia energii elektrycznej w kWh,
- wymagana powierzchnia - zestawienie potrzeb przestrzennych w m²,
- przepływ wody - ilość wody (w litrach), która przepływa w czasie (sekundy)

C. Ilość potrzebnej wody

- woda deszczowa - średnia roczna ilość wody deszczowej, która będzie gromadzić się na powierzchniach budynku
- ścieki z oczyszczalni - średnia roczna ilość ścieków doprowadzanych z oczyszczalni Maribor
- dostępne obszary zbierania wody deszczowej

2. Kryteria ekonomiczne:

- wysokość kosztów inwestycyjnych - porównanie wysokości kosztów inwestycyjnych,
- roczne przychody i oszczędności generowane przez system,
- wysokość rocznych kosztów operacyjnych - porównanie wysokości rocznych kosztów operacyjnych inwestycji,
- cena kosztów operacyjnych € / m³,
- wartość bieżąca netto (NPV) inwestycji - sprawdzenie, która wartość jest najbardziej optymalna,
- okres zwrotu - sprawdzenie, w którym wariantie zainwestowane środki zwracają się najszybciej

3. Kryteria środowiskowe:

- retencja wody deszczowej
- wykorzystanie ścieków
- oszczędzanie wody pitnej
- niższe zużycie energii elektrycznej
- ochrona wody i gleby
- edukacja ekologiczna

4. Korzyści społeczne (wpływy niepieniężne)

- pozytywny wpływ na społeczność lokalną (woda nienadająca się do spożycia może być wykorzystywana do dalszego przetwarzania i jest poddawana recyklingowi, dzięki czemu zmniejsza się zużycie czystej wody pitnej).
- wartość edukacyjna
- wykorzystanie obszaru zdegradowanego do celów zagospodarowania przestrzennego.



3.4.2. Porównanie ekonomiczne wariantów 0 i 1

Tabela 15: Porównanie wariantów inwestycyjnych i kosztów operacyjnych, w €

| Pozycja | Jednostka miary | Wariant 0 | Wariant 1 |
|---|------------------|------------|------------|
| Koszty inwestycji z VAT | € | 0,00 | 39.255,47 |
| Roczne przychody i oszczędności generowane przez system (w 2024 r.) | € | 0,00 | 1.532,37 |
| Roczne koszty operacyjne (w 2024 r.) | € | -1.382,46 | 1.172,15 |
| Koszty operacyjne | €/m ³ | -1.382,46 | 3,26 |
| Okres zwrotu z inwestycji | lata | - | 30 |
| Wartość bieżąca netto inwestycji FNVP | € | -24.603,51 | -30.919,80 |
| Wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji FIRR | % | - | -5,58% |

3.4.3. Porównanie środowiskowe wariantów 0 i 1

Przegląd efektywności środowiskowej wariantów projektu pilotażowego przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 16: Wskaźniki efektywności środowiskowej dla wariantów 0 i 1

| Nr | Opis wskaźników | Wariant 0 | Wariant 1 |
|----|-------------------------------------|-----------|-----------|
| 1 | Retencja wody deszczowej | Nie | Tak |
| 2 | Wykorzystanie ścieków | Nie | Tak |
| 3 | Oszczędzanie wody pitnej | Nie | Tak |
| 4 | Niższe zużycie energii elektrycznej | Tak | Częściowo |
| 6 | Ochrona wody i gleby | Nie | Tak |
| 7 | Edukacja ekologiczna | Nie | Tak |



3.4.4. Opis korzyści, których nie dają się wyrazić w pieniądzu

Korzyści z wykorzystania wody z recyklingu do produkcji wyrobów budowlanych, które nie dają się wyrazić w pieniądzu, są następujące:

Tabela 17: korzyści społeczne

| No. | Opis wskaźników | Wariant 0 | Wariant 1 |
|-----|--|-----------|-----------|
| 1 | Pozytywne skutki dla społeczności lokalnej | Nie | Tak |
| 2 | Wartość edukacyjna: zdobywanie nowego potencjału wiedzy poprzez realizację inwestycji pilotażowych | Nie | Tak |
| 3 | Wykorzystanie obszaru zdegradowanego do celów zagospodarowania przestrzennego. | Nie | Tak |

3.5. Porównanie i wagi dla wyboru optymalnego wariantu

W technikach analizy wielokryterialnej zwykle stosuje się analizę numeryczną do macierzy wyników w dwóch etapach:¹²

- Ocena punktowa:** oczekiwanym konsekwencjom każdej opcji przypisuje się liczbowy wynik w skali siły preferencji dla każdej opcji w odniesieniu do każdego kryterium. Warianty bardziej preferowane uzyskują wyższą punktację w skali, a warianty mniej preferowane - niższą. W praktyce często stosuje się skale od 0 do 100, gdzie 0 oznacza rzeczywistą lub hipotetyczną najmniej preferowaną opcję, a 100 wiąże się z rzeczywistą lub hipotetyczną najbardziej preferowaną opcją. Wszystkie opcje rozważane w ramach analizy wielokryterialnej mieściłyby się wtedy w przedziale od 0 do 100.
- Ważenie:** przypisuje się wagi liczbowe w celu określenia, dla każdego kryterium, względnej wartości przesunięcia między górną a dolną częścią wybranej skali.

Dla wyodrębnionych w analizie wielokryterialnej grup kryteriów: ekonomicznych, ekologicznych i społecznych inwestorzy ustalili 5-stopniową skalę wag. Ocena wyboru najkorzystniejszego wariantu wykorzystania wody z recyklingu w systemie produkcji wyrobów budowlanych ma następujące wagi:

- 1 - bardzo zła
- 2 - słaba
- 3 - zadowalająca
- 4 - dobra
- 5 - bardzo dobra

Wagi punktowe zostały ocenione przez inwestorów (MBVOD i Nigrad), zgodnie z wyznaczonymi celami związanymi z inwestycją:

- możliwość wykorzystania wody deszczowej i ścieków, czyli oszczędzanie wody pitnej przy produkcji materiałów budowlanych,
- maksymalna retencja wody deszczowej na miejscu,
- ochrona wody i gleby,

¹² Communities and local governments: Multi-criteria analysis: a manual. Department for Communities and Local Government: London, 2009, str. 6-7, 19-20



Katalog tematyczny 1

- edukacja ekologiczna, wiedza z inwestycji pilotażowej może być wykorzystana w przyszłych inwestycjach związanych z działaniami na rzecz wykorzystania wody w obiegu zamkniętym.

Tabela 18: Ocena rozwiązań alternatywnych przy użyciu zestawu czterech kryteriów (korzyści techniczne, ekonomiczne, środowiskowe i społeczne)

| Nr | Pozycje | Jednostka miary | Wariant 0 | Wariant 1 |
|----------------------------------|---|------------------------------------|-----------|-----------|
| I KRYTERIA TECHNICZNE | | | | |
| A Zbiornik | | | | |
| 1 | Objętość | litr | 1 | 5 |
| B Pompa | | | | |
| 2 | Działanie systemu (pompy) | Sterowanie ręczne/ automatyczne | 1 | 5 |
| 3 | Zapotrzebowanie na energię elektryczną | kWh | 1 | 3 |
| 4 | Wymagane miejsce | m ² | 1 | 5 |
| 5 | Przepływ wody | l/sec. | 1 | 3 |
| C Ilość potrzebnej wody | | | | |
| 6 | Woda deszczowa | m ³ /year | 1 | 5 |
| 7 | Ścieki z oczyszczalni ścieków | m ³ /year | 1 | 5 |
| 8 | Dostępne obszary zbierania wody deszczowej | m ² | 1 | 5 |
| II KRYTERIA EKONOMICZNE | | | | |
| 9 | Koszty inwestycji z VAT | € | 1 | 4 |
| 10 | Roczne przychody i oszczędności generowane przez system (w 2024 r.) | € | 1 | 3 |
| 11 | Roczne koszty operacyjne (w 2024 r.) | € | 1 | 3 |
| 12 | Koszty operacyjne | €/m ³ | 1 | 5 |
| 13 | Okres zwrotu z inwestycji | years | 1 | 3 |
| 14 | Wartość bieżąca netto inwestycji FNVP | € | 1 | 4 |
| III KRYTERIA ŚRODOWISKOWE | | | | |
| 15 | Retencja wody deszczowej | - | 1 | 5 |
| 16 | Wykorzystanie ścieków | - | 1 | 5 |
| 17 | Oszczędzanie wody pitnej | - | 1 | 5 |
| 18 | Niższe zużycie energii elektrycznej | - | 1 | 3 |
| 19 | Ochrona wody i gleby | - | 1 | 5 |
| IV KRYTERIA SPOŁECZNE | | | | |
| 20 | Pozytywne skutki dla społeczności lokalnej | - | 1 | 5 |
| 21 | Edukacja ekologiczna | - | 1 | 5 |
| 22 | Użytkowanie terenów zdegradowanych | - | 1 | 5 |
| WYNIK | | | 22 | 96 |



Wniosek:

Tabela oceny pokazuje, że optymalnym wariantem inwestycyjnym jest wariant 1, ponieważ przynosi on pozytywne korzyści techniczne, środowiskowe i społeczne, które są zgodne z celami postawionymi przez inwestorów. Jak już wcześniej wspomniano, ocena kryteriów ekonomicznych powinna być mniej istotną częścią oceny (w tej ocenie 6 kryteriów z 22 ogółem). Dotyczy to w szczególności budynków publicznych lub inwestycji publicznych, które muszą wykazać inne korzyści środowiskowe i społeczne niż tylko ekonomiczne.



4. Przykłady dobrych praktyk w zakresie opracowanych i przetestowanych narzędzi oceny w ramach inicjatyw unijnych

Urbanistyka w ostatnich latach bardzo się rozwinęła i obejmuje wiele aspektów i dziedzin (technicznych, ekologicznych, ekonomicznych i społecznych), które należy wziąć pod uwagę, aby zapewnić zrównoważone i charakteryzujące się wysoką jakością życie w mieście, a także fakt, że gospodarka wodna w miastach również się rozwinęła i wymaga wielodyscyplinarnego podejścia. Wiele dobrych praktyk zostało opracowanych i przetestowanych w ramach różnych inicjatyw UE. W tym rozdziale przedstawiono kilka z nich, w których zastosowano kompleksowe podejście do oceny gospodarki wodnej w miastach.

4.1. Narzędzie iWater - zestaw narzędzi do zintegrowanego zarządzania wodami opadowymi

Zestaw narzędzi do zintegrowanego zarządzania wodami opadowymi został opracowany i przetestowany w ramach projektu „iWater¹³” w zakresie Programu Interreg Centralny Bałtyk 2014-2020, którego celem jest usprawnienie planowania miejskiego w miastach regionu Morza Bałtyckiego. Projekt iWater ma status projektu flagowego Strategii UE dla regionu Morza Bałtyckiego w zakresie działań horyzontalnych dotyczących klimatu.

Kluczowe działania w ramach projektu:

- Usprawnienie dotychczasowego planowania miejskiego
- Opracowanie 7 strategii dotyczących wód opadowych
- Wykorzystanie nowych podejść i narzędzi w zakresie wód opadowych
- Ustalenie kryteriów oceny w ramach wzajemnej weryfikacji w zakresie zarządzania wodami opadowymi
- Rozwój potencjału i wymiana najlepszych praktyk w zakresie zarządzania wodami opadowymi
- Działania w zakresie rozpowszechniania.

Informacje na temat zestawu narzędzi

Zestaw narzędzi zawiera powszechnie stosowane podejścia i praktyczne narzędzia do zarządzania miejskimi wodami opadowymi.

Dla KOGO?

- Architekci krajobrazu
- Architekci
- Urbaniści i projektanci

Osoby zainteresowane projektowaniem/planowaniem lub zarządzaniem wodami komunalnymi lub pracujące w tym obszarze.

¹³ <http://www.integratedstormwater.eu/about>



Charakterystyka

Zestaw narzędzi obejmuje trzy dziedziny, które z kolei obejmują działania niezbędne na różnych poziomach planowania w celu stworzenia wielofunkcyjnego i odpornego systemu wodociągowego.

| PODEJŚCIE TRÓJPUNKTOWE | |
|--------------------------|--|
| ODPORNOŚĆ MIEJSKA | Obejmuje rozwiązania lub narzędzia z zakresu planowania przestrzennego koncentrujące się na łagodzeniu skutków ewentualnych opadów oraz techniczne podstawy umożliwiające dostosowanie do przyszłościowych zmian. |
| OPTIMALIZACJA TECHNICZNA | Obejmuje rozwiązania i narzędzia służące łagodzeniu skutków oddziaływania wód deszczowych, których celem jest osiągnięcie politycznie zdefiniowanego poziomu usług, z uwzględnieniem specyfiki lokalnej. |
| WARTOŚCI CODZIENNE | Rozwiązania w zakresie zarządzania wodami opadowymi mają na celu dostarczenie wielu usług ekosystemowych, a w celu zapewnienia ich wysokiej jakości wymagają włączenia w codzienne funkcjonowanie przestrzeni miejskiej. |

Prezentowane narzędzia

Zestaw zawiera 16 różnych narzędzi, które mają stanowić pomoc dla ekspertów, zainteresowanych stron i decydentów w kompleksowym zarządzaniu wodami opadowymi na obszarach miejskich. Narzędzia są podzielone na następujące grupy:

| Kategoria | *Opis |
|--------------------------------------|---|
| 1. PODEJŚCIA STRATEGICZNE | <ul style="list-style-type: none">Edukacja i zaangażowanie (praktyki, które zapewniają możliwość edukacji i zaangażowania społeczności w zakresie gospodarki wodnej)Zielona infrastruktura (sieć obiektów naturalnych i półnaturalnych, w tym lasy, parki, zielone dachy, drzewa uliczne, rzeki i tereny podmokłe)Zagospodarowanie przestrzenne o niskim wpływie na środowiskoProjektowanie urbanistyczne uwzględniające ochronę wódKontrola źródeł (techniki na małą skalę w celu odtworzenia/utrzymania warunków hydrologicznych sprzed zabudowy)Projektowanie uwzględniające ochronę wód |
| 2. NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE PLANOWANIE | <ul style="list-style-type: none">Systemy certyfikacjiPlan zarządzania na wypadek „oberwania chmury”Ocena i mapowanie ryzyka powodziowegoGreen (Area) Factor GAF (znany jako Green Space Factor i Biotope Area Factor, narzędzie służące rozwojowi zielonej infrastruktury na terenie prywatnych nieruchomości)Audyt zielonej infrastruktury (w celu sporządzenia mapy i analizy cech i elementów zielonej infrastruktury na danym obszarze)Żyjące drogi wodneProgramy i wytyczne dotyczące wód opadowych (dokumenty opisujące zasady gospodarowania wodami opadowymi w samorządzie/gminie) |



Katalog tematyczny 1

| Kategoria | *Opis |
|--|--|
| 2. NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE PLANOWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Obliczanie współczynnika spływu (różnica między ilością opadów a rzeczywistą ilością odpływającej wody deszczowej)• Ocena zlewni (analiza możliwych skutków zmian w użytkowaniu gruntów dla spływu wód opadowych) |
| 3. ROZWIĄZANIA PROJEKTOWE/ KONSTRUKCYJNE | <ul style="list-style-type: none">• Zrównoważone rozwiązania w zakresie gospodarki wodami deszczowymi• Zielone ulice• Najlepsze praktyki zarządzania zrównoważonym systemem drenażu |
| 4. NARZĘDZIA OCENY | <ul style="list-style-type: none">• Kryteria oceny iWater• Koszty i korzyści wynikające z zastosowania rozwiązań w zakresie zrównoważonego systemu drenażu (ZSD, ang. SuDS - Sustainable Urban Drainage Systems)• Analiza usług ekosystemowych dla zrównoważonych rozwiązań w zakresie wód opadowych |

*Szczegółowy opis każdego narzędzia można znaleźć na stronie <http://www.integratedstormwater.eu/iwatertoolbox>, Archiwum zbiorów narzędzi.



Ważne dane

Ważne dane uzyskane podczas korzystania z zestawu narzędzi:

W celu przeprowadzenia jakościowego planowania i oceny konieczne jest połączenie różnych narzędzi. Najistotniejszym wyzwaniem związanym z zarządzaniem wodami opadowymi jest uwzględnienie cech charakterystycznych regionów.

Narzędzia z zakresu gospodarki wodnej w mieście stają się coraz obszerniejsze i ewoluują od tzw. systemów odwadniania do systemów wielofunkcyjnych, uwzględniających aspekty SPOŁECZNE i EKOLOGICZNE.

Miasta i miejsca realizacji projektów pilotażowych

Zestaw narzędzi został przetestowany w kolejnych miastach pilotażowych projektu, które borykają się z różnymi problemami związanymi z wodami opadowymi.

| Miasto | Wyzwanie związane z wodami opadowymi | Cel |
|---|---|---|
| Gävle, Szwecja (obszar przemysłowy Kryddstigen) | Obszar objęty planowaniem znajduje się na terenie, w którym za zarządzanie wodami opadowymi odpowiada miasto, co oznacza, że do obowiązków władz miasta należy przyjmowanie czystych wód opadowych do istniejących rur kanalizacji burzowej o natężeniu przepływu równemu dziesięcioletnim opadom deszczu. Często jednak rury są niedowymiarowane. Wody opadowe, które nie mogą być odebrane przez kanalizację, muszą być zagospodarowane lokalnie poprzez opóźnienie spływu i/lub infiltrację. | Miasto Gävle chce uzyskać wskazówki co do możliwości zagospodarowania wód opadowych na obszarze planowania, stosując rozwiązania, które będą skuteczne zarówno z punktu widzenia zalewania, jak i oczyszczania. |
| Helsinki, Finlandia (pilotażowy projekt filtrowania wód deszczowych w Taivallahti) | W miarę zagęszczania się struktury miasta i zwiększania udziału powierzchni nieprzepuszczalnych, wzrasta ilość wód opadowych. Woda deszczowa jest często zanieczyszczona niepożądanymi substancjami pochodzącymi z zanieczyszczeń powietrza, różnych powierzchni, ścieków, wypadków, pęknięć rur i innych zdarzeń. Aby zapobiec zanieczyszczeniu, wody opadowe powinny zostać podczyszczone przed ich odprowadzeniem do systemu wodnego. | Wody opadowe z pobliskiej ulicy Mechelininkatu o dużym natężeniu ruchu będą kierowane do rury burzowej i odprowadzana do zatoki Taivallahti. W fazie pilotażowej część wód opadowych jest kierowana do urządzenia do filtrowania wód opadowych przed uwolnieniem ich do morza. Urządzenie oczyszcza wodę przepływającą przez urządzenia do filtracji zgrubnej i dokładnej z zanieczyszczeń pochodzących z dróg oraz z różnych resztek (mikroplastiki, zawiesiny i inne zanieczyszczenia). |
| Svete w mieście Jelgava, Łotwa | Raz na dziesięć lat na tym terenie występują poważniejsze zdarzenia powodziowe. Wiosną, kiedy topnieje śnieg, na tym terenie do rzeki spływa duża ilość wody, powodując powódzie w obszarze miejskim. W wielu miejscach system kanalizacji deszczowej nie został prawidłowo zaprojektowany, rowy zostały zbudowane bez odpływu i nie są właściwie utrzymywane, a nawet niewielki zator w rowie czy przepustach ma wpływ na spory obszar miejski. | Gmina Jelgava podejmuje się stworzenia kompleksowych rozwiązań na terenach rozwijających się oraz w istniejących osiedlach mieszkaniowych. |



Katalog tematyczny 1

| Miasto | Wyzwanie związane z wodami opadowymi | Cel |
|--|---|--|
| Ryga, Łotwa (dzielnica TORŅAKALNS) | Zgodnie z Planem Zagospodarowania Przestrzennego dla miasta Rygi, miejsce realizacji projektu pilotażowego znajduje się na terenie o statusie „Terytorium przeznaczone do odwodnienia” (terytorium, które powinno zostać osuszone przed budową). W miejscu realizacji projektu pilotażowego woda jest odprowadzana przez system otwartych rowów. Przewidziano bezpośredni spływ z działek do rowów otwartych, jednak spływ z pustych działek jest niewielki, a tym samym odwadnianie jest niewystarczające - głównie z powodu złego stanu rowów otwartych, które są zamulone lub zniszczone | Plany zagospodarowania miejsca realizacji projektu pilotażowego dotyczą rewitalizacji stref zieleni i poprawy ich funkcjonalności poprzez dodanie funkcji zrównoważonej retencji i odprowadzania wód deszczowych, opartych na rozwiązaniach zielonej infrastruktury. |
| Söderhamn-sporten, Söderhamn, Szwecja | W sierpniu 2013 r. ulewne deszcze doprowadziły do wystąpienia poważnej powodzi na tym obszarze, skutkującej problemami w obsłudze ważnych funkcji komunikacyjnych w tym rejonie. | To solve flooding problems and to realize other plans connected with the development of the area. |
| Tartu, Estonia Site A: Jaamamõisa area Site B: Annelinn, Väike Anne channel area | Miejsce A: W Tartu zastosowano narzędzie Green (Area) Factor GAF do planowania. Miejsce B: część największych osiedli mieszkaniowych zbudowanych głównie w latach 70. Trwają badania nad możliwością wykorzystania rowów do podczyszczania wód opadowych przed ich odprowadzeniem do rzeki Emajõgi. Ponadto trwa analiza potencjalnych potrzeb i korzyści wynikających z zastosowania zintegrowanego systemu zarządzania wodami opadowymi na istniejących obszarach mieszkalnych. | Miejsce A: Głównym celem było opracowanie i przetestowanie pomysłów na wykorzystanie wód opadowych jako zasobu w planowaniu miejskim. Miejsce B: Ustalenie, czy wody opadowe z tego obszaru zlewni można zagospodarować z pominięciem kanału Väike Anne. |
| Plan miasta Kirstinpuisto (Kirstinpuiston asemakaava) Turku, Finlandia | Ścieki burzowe odprowadzane są do morza rurociągiem kanalizacji burzowej, która jest już na granicy swojej maksymalnej przepustowości. Sytuację pogarsza regionalna oczyszczalnia ścieków, która odprowadza swoje ścieki do tego samego rurociągu. | Należy zmniejszyć szczytowe obciążenie rurociągu kanalizacji burzowej. Dlatego celem jest zatrzymanie jak największej ilości wód opadowych na obszarach objętych nowym planem miasta, takich jak Kirstinpuisto. |

Więcej szczegółowych informacji o projekcie i zestawie narzędzi, referencje:

O projekcie iWater <http://www.integratedstormwater.eu/about>

Informacje o zestawie narzędzi <http://www.integratedstormwater.eu/iwatertoolbox>

Informacje o miejscach realizacji projektów pilotażowych <http://www.integratedstormwater.eu/pilot-sites>



4.2. NARZĘDZIE AQUAENVEC - ocena środowiskowa i ekonomiczna

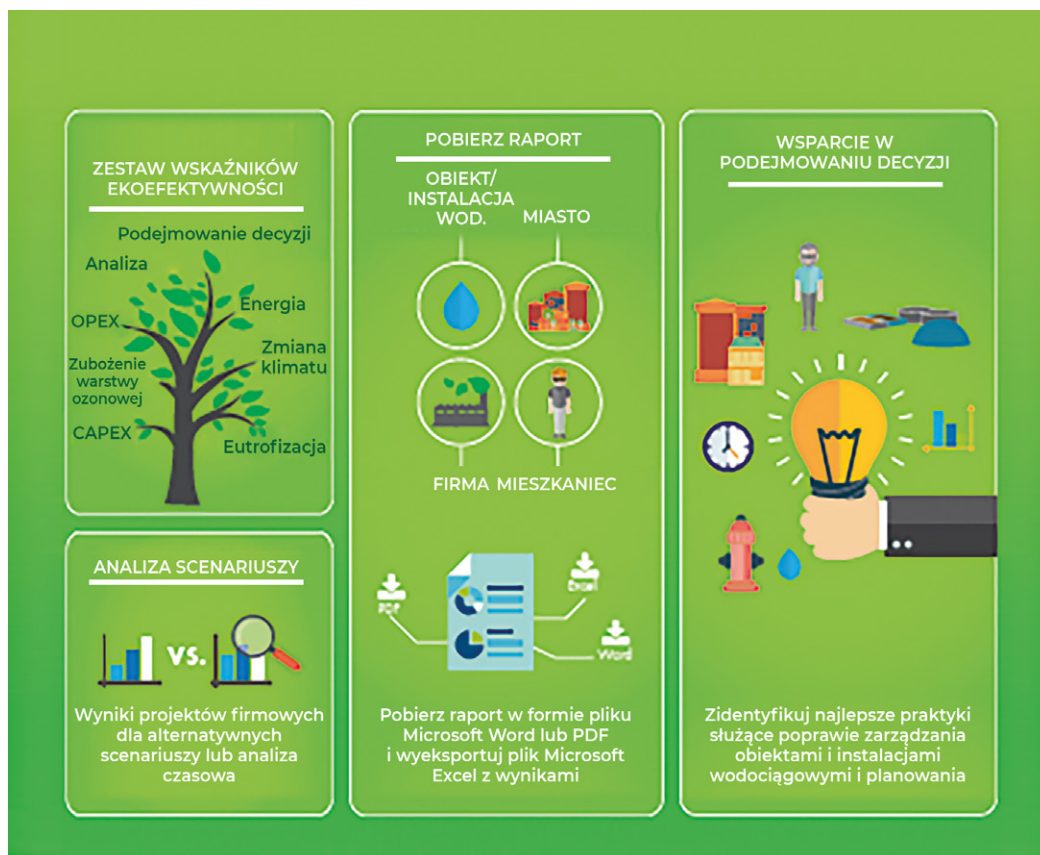
Narzędzie „Aquaenvec” zostało opracowane i sprawdzone w ramach projektu LIFE „Aquaenvec - Assessment and improvement of the urban water cycle eco-efficiency using LCA and LCC” [Aquaenvec - ocena i poprawa efektywności obiegu wody w mieście z wykorzystaniem LCA i LCC]. Głównym założeniem projektu było zintegrowanie oceny środowiskowej i ekonomicznej w kompleksowym badaniu efektywności obiegu wody w mieście.

Zamierzeniem projektu było dostarczenie narzędzi do podejmowania decyzji w celu optymalizacji efektywności poprzez analizę środowiskową i ekonomiczną na cele zrównoważonej gospodarki wodnej o obiegu zamkniętym w mieście. Przedstawiono następujące analizy:

- Analiza cyklu życia (LCA) i potencjału zmniejszenia oddziaływania obiegu wody w mieście
- Rachunek kosztów cyklu życia (ang. Life Cycle Costing - LCC) i ocena oszczędności kosztów w obiegu wody w mieście
- Wskaźniki środowiskowe, ekonomiczne i efektywności wspierające podejmowanie decyzji i promujące zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych i ponowne wykorzystanie produktów końcowych
- Opracowanie przyjaznych dla użytkownika narzędzi wspierających decydentów oraz menedżerów publicznych i prywatnych.

O NARZĘDZIU

Narzędzie „Aquaenvec” to przyjazne dla użytkownika narzędzie internetowe służące oceny i poprawy efektywności działań związanych z wodą na obszarach miejskich.¹⁴



¹⁴ <http://www.life-aquaenvec.eu/the-aquaenvec-tool/>



Dla kogo?

- Dla publicznych i prywatnych zarządców wód.

Charakterystyka

- Innowacyjne podejście do efektywności obejmujące
- Cały obieg wody w mieście
- Zmniejszenie wpływu na środowisko (LCA)
- Minimalizację kosztów (LCC)

Zastosowanie narzędzia

- Narzędzie jest dostępne on-line, nie wymaga instalacji
- Narzędzie zostało opracowane w języku angielskim i hiszpańskim
- Obejmuje ono zestaw wskaźników środowiskowych, ekonomicznych i efektywności
- Identyfikuje najlepsze praktyki w celu poprawy wyników
- Użytkownik ma możliwość pobrania raportu w formacie Word lub PDF albo wyeksportowania wyników do pliku Excel
- Można porównywać wyniki różnych projektów (analiza scenariuszy).

Cechy i działanie narzędzia

| | |
|-------------------------------------|---|
| Rejestracja | Nazwa użytkownika, hasło, dane kontaktowe, organizacja, dziedzina specjalizacji oraz akceptacja prawnych warunków użytkowania. |
| Utworzenie nowego projektu do oceny | <p>Nowy projekt można utworzyć na różne sposoby. Użytkownik może wybrać pomiędzy projektem obiegu wody w mieście (obejmującym wszystkie etapy cyklu) a pojedynczym obiektem/instalacją wodociągową. W przypadku wyboru pojedynczego obiektu/instalacji wodociągowej użytkownik musi również wskazać, które etapy obiegu wody będą brane pod uwagę: Stacja uzdatniania wody pitnej, sieć wodociągowa, sieć kanalizacyjna i oczyszczalnia ścieków.</p> <div data-bbox="600 1361 1426 1953"><p>Wybierz zakres projektu</p><div data-bbox="608 1424 999 1872"><p>Obieg wody w mieście</p><p>Wybierz</p></div><div data-bbox="1031 1424 1426 1872"><p>Pojedynczy obiekt / instalacja wodociągowa</p><ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Stacja uzdatniania wody pitnej<input type="checkbox"/> Sieć wodociągowa<input type="checkbox"/> Oczyszczalnia ścieków<input type="checkbox"/> Sieć kanalizacyjna<p>Wybierz</p></div></div> |



OPCJA 1: UŻYCIE NARZĘDZIA W PRZYPADKU SYSTEMU OBIEGU WODY W MIEŚCIE
(z uwzględnieniem wszystkich etapów)

Dane o mieście, które ma być badane

1. ETAP

STACJA UZDATNIANIA WODY PITNEJ

KROK 1: Włączenie danych ogólnych

Chemiczne oczyszczanie: dozowanie środków chemicznych Membranowe oczyszczanie: membranowe oczyszczanie Rozszerzona dezynfekcja: rozszerzona dezynfekcja
Oczyszczanie osadów: zagęszczanie, odwadnianie (filtracja, wirowanie), suszenie (suszenie termiczne, automatyzacja, suszarnia słoneczna)
Osady do ostatecznego usunięcia (osady do wywiezienia na składowisko, osady wykorzystywane do odzysku energii i osady przeznaczone do recyklingu)

KROK 2: Walidacja

Po uwzględnieniu danych ogólnych na etapie walidacji, narzędzie dostarczy zestaw zaleceń dotyczących procesów i metod oczyszczania w formie przewodnika użytkownika

KROK 3:

Włączenie aktualnych danych dotyczących eksploatacji i konserwacji. W sekcji Oczyszczanie zostanie wyświetlony zaprojektowany schemat oraz będzie można zmodyfikować cechy każdego elementu. Ten krok umożliwia również uwzględnienie większej ilości danych dotyczących utylizacji odpadów, jakości wody, jakości wody pitnej, wykorzystania energii odnawialnej.

2. ETAP

SIEĆ WODOCIĄGOWA

KROK 1: Włączenie danych ogólnych

Charakterystyka sieci i przyłączy (żywność sieci, liczba ludności w szczytowym okresie, przyłącza wody itp.)

KROK 2: Włączenie informacji o sieci wodociągowej

Sekcja budowy: użytkownik dodaje opis rur i innych materiałów sieci. Informacje zbiorcze: przedstawiony jest wykres materiałów rurowych, zawierający informacje o rodzaju materiału, rozmiarze, długości.

KROK 3: Włączenie danych o obsłudze i konserwacji

Uwzględniono cztery podrozdziały: materiały eksploatacyjne (energia elektryczna i dezynfekcja podchlorynem sodu), wymiana sieci, ponowne umieszczenie wyposażenia oraz inne kwestie związane z konserwacją (wycieki, koszty personelu, laboratorium, sprzęt itp.).



Katalog tematyczny 1

| 3. ETAP | |
|--|--|
| SIEĆ KANALIZACYJNA | |
| KROK 1: Włączenie danych ogólnych | Dane dotyczące sieci i typu sieci kanalizacyjnej: obsługiwana populacja, pobór wody, klimat itp. Ponownie przedstawiono pewne założenia dotyczące elementów sieci. |
| KROK 2: Włączenie danych dotyczących eksploatacji i konserwacji | Zużycie energii: dane dotyczące energii elektrycznej. Wymiana sieci: dodać rury do corocznej wymiany, jak opisano wcześniej w rozdziale Budowa. Wymiana wyposażenia: należy dodać środki na coroczną wymianę wyposażenia, jak wyjaśniono wcześniej w rozdziale Budowa. Czyszczenie i inspekcja kanalizacji: zużycie energii elektrycznej, benzyny, oleju napędowego, koszty czyszczenia, gospodarka odpadami itp. Inne kwestie związane z eksploatacją i utrzymaniem: koszty personelu, utrzymanie, laboratorium i analizy. |
| 4. ETAP | |
| OCZYSZCZALNIA ŚCIEKÓW | |
| KROK 1: Włączenie danych ogólnych | Nazwa obiektu, dane dotyczące przepływu, liczba obsługiwanych gmin i równoważna liczba mieszkańców |
| KROK 2: Sekcja projektowa | Sekcja projektowa jest bardzo podobna do tej z etapu stacji uzdatniania wody pitnej, ale różni się sposobami oczyszczania. Szczegółowe informacje na temat oczyszczania wody. Oczyszczanie osadów. |
| KROK 3: Włączenie danych o obsłudze i konserwacji | Włączenie danych dotyczących eksploatacji i konserwacji. W sekcji Oczyszczanie wyświetlany jest zaprojektowany schemat i wprowadzane są dodatkowe informacje na temat utylizacji odpadów o takich samych parametrach jak na etapie stacji uzdatniania wody pitnej. Jeśli chodzi o jakość wody (na wejściu lub wyjściu), można wprowadzić dane dotyczące dyrektywy dotyczącej oczyszczania ścieków komunalnych (91/271/EWG), metali, farmaceutyków i produktów do pielęgnacji ciała i substancji priorytetowych. W sekcji Inne zagadnienia dotyczące eksploatacji i konserwacji można wprowadzić dane na temat zużycia oleju napędowego i gazu ziemnego. |
| 5. ETAP | |
| PRZEGLĄDANIE RAPORTU Z WYNIKÓW PROJEKTU | |
| WYNIKI | Po prawidłowym zakończeniu wszystkich aktywnych etapów projektu można kliknąć przycisk Wyniki, aby uzyskać dostęp do zestawu raportów i wyświetlić je. Wyniki środowiskowe: należy przedstawić dane dotyczące potencjału globalnego ocieplenia, potencjału eutrofizacji, potencjału niszczenia warstwy ozonowej oraz skumulowanego zapotrzebowania na energię. Wyniki ekonomiczne: dane o kosztach w cyklu życia, kosztach objętościowych, rocznych kosztach eksploatacji i utrzymania, rocznych kosztach na mieszkańca oraz inne informacje w zależności od wybranego etapu i sekcji. Wynik efektywności obejmuje przekrojowy obraz danych środowiskowych i ekonomicznych. |
| OPCJA 2: WYKORZYSTANIE NARZĘDZIA W PRZYPADKU POJEDYNCZEGO OBIEKTU WODNEGO | |
| | Wybierając pojedynczy obiekt/instalację wodociągową, użytkownik musi wskazać, które etapy obiegu wody będą brane pod uwagę: Stacja uzdatniania wody pitnej, sieć wodociągowa, sieć kanalizacyjna i oczyszczalnia ścieków. |



Katalog tematyczny 2
Innowacyjne rozwiązania inżynieryjne i oparte
na przyrodzie w zakresie wykorzystania wody
w obiegu zamkniętym



Spis treści I Część 1

Zarządzanie wodami opadowymi

| | |
|---|-----------|
| 1. WPROWADZENIE | 47 |
| 1.1. INFORMACJE NA TEMAT CWC-KATALOG 2 | 48 |
| 1.2. GOSPODARKA WODNA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM | 49 |
| 1.3. ROZWIĄZANIA OPARTE NA PRZYRODZIE | 50 |
| 1.4. ZRÓNOWAŻONY SYSTEM DRENAŻU (ZSD) | 50 |
| 1.5. POLITYKA I PRAWODAWSTWO EUROPEJSKIE | 51 |
| 2. NARZĘDZIA DO ZRÓNOWAŻONEGO ZARZĄDZANIA WODAMI OPADOWYMI | 52 |
| 2.1. ZBIERANIE WODY DESZCZOWEJ DO PONOWNEGO WYKORZYSTANIA DO CELÓW NIESPOŻYWCZYCH | 54 |
| 2.1.1. Elementy systemu zbierania wody deszczowej | 54 |
| 2.1.2. Wymiarowanie systemu zbierania wód opadowych | 59 |
| 2.1.3. Obsługa i konserwacja | 60 |
| 2.1.4. Sposoby wykorzystania i zastosowania zebranej wody deszczowej | 61 |
| 2.1.5. Korzyści | 61 |
| 2.1.6. Właściwości użytkowe | 62 |
| 2.1.7. Koszty | 62 |
| 2.1.8. Aspekty higieniczne | 62 |
| 2.1.9. Oczyszczanie wody deszczowej do celów pitnych w budynkach | 62 |
| 2.1.10. Normy | 63 |
| 2.1.11. Zbieranie wody deszczowej na cele chłodzenia adiabatycznego w budynkach | 63 |
| 2.2. RETENCJA I EWAPOTRANSPIRACJA WODY DESZCZOWEJ | 64 |
| 2.2.1. Zielone dachy | 64 |
| 2.2.2. Zielone ściany/fasady | 66 |
| 2.2.3. Ogrody deszczowe (systemy bioretencji) | 68 |
| 2.2.4. Stawy retencyjne | 69 |



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1

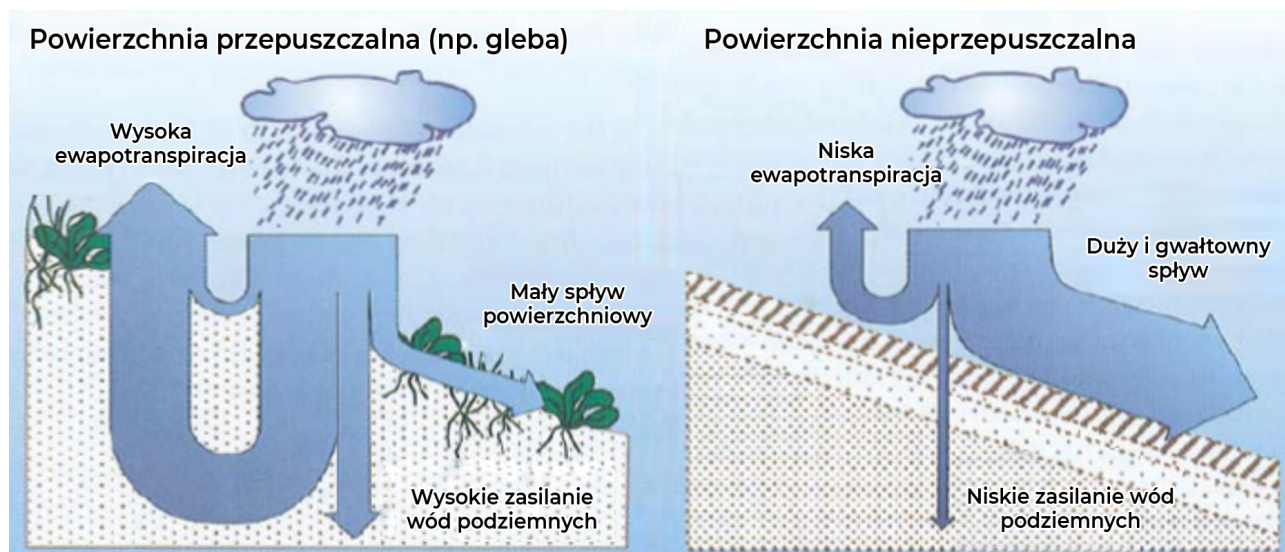
| | |
|--|------------|
| 2.2.5. Oczyszczalnie hydrofitowe ze swobodnym przepływem powierzchniowym | 71 |
| 2.2.6. Oczyszczalnia hydrofitowa z przepływem podpowierzchniowym | 73 |
| 2.2.7. Poldery przeciwpowodziowe | 74 |
| 2.3. INFILTRACJA | 75 |
| 2.3.1. Przepuszczalna / porowata nawierzchnia | 77 |
| 2.3.2. Pasy buforowe | 80 |
| 2.3.3. Muldy chłonne (muldy chłonne z nasadzeniami) | 82 |
| 2.3.4. Niecki infiltracyjne | 84 |
| 2.3.5. Rowy infiltracyjne | 85 |
| 2.3.6. Infiltracja przez system mieszany mulda chłonna+rów infiltracyjny | 87 |
| 3. ZESTAWIENIE RÓŻNYCH METOD GOSPODAROWANIA WODAMI OPADOWYMI | 89 |
| 4. NAJLEPSZE PRAKTYKI | 91 |
| 4.1. ZBIERANIE WODY DESZCZOWEJ, DZIELNICA MIESZKANIOWA BELSS-LÜDECKE, BERLIN | 91 |
| 4.2. POTSDAMER PLATZ, BERLIN | 93 |
| 4.3. STADION OLIMPIJSKI, BERLIN | 95 |
| 4.4. MIĘDZYNARODOWY PORT LOTNICZY BERLIN-BRANDENBURG (BBI) | 96 |
| 4.5. HAMBURG WATER CYCLE® (HWC) | 97 |
| 4.6. STOWARZYSZENIE EMSCHERGENOSSENSCHAFT | 98 |
| 4.7. KURAS - KONCEPCJE ZAGOSPODAROWANIA MIEJSKUCH WÓD OPADOWYCH, SYSTEMÓW ODWADNIAJĄCYCH I KANALIZACYJNYCH | 99 |
| 4.8. PARK WODNY GORLA MAGGIORE (OCZYSZCZANIE WÓD PRZELEWYWCYCH Z KANALIZACJI OGÓLNOSPŁAWNEJ) | 100 |
| 4.9. OCZYSZCZALNIA HYDROFITOWA Z PRZEPLÝWEM PIONOWYM, BERLIN-ADLERSHOF | 103 |
| 5. BIBLIOGRAFIA DODATKOWA | 104 |



1. Wprowadzenie

Do roku 2030 różnica między podażą wody a światowym zapotrzebowaniem na nią może sięgnąć 40%. Obecnie 80% ścieków trafia z powrotem do środowiska w postaci nieoczyszczonej¹, dlatego nadszedł najwyższy czas, aby podjąć działania zapobiegające utracie tych cennych zasobów poprzez zbadanie szczegółowych rozwiązań w zakresie gospodarki wodnej i opracowanie systemu obiegu zamkniętego pozwalającego na ich optymalne wykorzystanie.

Konwencjonalny, scentralizowany model miejskiej gospodarki wodnej stoi w obliczu wielu wyzwań, głównie ze względu na problemy związane ze starzejącą się, przewymiarowaną i kosztowną infrastrukturą, słabymi strukturami zarządzania oraz ograniczonymi możliwościami inwestowania w nowe projekty infrastrukturalne. Następuje również gwałtowna zmiana warunków dostępności wody spowodowana zmianą klimatu. Ta konwencjonalna miejska gospodarka wodna pociąga za sobą znaczne szkody społeczne i ekologiczne oraz duże nakłady inwestycyjne. Urbanizacja zmienia naturalny krajobraz i wpływa na naturalny obieg wody, zwykle utrzymywany w równowadze dzięki szeregowi procesów hydrologicznych, takich jak parowanie, opady, infiltracja i transpiracja przez rośliny. Zwiększone uszczelnienie powierzchni przepuszczalnych w wyniku prac budowlanych powoduje zmniejszenie przepuszczalności gleby oraz ilości wody infiltrującej do gruntu, co wpływa na cały bilans wodny. Wzrost liczby powierzchni nieprzepuszczalnych powoduje wzrost objętości spływu wód opadowych, co skutkuje częstszym występowaniem powodzi miejskich i zanieczyszczeniem wód powierzchniowych (Rys. 1).



Rysunek 1: Zmiana objętości spływu wody w wyniku urbanizacji².

Niedobór wody na obszarach miejskich, nasilający się również w wyniku zmiany klimatu, wywiera negatywny wpływ na ekosystem miejski, prowadząc m.in. do obniżenia poziomu wód gruntowych, występowania efektu miejskiej wyspy ciepła, zwiększonego zapotrzebowania na wodę dostarczaną na duże odległości oraz okresów szczytowego zużycia, zwłaszcza w miesiącach letnich.

¹ Connor, R., Renata, A., Ortigara, C., Koncagiül, E., Uhlenbrook, S., Lamizana-Diallo, B.M., Zadeh, S.M., Qadir, M., Kjellén, M., Sjödin, J. i Hendry, S. (2017) The United Nations world water development report 2017. Wastewater: The untapped resource. The United Nations World Water Development Report

² Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung (2006) Freie und Hansestadt Hamburg. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt. <https://www.risa-hamburg.de/fileadmin/risa/Downloads/Dezentrale%20naturnahe%20Regenwasserbewirtschaftung.pdf>



Zamiast korzystać z dalej położonych zasobów wodnych, należy znaleźć sposoby jak najlepszego ich rozdysponowania w celu zaspokojenia ludzkich potrzeb. Część (jeśli nie całość) zapotrzebowania na wodę może być zaspokojona przez lokalne źródła wody, takie jak wody opadowe, ścieki i szara woda. Te źródła były zazwyczaj traktowane na terenach miejskich jako „ścieki” i ostatecznie odprowadzane do kanalizacji publicznej.

Wykorzystanie lokalnych zasobów wodnych jest także związane z toczącą się debatą na temat zrównoważonego rozwoju miast, w której podkreśla się wagę lokalnych rozwiązań oraz kluczową rolę władz lokalnych i mieszkańców w działaniach na rzecz zrównoważonego rozwoju. Zasada ta została wprowadzona w życie w Europie i innych krajach w oparciu o lokalną Agendę 21 i Cele Zrównoważonego Rozwoju (SDG, 2015)³.

Innym ważnym problemem konwencjonalnej gospodarki wodnej na obszarach miejskich jest szybkie odprowadzanie wód opadowych przez system kanalizacji ogólnospławnej, co powoduje zwiększenie obciążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków i pogorszenie jakości wód powierzchniowych. W związku z tym oraz z wymaganiami Ramowej Dyrektywy Wodnej UE (RDW, 2000)⁴ dotyczącymi osiągnięcia dobrego stanu wód, należy dążyć do oddzielnego odprowadzania wód opadowych i ścieków.

1.1. Informacje na temat 2. Katalogu tematycznego

Kraje Europy Środkowej różnią się znacznie pod względem dostępności i zarządzania zasobami wody, a w niektórych ich regionach i miastach mamy do czynienia także z dużymi stratami wody w scentralizowanych sieciach wodociągowych, sięgającymi nawet 50%. W związku z powyższym, a także w obliczu utrzymujących się negatywnych skutków spowodowanych zmianą klimatu i rozwojem miast, należy pilnie opracować nowe i innowacyjne systemy gospodarki wodnej. Kraje te powinny włączyć plany zbierania wody deszczowej i jej ponownego wykorzystania do swoich ogólnych programów w zakresie gospodarki wodnej, zabezpieczając w ten sposób dostawę wody i jednocześnie zapewniając ochronę jej cennych zasobów i ekosystemów.

Niniejszy katalog tematyczny dotyczący innowacyjnych rozwiązań inżynierskich i opartych na przyrodzie dostarcza władzom, planistom, deweloperom, inżynierom, właścicielom nieruchomości i innym interesariuszom informacji na temat najnowocześniejszych technologii zrównoważonego zarządzania wodą deszczową i ponownego wykorzystania wody szarej w środowisku miejskim. Stanowi ono narzędzie i zawiera wskazówki dotyczące wyboru odpowiedniego systemu gospodarowania wodą deszczową/technologią ponownego wykorzystania wody szarej dla danej lokalizacji.

Katalog ma na celu wspieranie decydentów w przechodzeniu na bardziej zdecentralizowane podejście do zarządzania zasobami wodnymi oraz zbliżenie się do osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju i większej samowystarczalności wodnej.

Katalog jest podzielony na dwie główne części dotyczące: 1) zrównoważonych narzędzi do gospodarowania wodą deszczową oraz 2) narzędzi do recyklingu i ponownego wykorzystania wody szarej.

W niniejszym katalogu pojęcia wody opadowe, woda deszczowa i deszczówka są używane zamiennie.

³ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

⁴ WDF - „Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej”



1.2. Gospodarka wodna o obiegu zamkniętym

Nowy zamknięty obieg wody ma stanowić alternatywę lub uzupełnienie konwencjonalnego modelu linearnego, oferując zdecentralizowane rozwiązania gospodarowania zasobami wodnymi, które można wdrażać na różnych poziomach przestrzennych. Celem cyrkularnej gospodarki wodnej jest zatem wykorzystanie różnych źródeł wody zgodnie z koncepcją gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) i według następującej hierarchii ważności:

- Unikaj (jeśli to możliwe)
- Ograniczaj
- Poddawaj recyklingowi
- Wykorzystuj ponownie
- Utylizuj (jeśli to konieczne).

Istniejąca w większości krajów uprzemysłowionych infrastruktura wodno-ściekowa nie pozwala na wprowadzenie gospodarki wodnej o obiegu zamkniętym i wymaga optymalizacji tak, aby zmniejszyć straty wody, przy jednoczesnym projektowaniu nowo budowanej infrastruktury wodociągowej w taki sposób, aby pozwalała wdrożyć zamknięty obieg wody. Woda deszczowa i ścieki stanowią cenne zasoby wody, energii i substancji odżywczych, które można zbierać, oczyszczać, poddawać recyklingowi i ponownie wykorzystywać w celu wdrożenia gospodarki wodnej o obiegu zamkniętym w Europie Środkowej i innych rejonach świata.



Rysunek 2: Droga zasobów wodnych w gospodarce wodnej o obiegu zamkniętym (na podstawie Hoffmann i in. 2015)⁵.

⁵ Hoffmann, B., Laustsen, A., Jensen, I. H., Jeppesen, J., Briggs, L., Bonnerup, A., Hansen, L., Sommer Lindsay, R., Rasmussen, J., Andersen, U. R., Rungø, M., Uggerby, M., Bay, H., Quist Rasmussen, S., Vester, M., Riise, J. C., Krag Strømberg, C., Dreiseitl, H., Astrup, R., ... Milert, T. (2015) Sustainable Urban Drainage Systems: Using rainwater as a resource to create resilient and liveable cities. State of Green <https://stateofgreen.com/en/news/new-white-paper-on-climate-adaptation-launched-at-aquatech>



1.3. Rozwiązania oparte na przyrodzie

UE⁶ definiuje rozwiązania oparte na przyrodzie (ang. Nature-Based Solutions - NBS) jako „rozwiązania inspirowane i wspomagane przez naturę, które są nakładooszczędne i jednocześnie zapewniają korzyści środowiskowe, społeczne i ekonomiczne oraz pomagają budować odporność. Takie rozwiązania pozwalają wprowadzić do miast, krajobrazu i mórz bardziej zróżnicowaną przyrodę oraz naturalne cechy i procesy poprzez dostosowane do warunków lokalnych, zasobooszczędne i systemowe działania”.

Podejścia do rozwiązań opartych na przyrodzie ogólnie dzieli się na 5 kategorii⁷:

- Podejścia polegające na odbudowie ekosystemów (np. odbudowa ekologiczna, inżynieria ekologiczna i odbudowa krajobrazu leśnego)
- Podejścia związane z ekosystemami (np. adaptacja oparta na ekosystemie, łagodzenie skutków oparte na ekosystemie i ograniczanie ryzyka związanego z klęskami żywiołowymi oparte na ekosystemie)
- Podejścia związane z infrastrukturą (np. infrastruktura naturalna i zielona infrastruktura)
- Podejścia do zarządzania oparte na ekosystemach (np. zintegrowane zarządzanie strefą przybrzeżną i zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi)
- Podejścia do ochrony (np. podejścia do ochrony przyrody ukierunkowane na dany obszar, włączając w to zarządzanie obszarami chronionymi).

Przykłady NBS obejmują m.in. zielone dachy i fasady, ogrody deszczowe, oczka wodne i tereny podmokłe.

1.4. Zrównoważony system drenażu (ZSD)

Zrównoważone systemy drenażu (SuDS - Sustainable Urban Drainage Systems, Wielka Brytania), znane również jako Najlepsze praktyki zarządzania wodami opadowymi (BMP - Stormwater Best Management Practices, Ameryka Północna), Projektowanie urbanistyczne uwzględniające ochronę wód (WSUD - Water Sensitive Urban Design, Australia) lub Zdecentralizowana gospodarka wodami opadowymi (Niemcy), są systemami miejskiej gospodarki wodami opadowymi, odtwarzającymi naturalne procesy i zmniejszającymi przepływ wód opadowych w zlewniach miejskich⁸. Działania te mają na celu przede wszystkim przechwytywanie spływu wód oraz ochronę zasobów wodnych i środowiska poprzez zachęcanie do zbierania wody deszczowej u źródła, czasowe magazynowanie wody (retencja), infiltrację i ewapotranspirację, zazwyczaj w połączeniu z lub za pomocą szeregu komponentów tworzących „ciąg zarządzania”, w zależności od warunków terenowych i wymagań lokalnych.

Wody opadowe są zwykle odprowadzane z obszarów miejskich do jednolitej części wód tak szybko, jak to możliwe. W zrównoważonej gospodarce wodami opadowymi, ten rodzaj wód postrzegany jest jako cenny zasób. Dlatego koncepcja ZSD ma na celu⁹:

- wykorzystywanie wody deszczowej jako zasobu (np. jako alternatywy dla wody pitnej stosowanej do spłukiwania toalet, podlewania, prania, w przemyśle itp.)

⁶ <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>

⁷ <https://portals.iucn.org/library/node/46191>

⁸ Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.L. i Mikkelsen, P.S., 2015. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more. The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), s. 525-542

⁹ The SuDS Manual. Department for Environment Food and Rural Affairs (Departament Środowiska, Żywności i Spraw Wiejskich). CIRIA 2015



- zatrzymywanie wody deszczowej na miejscu i zagospodarowanie jej na powierzchni ziemi, w miarę możliwości w pobliżu miejsca występowania opadów
- uzupełnienie poziomu wód gruntowych poprzez wspieranie infiltracji wody deszczowej
- zwiększanie ewapotranspiracji i poprawa mikroklimatu
- spowalnianie i magazynowanie spływu imitujące naturalne tempo i objętości spływów
- filtrowanie i oczyszczanie spływów dzięki naturalnej filtracji gleby
- w razie potrzeby zrzut dławiony do jednolitej części wód lub odprowadzenie do kanalizacji.

Systemy ZSD pozwalają na optymalne, zdecentralizowane zarządzanie spływem wód powierzchniowych poprzez odtworzenie naturalnego cyklu hydrologicznego, z uwzględnieniem następujących czterech podstawowych aspektów:

- Ilość wody: zmniejszenie tempa i ilości odprowadzanej wody deszczowej poprzez zbieranie, infiltrację, retencję i transport wody deszczowej
- Jakość wody: poprawa jakości zrzutów wód deszczowych i jednolitej części wód, do których odprowadzane są ścieki. Osiąga się to poprzez sedymentację, filtrację, adsorpcję, biodegradację, absorpcję przez rośliny itp.
- Udogodnienia: poprawa warunków życia
- Różnorodność biologiczna: zwiększenie różnorodności biologicznej dzikich zwierząt i roślin.

1.5. Polityka i prawodawstwo europejskie

Niektóre z polityk i przepisów na poziomie europejskim określają warunki brzegowe dla zarządzania miejskimi wodami opadowymi. Należą do nich:

- Ramowa dyrektywa wodna 2000/60/WE
- Dyrektywa 2006/118/WE w sprawie wód podziemnych
- Dyrektywa powodziowa 2007/60/WE
- Dyrektywa ramowa w sprawie strategii morskiej 2008/56/WE
- Dyrektywa w sprawie ścieków komunalnych (91/271/WE)
- Dyrektywa w sprawie środowiskowych norm jakości (2008/105/WE)
- Dyrektywa dotycząca zarządzania jakością wody w kąpieliskach (2006/7/WE).

Ramowa dyrektywa wodna 2000/60/WE stanowi podstawę europejskiego prawa wodnego. Jej główne cele to utrzymanie i poprawa stanu środowiska wodnego, ograniczenie zrzutu substancji niebezpiecznych do wód oraz zapobieganie pogarszaniu się stanu wód.

Unijna dyrektywa powodziowa 2007/60/WE w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim zobowiązuje państwa członkowskie UE do dokonania oceny, czy ich cieki wodne i wybrzeża są zagrożone, a następnie do podjęcia odpowiednich i skoordynowanych działań mających na celu usprawnienie zarządzania ryzykiem powodziowym. Dyrektywa UE w sprawie wód gruntowych zabrania podejmowania jakichkolwiek działań, które mogą pogorszyć jakość wód gruntowych, co może mieć wpływ na stosowanie praktyk zarządzania wodami opadowymi opartych na infiltracji.

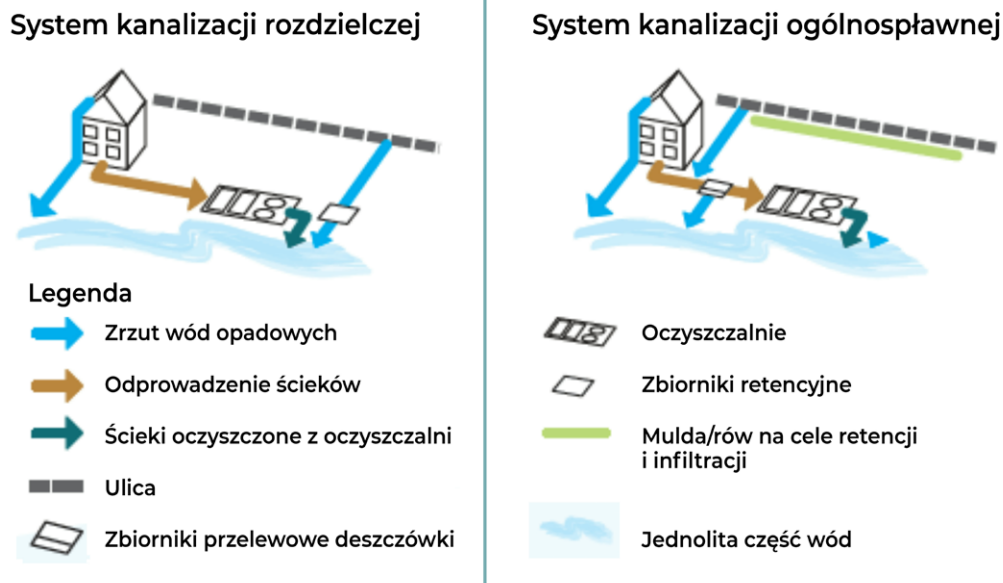


2. Narzędzia do zrównoważonego zarządzania wodami opadowymi

Istnieje szeroki wachlarz technologii i środków mających na celu zmniejszenie i zniwelowanie wpływu zdarzeń związanych z wodami opadowymi i powodzią na środowisko i infrastrukturę. Woda deszczowa może być infiltrowana lub zbierana i magazynowana na potrzeby podlewania, sadzenia roślinności lub chłodzenia adiabatycznego. Retencja wody deszczowej na obszarach miejskich (stawy, tereny podmokłe) jest dobrym sposobem na ograniczenie zrzutów szczytowych i zwiększenie ewapotranspiracji. Potencjał zrównoważonych systemów gospodarowania wodą deszczową w zakresie dostosowywania się do różnych warunków i wymagań jest nieograniczony. Ponadto należy zawsze brać pod uwagę zrównoważony stosunek powierzchni nieprzepuszczalnych do przepuszczalnych na obszarach miejskich.

Systemy kanalizacji ogólnospławnej i rozdzielczej

W systemie kanalizacji ogólnospławnej woda deszczowa i ścieki są odprowadzane do wspólnego kolektora, który zazwyczaj odprowadza ścieki do oczyszczalni ścieków. Ponieważ ilość wody deszczowej jest często wyższa niż ilość wytwarzanych ścieków, oczyszczanie całego strumienia ścieków w oczyszczalni jest technicznie i ekonomicznie niewykonalne. Dlatego do zmniejszenia obciążenia hydraulicznego wpływającego do oczyszczalni ścieków stosuje się zwykle zbiorniki retencyjne wód opadowych. Wstrzymany strumień jest ostatecznie uwalniany, zwykle po spiętrzeniu, do jednolitej części wód powierzchniowych (Rys. 3).



Rysunek 3: Schemat technologiczny systemów kanalizacji rozdzielczej i ogólnospławnej¹⁰.

W systemie kanalizacji rozdzielczej ścieki i wody opadowe są zbierane w dwóch oddzielnych kanałach, skąd ścieki są odprowadzane do oczyszczalni ścieków, a wody opadowe do najbliższej jednolitej części wód (strumienia, rzeki). Odprowadzanie wody deszczowej do jednolitej części wód zwykle wymaga uzyskania pozwolenia.

¹⁰ Geiger, W., Dreiseitl, H., Stemplewski, J. (2009) Neue Wege für das Regenwasser. Handbuch zum Rückhalt und z Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. Emschergenossenschaft, Essen (Hrsg.). 3. Auflage, Oldenbourg Industrieverlag GmbH, München

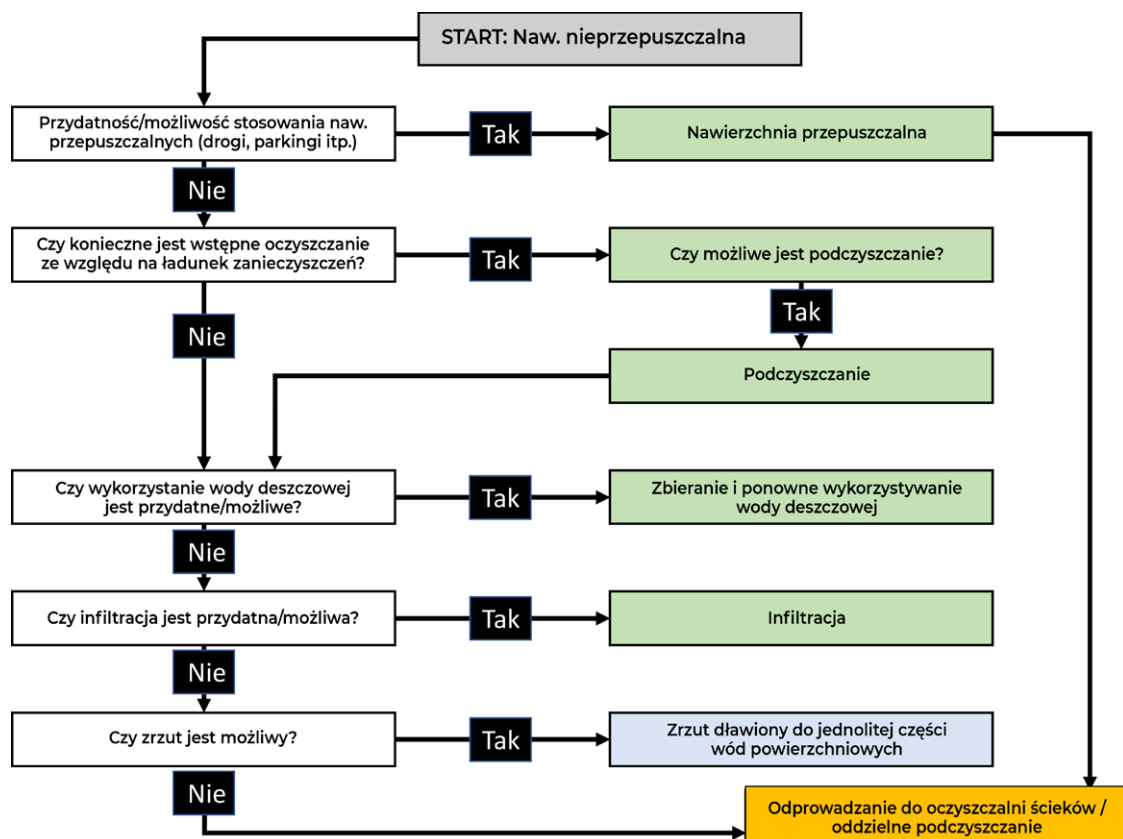


Zbiorniki retencyjne są również wykorzystywane do pośredniego magazynowania wody deszczowej, ponieważ zdolność infiltracyjna gleby jest zwykle niewystarczająca do ograniczenia spływu powierzchniowego. Oprócz zmniejszania szczytowych przepływów wody deszczowej, zbiorniki retencyjne w pewnym stopniu oczyszczają spływ poprzez sedimentację.

System kanalizacji rozdzielczej ma kilka zalet w porównaniu z systemem kanalizacji ogólnospławnej:

- lekko zanieczyszczona woda deszczowa może być zbierana bezpośrednio, bez dużych nakładów kosztowych, i odprowadzana bez potrzeby oczyszczania do pobliskiej jednolitej części wód
- spływy powierzchniowe mogą być zagospodarowywane oddzielnie, bez zanieczyszczenia ściekami
- woda deszczowa może być zbierana i ponownie wykorzystywana lub infiltrowana w celu zasilenia wód gruntowych
- można zastosować mały kanał ściekowy obsługujący jedynie ścieki
- zmniejsza się obciążenie oczyszczalni ścieków
- możliwość ograniczenia lub wykluczenia ryzyka przepełnienia systemów odprowadzania ścieków.

Rysunek 4 przedstawia propozycję ogólnego podejścia do zrównoważonego gospodarowania wodą deszczową na obszarach miejskich, pełniąc rolę przewodnika w wyborze odpowiedniej metody lub kilku metod dla konkretnej lokalizacji i warunków lokalnych.



Rysunek 4: Schemat kontrolny dla zrównoważonego zarządzania wodą deszczową na obszarach miejskich (zaadaptowany z Emschergerossenschaft).



2.1. Zbieranie wody deszczowej do ponownego wykorzystania do celów spożywczych i niespożywczych

Woda deszczowa powstająca w chmurach jest wodą destylowaną o bardzo niskiej przewodności ($0,05 \mu\text{S}/\text{cm}$), co jest parametrem sumarycznym dla nieorganicznych rozpuszczonych substancji stałych (TDS) w wodzie deszczowej. Dla porównania, woda pitna wykazuje typowe przewodnictwo w zakresie $200\text{-}800 \mu\text{S}/\text{cm}$, a woda morska około $50\,000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Dlatego też, ze względu na bardzo niską zawartość minerałów w wodzie deszczowej oraz w miejscach, gdzie woda pitna charakteryzuje się wysokim stopniem twardości, woda deszczowa jest zwykle preferowana do różnych zastosowań w sektorze prywatnym i przemysłowym (np. pralnia, ogrodnictwo, kotły, chłodnie kominowe).

Ogólnie rzecz biorąc, wody opadowe charakteryzują się znaczną zmiennością przestrzenną i czasową. Ich jakość zależy głównie od zanieczyszczenia atmosferycznego, a także od obszaru zlewni i sposobu ich zbierania. Zazwyczaj obszary przemysłowe i obszary o dużym natężeniu ruchu przyczyniają się do powstawania bardziej zanieczyszczonych spływów niż obszary o mniejszej gęstości zaludnienia.

Na jakość wody deszczowej wpływ ma również rodzaj dachu/powierzchni i materiał, z którego jest wykonany. Na przykład preferowane są dachy skośne o gładkich powierzchniach, ponieważ gromadzi się na nich mniej pyłu, natomiast w przypadku dachów metalowych niezabezpieczonych warstwą wodoodporną może dochodzić do wypłukiwania z nich do wody metali ciężkich. Spływ z zielonych dachów może mieć mniej lub bardziej brązowe zabarwienie ze względu na substrat glebowy, co nie stanowi problemu w przypadku nawadniania, ale ogranicza przydatność takiej wody do prania.

2.1.1. Elementy systemu zbierania wody deszczowej

Systemy zbierania wody deszczowej dla budynków mieszkalnych i komercyjnych różnią się znacznie pod względem konstrukcji - od prostych, małych beczek na deszczówkę na końcu rury spustowej z dachu używanej do podlewania ogrodu, po zaawansowane systemy, które oczyszczają wodę do standardów wody pitnej lub większe systemy dla całej dzielnicy. Zazwyczaj system zbierania wody deszczowej składa się z trzech podstawowych elementów:

- System zbierania: powierzchnia zlewni, taka jak dach lub powierzchnia gruntu
- System transportowy: system transportujący wodę deszczową, taki jak rynny i rury spustowe
- System magazynowania: taki jak beczki na deszcz, zbiorniki naziemne lub podziemne.

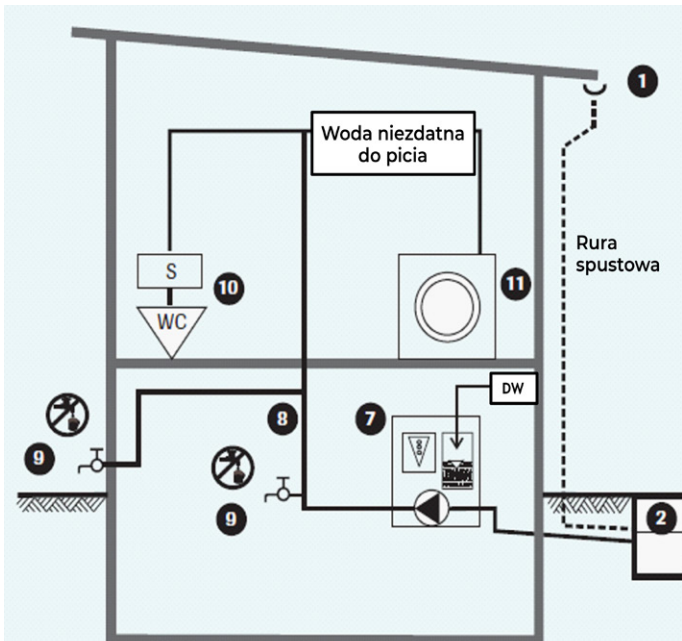
Inne elementy systemu zbierania wody deszczowej obejmują:

- Filtry/osłony wlotowe: zatrzymują zanieczyszczenia z dachów i drzew, są to np. filtry rur spustowych, filtry wstępne i wewnętrzne zbiornika lub
- System odrzutu pierwszej części wody: zawór, który kieruje pierwszy strumień deszczu (pierwszą część wody), który zwykle jest bardzo zanieczyszczony, poza zbiornik
- Otwór wlotowy uspokajający strumień: do zbiornika
- Zabezpieczenie przelewowe zbiornika: odprowadzenie do lokalnego systemu infiltracyjnego lub kanalizacyjnego
- System dystrybucji: obejmuje rury, przyłącza i zbiornik wyrównawczy
- System pomp: z urządzeniem odciągowym, dostarczającym wodę deszczową do punktu poboru
- Instalacja dualna: do wykorzystania wody w pomieszczeniach



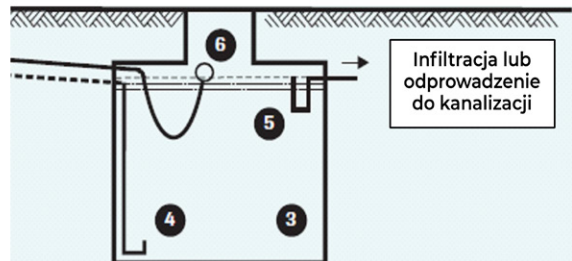
Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1

- Źródło rezerwowe z sieci: uzupełnia wodę, gdy zebrana woda deszczowa nie zaspokaja zapotrzebowania
- Panel sterowania: wskazuje poziom napętnienia, zapas wody pitnej itp.



Legenda:

- 1 Rynna
- 2 Filtr
- 3 Zbiornik na wodę deszczową (z tworzywa sztucznego lub betonowy)
- 4 Otwór wlotowy uspokajający strumień
- 5 Przelew z syfonem
- 6 Pływający filtr ssący
- 7 System doprowadzania wody deszczowej wraz z pompą, panelem sterowania i źródłem rezerwowym z sieci (woda użytkowa) zgodnie z DIN
- 8 Rura wody użytkowej
- 9 Punkt poboru wody
- 10 Toaleta
- 11 Pralka



Rysunek 5: Elementy systemu zbierania wody deszczowej (fbr).



Rysunek 6: Schemat idealny podziemnego zbiornika na wodę deszczową do ponownego wykorzystania wody w pomieszczeniach i na zewnątrz (fbr).



System zbierania

Zbieranie wody z powierzchni dachów jest zwykle preferowane w stosunku do innych powierzchni, takich jak ulice, chodniki, podwórka lub inne powierzchnie gruntowe, ze względu na ogólnie niższy ładunek zanieczyszczeń w spływach z dachów. Zbieranie z powierzchni dachu jest również preferowane w przypadku dachów pokrytych łupkiem, szkłem, betonem lub dachówką ceramiczną. Niezabezpieczone dachy miedziane i cynkowe mogą przyczyniać się do wzrostu stężenia jonów metali w odpływie. Dachy metalowe zabezpieczone warstwą wodoodporną są również odpowiednie do zbierania wody deszczowej.

System transportowy

Rynny i rury spustowe są tradycyjnymi środkami transportu wody deszczowej z powierzchni dachu do zbiornika. Zalecane jest upewnienie się, że na każdy 1 m² powierzchni dachu przypada co najmniej 1 cm² przekroju rynny¹¹. Aby zapobiec gromadzeniu się pyłu i zanieczyszczeń w zbiorniku, pierwszy strumień deszczu (pierwsza część wody) powinien przechodzić przez filtr zgrubny lub system odrzutu pierwszej części wody.

System magazynowania

Najpopularniejszym sposobem zbierania wody deszczowej do wykorzystania w ogrodzie są beczki, zwykle o pojemności mniejszej niż 1m³. Zbiorniki mają większą pojemność i mogą być umieszczone nad ziemią, na poziomie gruntu lub zakopane pod ziemią (Rysunek 7). Należy je chronić przed światłem i najlepiej umieścić w chłodnym miejscu (pod ziemią, w piwnicy). Woda przelewowa ze zbiornika może być infiltrowana na miejscu. Najczęściej stosowanym materiałem do budowy zbiorników na wodę deszczową jest beton zbrojony i płyty z tworzywa sztucznego (PE).

System pomp

Pompa zasilająca może być zanurzona w zbiorniku lub zainstalowana w technologii suchej w pomieszczeniu eksploatacyjnym. Większość dostępnych systemów wykorzystuje automatyczne pompy aktywowane ciśnieniem i przepływem. Gdy toaleta jest splukiwana, pompa włącza się i napełnia spluczkę. Alternatywnie woda deszczowa może być pompowana do pompy kolektorowej, skąd zasila toaletę.

11 Gould, J. i Nissen-Petersen, E. (1999). Rainwater Catchment Systems for domestic Supply. Design, construction and implementation. Intermediate Technology Publications, UK



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1



Podziemny zbiornik z tworzywa sztucznego (GreenLife)



Podziemny zbiornik betonowy (3 - 12 m³) (Mall)



Dekoracyjny zbiornik do nawadniania ogrodu (350 litrów) (Otto Graf)



Zbiornik retencyjny (20 - 100 m³) (GreenLife)



Zbiornik żelbetowy (24 - 100 m³) (Mall)



Zbiornik magazynowy w piwnicy (1 700 litrów) (Otto Graf)

Rysunek 7: Różne typy zbiorników do magazynowania wody deszczowej.



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1

Najlepiej, aby deszczówka była wypompowywana ze zbiornika na wodę przy zastosowaniu pływającego filtra ssącego (Rys. 8) umieszczonego blisko powierzchni wody, a nie na powierzchni lub dnie zbiornika, aby nie wzburzać osadów.



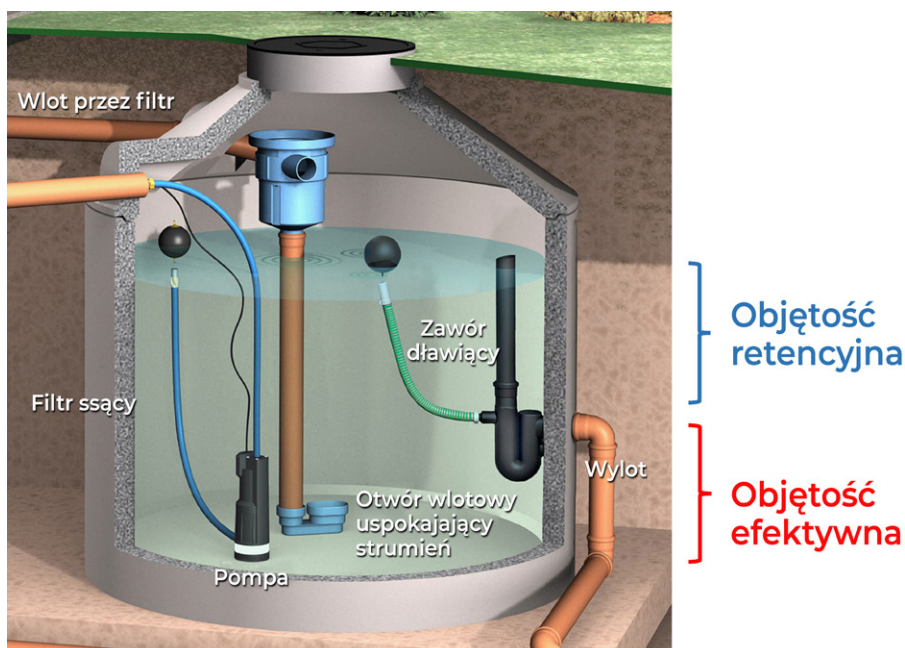
Dzięki zastosowaniu pływającego filtra ssącego woda deszczowa jest zasysana z najczystszonego poziomu w zbiorniku i jest wolna od zanieczyszczeń



Pływający filtr ssący WISY

Rysunek 8: Urządzenie pływające z pompą ssącą dostarczające wodę do różnych punktów poboru.

Równowagę między dostępnością wody w zbiorniku (w miarę możliwości, zbiornik powinien być cały czas pełny) a obciążeniem hydraulicznym kanalizacji (zrzut dławiony) można uzyskać dzieląc pojemność zbiornika na wodę na objętość efektywną (pojemność magazynowa) i objętość retencyjną (Rys. 9). Określona objętość retencyjna może być odprowadzana do kanalizacji z opóźnieniem za pomocą zaworu dławiącego. Z tego względu zbiorniki na wodę deszczową są zwykle budowane jako konstrukcja wielokomorowa, aby spełnić oba wymagania. Zawór dławiący jest umieszczony w połowie długości rury, dzięki czemu woda deszczowa jest odprowadzana z pewnym opóźnieniem do kanalizacji. Ponadto każdy zbiornik podłączony do kanalizacji powinien być wyposażony w przelew awaryjny. Zbiorniki retencyjne są przeznaczone do zatrzymywania większych ilości wody deszczowej. Standardowo dławione ilości odprowadzanej wody deszczowej można regulować w zakresie od 0,1 do 1 l/s. Zbiorniki retencyjne są dostępne w pojemnościach całkowitych od 3500 do 10 000 litrów.



Rysunek 9: Zbiornik retencyjny z zaworem dławiącym (Źródło: Fa. Finger Stockstadt GmbH & Co. KG).



Filtry

Filtry skutecznie utrzymują wodę deszczową w czystości i zapobiegają przedostawaniu się brudu i zanieczyszczeń do zbiornika retencyjnego. Na rynku dostępna jest szeroka gama filtrów do wody deszczowej o różnych rozmiarach i wydajności oczyszczania (Rys. 10). Filtry te mogą być umieszczane w rurach spustowych, przed zbiornikiem na wodę (filtry wstępne), w zbiorniku (filtry wewnątrz zbiornika), pod ziemią lub nad ziemią.



Filtr rury spustowej
(do 150 m² powierzchni
dachu) (Wisy)



Filtr Vortex do montażu
przed zbiornikiem
(do 500 m² powierzchni
dachu) (Wisy)



Filtr przemysłowy do montażu
w zbiorniku (VF6)
(do 2,433 m² powierzchni
dachu) (3P Technik)



Filtr do montażu w zbiorniku
(o przepływie pionowym)
(do 750 m² powierzchni
dachu) (Otto Graf)



Filtr do montażu w zbiorniku
PURAIN
(60 - 15 000 m² powierzchni
dachu) (INTEWA)

Rysunek 10: Różne rodzaje filtrów do wody deszczowej.

2.1.2. Wymiarowanie systemu zbierania wód opadowych

Projekt i wielkość systemu zbierania wody deszczowej zależy głównie od dwóch czynników: zaopatrzenia w wodę i zapotrzebowania na nią, przy czym oba powinny się w przybliżeniu równoważyć.

Na cele wymiarowania systemu zbierania wód opadowych należy:

1. Określić objętość deszczówki możliwej do zbierania. Jest to szacunkowa objętość wody deszczowej w typowym roku, którą można zebrać z dachu lub innych nieprzepuszczalnych powierzchni;
2. Oszacować zapotrzebowanie na wodę w tym samym okresie. Jeśli to możliwe, należy określić miesięczne/tygodniowe lub dzienne zapotrzebowanie dla każdego zastosowania w ciągu całego roku;
3. Porównać objętość wód opadowych możliwą do zebrania z zapotrzebowaniem na wodę w ciągu roku i w porach suchych.



Określić optymalną wielkość zbiornika magazynowego:

- Jeśli rozważane jest wykorzystanie wyłącznie deszczówki (np. do splukiwania toalet, nawadniania, prania), orientacyjną wartością byłoby zapewnienie 1000 litrów pojemności zbiornika na 20 m² powierzchni spływu lub takie wymiarowanie zbiornika, aby pokryło zapotrzebowanie na wodę przez 3 - 4 tygodnie suszy;
- Jeżeli system zbierania wody deszczowej jest wykorzystywany tylko sezonowo lub należy uwzględnić dodatkowe wymagania dotyczące gromadzenia takiej wody, do wymiarowania zbiornika retencyjnego należy użyć specjalnych programów symulacyjnych.

Tabela 1: Czynniki, jakie należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu systemu zbierania i magazynowania wód opadowych.

| Sezonowe wielkości oraz rozkład roczny opadów (mm) | W zależności od obszaru/regionu |
|---|---|
| Powierzchnia zlewni (m ²) | Dachy lub inne powierzchnie, takie jak ulice, dziedzińce, parkingi itp. |
| Dzienne zużycie wody nienadającej się do spożycia (l/o/d) | W zależności od wielkości gospodarstwa domowego lub liczby osób i przywyczażeń użytkowników |
| Współczynnik spływu | Służy do obliczenia maksymalnej objętości zebranej wody deszczowej i zależy od rodzaju powierzchni zbierającej (dach metalowy, dach zielony itp.) |
| Pojemność magazynowa (m ³) | W zależności od zapotrzebowania na wodę i dostępności miejsca do jej magazynowania |

2.1.3. Obsługa i konserwacja

W celu zapewnienia prawidłowego funkcjonowania systemu zbierania wody deszczowej zalecane jest regularne czyszczenie systemów zbierania, gromadzenia i dystrybucji.

Należy często czyścić rynny dachowe, rury spustowe i gęste kratki rur z liści i innych zanieczyszczeń, aby ograniczyć przedostawanie się zanieczyszczeń i osadów do zbiornika na wodę (2-3 razy w roku). Filtry należy czyścić 1-2 razy w roku, w zależności od stopnia ich zanieczyszczenia przez pozostałości roślinne, pyłki, kurz itp. Raz w roku zaleca się kontrolę wzrokową zbiornika, a w razie potrzeby należy usunąć nadmiar osadów. Pompy i instalacje rurowe należy raz w roku sprawdzać pod kątem szczelności i działania. Przewody doprowadzające wodę i krany muszą być odpowiednio oznaczone (woda nienadająca się do spożycia/woda z recyklingu), aby zapobiec przypadkowemu wykorzystaniu zebranej wody deszczowej jako źródła wody pitnej. Źródło rezerwowe z sieci wodociągowej w wolnym doływie gwarantuje, że nie występuje połączenie krzyżowe z siecią wody pitnej i zapewnia ciągłość dostaw wody w przypadku spadku poziomu napętnienia zbiornika.



2.1.4. Sposoby wykorzystania i zastosowania zebranej wody deszczowej

W dużej mierze niezanieczyszczona woda deszczowa może być wykorzystywana do różnych celów, które nie wymagają zastosowania wody zdatnej do picia.

| Zastosowanie na zewnątrz | Do użytku wewnątrz pomieszczeń |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ogrodnictwo ✓ Nawadnianie terenów zielonych ✓ Rolnictwo ✓ Sprzątanie ✓ Mycie samochodów ✓ Gaszenie pożarów | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Słukiwanie toalet ✓ Pralki ✓ Sprzątanie ✓ Woda technologiczna (przemysł) |

W celu wykorzystania zebranej wody jako źródła wody pitnej, woda deszczowa powinna zostać poddana odpowiedniemu oczyszczaniu (patrz 2.1.9 Oczyszczanie wody deszczowej do celów pitnych w budynkach).

2.1.5. Korzyści

Systemy zbierania wody deszczowej oferują szereg korzyści na różnych poziomach (Tabela 2). Potencjalne oszczędności muszą być oceniane indywidualnie. Czynniki wpływające na zużycie wody to m.in. zapotrzebowanie na wodę nienadającą się do spożycia, ilość zebranej wody deszczowej oraz to, czy opłaty są rozliczane na podstawie ilości zużytej wody (woda opomiarowana). Oszczędności, zarówno finansowe, jak i środowiskowe, są zazwyczaj większe w przypadku budynków komercyjnych/przemysłowych i publicznych, ponieważ ich powierzchnia dachowa jest zazwyczaj większa, a współczynnik wykorzystania wody nienadającej się do spożycia wyższy w porównaniu do budynków mieszkalnych.

Tabela 2: Korzyści wynikające z gromadzenia wody deszczowej.

| Poziom indywidualny | Poziom gminny | Poziom środowiskowy |
|---|---|---|
| Zmniejszenie zależności od dostaw wody z sieci wodociągowej | Zmniejszenie szczytowego zużycia wody | Ochrona zasobów wód podziemnych |
| Zmniejszone zużycie wody pitnej | Odciążenie kanalizacji | Zmniejszone ryzyko powodzi |
| Znaczne obniżenie kosztów wody pitnej | Niższe koszty energii miejskiej zużywanej na pompowanie i uzdatnianie wody | Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczenia powietrza (mniejsza ilość energii potrzebnej do pompowania wody na duże odległości) |
| Dostępność miękkiej wody do celów prania i nawadniania | Opóźnienie wydatków na nowe stacje uzdatniania wody lub rozbudowę istniejących stacji, co prowadzi do oszczędności finansowych i środowiskowych | Wykorzystanie wody deszczowej do prania jest korzystne z ekologicznego punktu widzenia (20% oszczędności na zużyciu proszku do prania) |



2.1.6. Właściwości użytkowe

Wydajność systemów zbierania wody deszczowej zależy od prawidłowego doboru wielkości zbiornika i konserwacji całego systemu. Wydajność mierzy się zarówno pod względem zdolności do dostarczania wody, jak i zmniejszenia objętości odpływu wód opadowych z danego terenu. Stopień opłacalności systemu odprowadzania wody deszczowej zależy od konkretnego obiektu i należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- Bieżące opłaty za wodę: im wyższy koszt wody, tym większe korzyści
- Koszty utrzymania: poziom utrzymania wymagany przez system w okresie jego eksploatacji.

2.1.7. Koszty

Zbiornik na wodę deszczową jest często najdroższą częścią systemu zbierania wody deszczowej, stanowiąc zwykle około 30% kosztów całego cyklu życia. Dlatego jeśli chodzi o obniżenie kosztów, kluczowe znaczenie ma wybór zbiornika o odpowiedniej wielkości, zachowując odpowiedni stosunek pomiędzy ceną zbiornika a jego pojemnością.

Instalacja systemu w nowym budynku kosztuje na ogół mniej niż modernizacja systemu w istniejącym budynku, głównie ze względu na prace ziemne związane z instalacją zbiornika oraz zmiany wymagane w istniejącej sieci wodno-kanalizacyjnej. Całkowity koszt budowy w przypadku domu jednorodzinnego wynosi od 2500 do 5000 euro, w zależności od nakładu pracy, wielkości zbiornika retencyjnego i jakości produktu¹². Koszty utrzymania wynoszą ok. 100 euro rocznie.

2.1.8. Aspekty higieniczne

Woda deszczowa z powierzchni dachowych może być zanieczyszczona odchodami ptaków lub małych ssaków, które mogą zawierać patogeny¹³. Jednak jeśli dach jest naświetlony i suchy, oraz stosowany jest system odrzutu pierwszej części wody lub filtracja końcowa, stężenie bakterii w splywie powierzchniowym będzie niższe. Ponadto w podziemnych zbiornikach panują niskie temperatury, które nie sprzyjają rozwojowi bakterii. Dzięki temu, a także dzięki właściwej eksploatacji i konserwacji, woda ze zbiornika zasadniczo spełnia wymagania dyrektywy UE dotyczącej zarządzania jakością wody w kąpieliskach¹⁴ i jako taka może być bezpiecznie wykorzystywana do zastosowań niespożywczych w gospodarstwach domowych i przemyśle.

2.1.9. Oczyszczanie wody deszczowej do celów pitnych w budynkach

W zależności od jakości wody deszczowej wpływającej do zbiornika można ją uzdatniać do celów pitnych, stosując różne metody. Dostępne technologie, które są również tradycyjnie stosowane do uzdatniania wody pitnej, obejmują:

- Filtry powolne piaskowe do redukcji cząstek zawieszonych, bakterii i rozpuszczonych związków organicznych występujących w wodzie deszczowej, z dalszą dezynfekcją lub bez niej (promienie UV, ozon lub chlor)
- Filtry z węglem aktywnym do redukcji cząstek stałych, bakterii i rozpuszczonych składników organicznych występujących w wodzie deszczowej, z dalszą dezynfekcją lub bez niej (promienie UV, ozon lub chlor)

¹² <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/garten-freizeit/regenwassernutzung#gewusst-wie>

¹³ Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M.J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L.N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H. i Han, M., 2017. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water research*, 115, s. 195-209

¹⁴ Dyrektywa UE w sprawie jakości wody w kąpieliskach (2006). Dyrektywa 2006/7/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 lutego 2006 roku dotycząca zarządzania jakością wody w kąpieliskach i uchylająca dyrektywę 76/160/EWG. Dz.U. UE L 64, 4.3.2006



- Filtracja membranowa, taka jak mikrofiltracja, ultrafiltracja, nanofiltracja i odwrócona osmoza. Są one jednak bardziej kosztowne niż inne metody filtracji.

Dezynfekcja promieniami UV jest bardziej pożądana niż chlorowanie lub ozonowanie, ponieważ nie powoduje powstawania produktów ubocznych dezynfekcji, takich jak trihalometany (THM), które mają niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi. Ponadto dezynfekcja promieniami UV ma kilka zalet:

- Nadaje się do zastosowania przy dużych natężeniach przepływu
- Woda oczyszczona promieniami UV może być używana natychmiast po oczyszczeniu
- Woda deszczowa poddana działaniu promieni UV stanowi mniejsze potencjalne źródło korozji dla odśloniętego metalu.

Jedną z wad dezynfekcji promieniami UV jest fakt, że aby proces dezynfekcji był skuteczny, woda deszczowa musi być wolna od zawiesin. Filtracja wody deszczowej za pomocą filtrów węglowych poprawia smak i zapach, a także w pewnym stopniu jej kolor. Węgiel jest również skuteczny w usuwaniu chloru i innych lotnych związków organicznych.

2.1.10. Normy

Norma europejska EN 16941-1:2018 została opublikowana w 2018 roku przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN)¹⁵. Określa ona wymagania i podaje zalecenia dotyczące projektowania, wymiarowania, instalacji i konserwacji systemów zbierania wody deszczowej w celu wykorzystania jej na miejscu jako źródła wody nieprzeznaczonej do spożycia. W tej normie europejskiej określono również minimalne wymagania dla tych systemów.

2.1.11. Zbieranie wody deszczowej na cele chłodzenia adiabatycznego w budynkach

Zebraną wodę deszczową można wykorzystać do pośredniego chłodzenia przez odparowanie w ramach „chłodzenia adiabatycznego” (adiabatyczne chłodzenie powietrza wylotowego), które może być stosowane do klimatyzacji pomieszczeń. Opiera się to na zasadzie „odzysku zimna” poprzez proces odparowania, w którym temperatura nawiewanego (wlotowego/doprowadzanego) powietrza jest obniżana za pomocą wymiennika ciepła. Powietrze odprowadzane z pomieszczenia (wylotowe/wywiewane) jest nawilżane i schładzane. Schłodzone powietrze jest następnie transportowane do systemu cyrkulacji łączonej lub płytowego wymiennika ciepła, gdzie trafia do cieplejszego powietrza zewnętrznego (Rys. 11). Na każdy metr sześcienny wody można uzyskać około 700 kWh mocy chłodniczej¹⁶.

Ze względów technicznych przewodność elektryczna wody używanej do chłodzenia adiabatycznego nie powinna przekraczać 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ponieważ woda deszczowa charakteryzuje się niską przewodnością (ok. 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$), bardzo dobrze nadaje się do chłodzenia adiabatycznego¹⁷. Wykorzystanie wody deszczowej do chłodzenia budynków pozwala zaoszczędzić wodę pitną i energię.

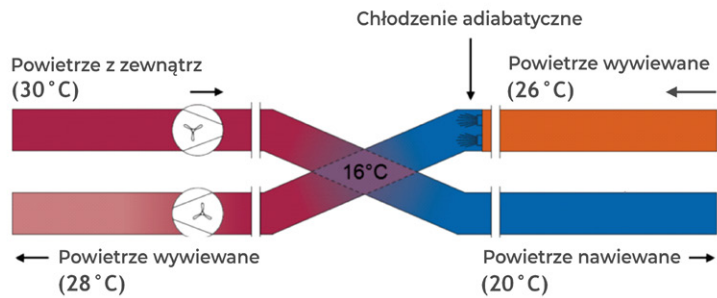
¹⁵ EN 16941-1:2018 (2018) On-site non-potable water systems - Part 1: Systems for the use of rainwater [Systemy instalacji wody nienadającej się do spożycia - Część 1: Systemy wykorzystania wód opadowych]. Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN)

¹⁶ Berlin (2010) Konceptje gospodarowania wodą deszczową - zielone budynki, chłodzenie budynków. Wytyczne dotyczące planowania, budowy, eksploatacji i konserwacji. Senacki Departament Rozwoju Miast i Mieszkalnictwa. https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/download/index.shtml

¹⁷ fbr (2013) Energetische Nutzung von Regenwasser. Schriftenreihe der Band 136. Fachvereinigung Betriebs- und Regen- wassernutzung e.V.



Adiabatyczne chłodzenie powietrza wywiewanego, Instytut Fizyki na Uniwersytecie Humboldtów, Adlershof, Berlin (Foto: M. Schmidt).



Zasada działania adiabatycznego chłodzenia powietrza wywiewanego (Źródło: SenStadt 2010)

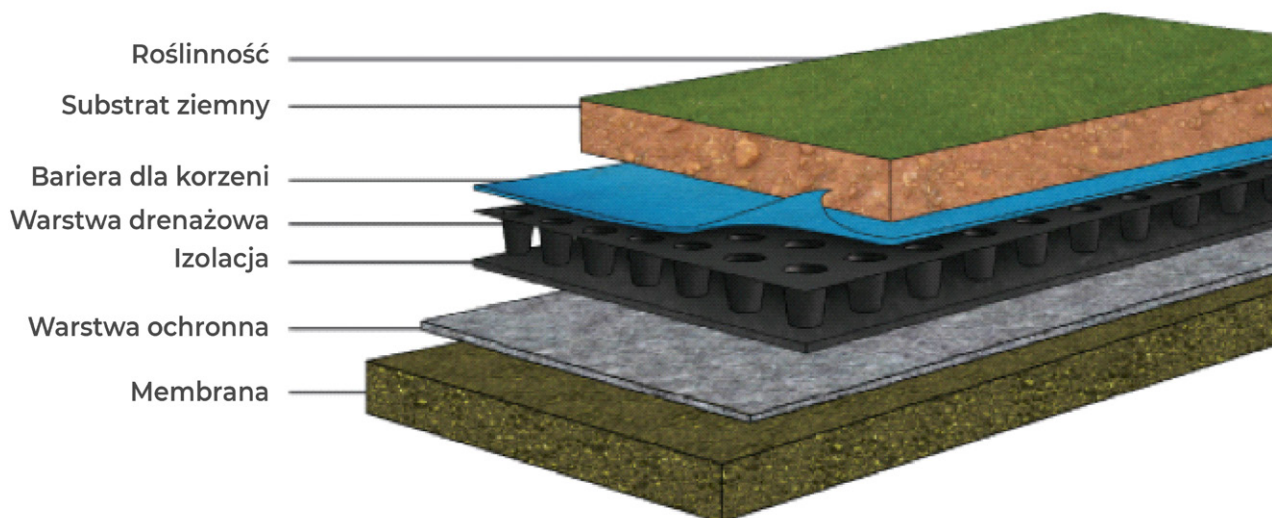
Rysunek 11: Zasada chłodzenia adiabatycznego w budynkach z wykorzystaniem wody deszczowej.

2.2. Retencja i ewapotranspiracja wody deszczowej

Retencjonowanie wody deszczowej na obszarach miejskich przynosi szereg korzyści, takich jak zwiększenie ewapotranspiracji, zmniejszenie natężenia i objętości splywu oraz magazynowanie wody do różnych celów, takich jak nawadnianie, zazielenianie lub chłodzenie adiabatyczne. Dla porównania, systemy infiltracyjne, takie jak muldy chłonne oraz systemy muld i rowów infiltracyjnych, skutkują niską ewapotranspiracją (10%). Przykładami rozwiązań zatrzymujących wody opadowe są m.in. zielone dachy i fasady, stawy retencyjne, ogrody deszczowe, tereny podmokłe.

2.2.1. Zielone dachy

Zielone dachy to lekkie systemy dachowe pokryte roślinnością, które składają się głównie z wodoodpornej membrany ochronnej, podłoża, wybranych roślin i warstwy drenażowej (Rys. 12). Mogą być instalowane na większości dachów budynków (głównie na dachach płaskich) i są wykorzystywane do zapobiegania lub opóźniania splywu wody poprzez ukierunkowaną retencję oraz do zwiększania parowania. W zależności od materiału roślinnego i planowanego sposobu wykorzystania powierzchni dachu rozróżnia się dachy zielone ekstensywne i intensywne (Tabela 3).



Rysunek 12: Schemat wielowarstwowego systemu zielonego dachu¹⁸.

18 Green Building Alliance. <https://www.go-gba.org/resources/green-building-methods/green-roofs/#lightbox/1/>



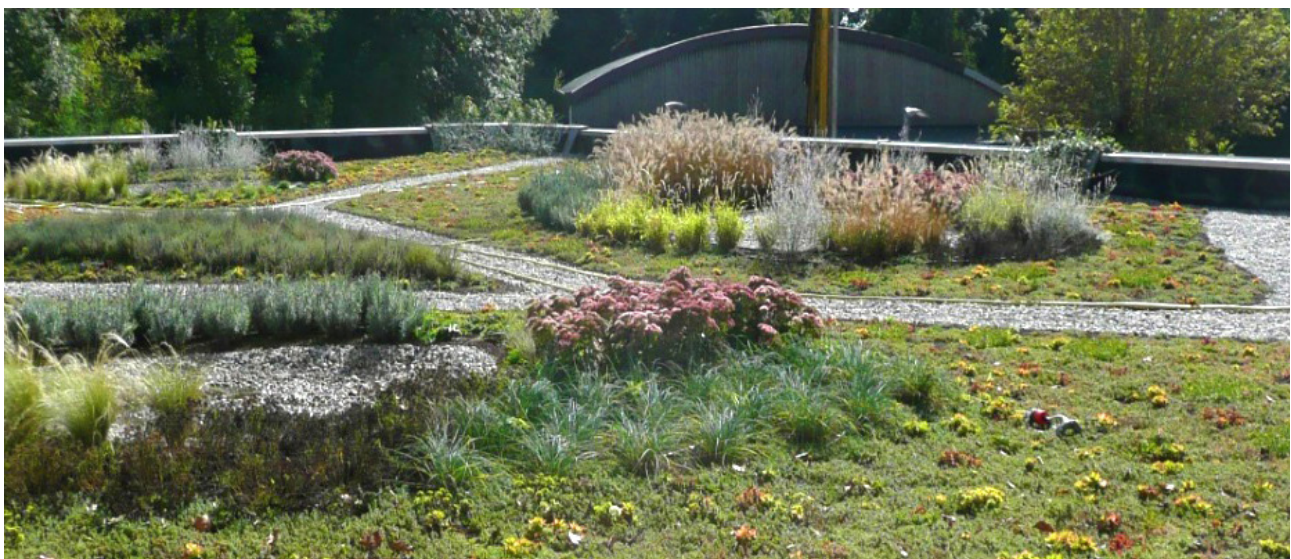
Tabela 3: Porównanie ekstensywnych i intensywnych zielonych dachów.

| | Ekstensywny zielony dach | Intensywny zielony dach |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Koszty | Niskie | Wysokie |
| Nawadnianie | Brak | Regularna |
| Konserwacja | Niskie | Wysokie |
| Roślinność | Sukulenty i trawy odporne na suszę | Trawnik lub byliny, krzewy i drzewa |
| Głębokość warstwy gleb | 8 - 15 cm | 15 - 100 cm |
| Nośność (przy nasyceniu wodą) | 90 - 180 kg/m ² | > 180 kg/m ² |
| Zastosowania | Warstwa ochrony ekologicznej | Ogród przypominający park |

W lecie zielone dachy mogą zatrzymywać 70-80% opadów, a w zimie od 25 do 40%, w zależności od podłoża, jego głębokości i rodzaju zastosowanych roślin. Zielone dachy początkowo zmniejszają przepływy szczytowe i poprawiają jakość wody. Posiadają one duże zdolności retencyjne i ewaporacyjne, dzięki czemu ograniczają efekt wyspy ciepła na obszarach miejskich. Zielone dachy poprawiają również izolację i zwiększają żywotność dachu.

Podczas konstruowania zielonych dachów należy wziąć pod uwagę uszkodzenia membrany spowodowane rozrostem korzeni. Można to określić za pomocą procedury FLL¹⁹ służącej do badania odporności na penetrację korzeni w miejscach, w których znajdują się zielone dachy.

Zielone dachy najłatwiej zaprojektować dla nowych konstrukcji, ale można je również modernizować. Nasadzenia na zielonych dachach wymagają pielęgnacji i podlewania do czasu ich zakorzenienia, czyli zazwyczaj przez pierwszy rok do dwóch lat po instalacji.



Rysunek 13: Intensywne - byliny, trawy, krzewy - Obiekty sportowe La Tesorina, Torino (fot: A. Aires).

19 Wytyczne dotyczące zielonych dachów FLL (2018). Wytyczne dotyczące planowania, budowy i utrzymania zielonych dachów <https://shop.fll.de/de/english-publications/green-roof-guidelines-2018-download.html>



Rysunek 14: Ekstensywny zielony dach - rozchodnik, rojnik - park rozrywki dla dzieci Paguro, Turyn (fot: A. Aires).

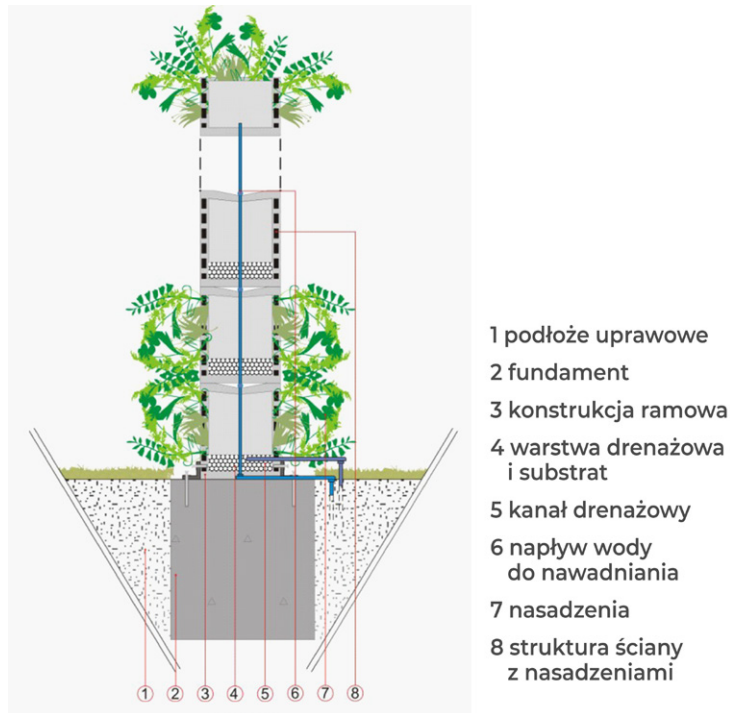


Rysunek 15: Intensywne dachy zielone (Optigrün).

2.2.2. Zielone ściany/fasady

Zieloną ścianę definiuje się jako system, w którym rośliny rosną na pionowej powierzchni, takiej jak fasada budynku, i są regularnie pielęgnowane. Rośliny pnące rosną naturalnie na fasadach budynków, przyczepiając się do powierzchni za pomocą różnych mechanizmów. Główne elementy zielonych ścian to: rośliny, podłoże (substrat), konstrukcje podtrzymujące i mocujące rośliny do elewacji oraz system nawadniania (źródłem wody może być woda deszczowa). Zielone ściany dzieli się na dwie kategorie: z nasadzeniami w donicach i nasadzeniami w gruncie.

Zielona ściana z nasadzeniami w donicach to system zielonej ściany, w którym podłoże roślinne nie jest integralną częścią fasady. Podłoże roślinne jest zwykle umieszczane w poziomych donicach, które mogą znajdować się na ziemi lub w odstępach wzdłuż całej wysokości elewacji (Rys. 16). Rośliny pnące są podtrzymywane przez poziome, pionowe lub ukośne kraty przymocowane do fasady budynku. Roślinność nasadzana w gruncie to najczęściej rośliny pnące, takie jak winobluszcz pięciolistkowy, bluszcz pospolity lub pnąca hortensja, które są sadzone w ziemi.



Rysunek 16: Zielona fasada z nasadzeniami w donicach²⁰ - widok z boku.



Rysunek 17: Zielona ściana z winobluszczem pięciolistkowym (z lewej, fot: D. Kaiser) oraz zielona ściana z nasadzeniami w donicach w Instytucie Fizyki w Berlinie-Adlershof (fot: M. Schmidt).

Nawadnianie zielonych ścian z nasadzeniami w gruncie zwykle odbywa się bezpośrednio do strefy korzeniowej z infiltrującymi odpływami. Roślinność wykorzystywana w fasadach z nasadzeniami w donicach wymaga odpowiednich systemów nawadniania, w tym nawożenia. Podlewanie powinno odbywać się automatycznie, zwłaszcza w przypadku większych nasadzeń i skrzynek rozsadowych. W przypadku stosowania wody ze zbiornika należy zadbać o to, aby nie dochodziło do sptywu powierzchniowego, który może być zanieczyszczony herbicydami, ponieważ może to prowadzić do obumarcia roślinności.

²⁰ Köhler (2012) ((Hsg.) Handbuch Bauwerksbegrünung - Planung, Konstruktion, Ausführung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln



Tabela 4: Rośliny nadające się do stosowania w zielonych ścianach²¹.

| | |
|--|--|
| Pnącza czepne rosnące do wysokości do 30 m | Bluszcz pospolity (<i>Hedera helix</i>) Winobluszcz trójklapowy (<i>Parthenocissus</i>) |
| Pnącza czepne rosnące do wysokości od 8 do 25 m | Milin amerykański Powojnik pnący (<i>Clematis vitalba</i>) Dławisz okrągolistny (<i>Celastrus orbiculatus</i>) Rdestówka bucharska (<i>Fallopia baldschuanica</i>) Glicynia chińska (<i>Wisteria sinensis</i>) |
| Pnącza czepne i pnącza wspinające się rosnące do wysokości od 5 do 15 m | Aktinidia chińska (<i>Actinidia chinensis</i>) Kokornak (<i>Aristolochia</i>) Powojnik wirginijski (<i>Clematis virginiana</i>) Wiciokrzew (<i>Lonicera</i>) Winobluszcz pięciolistkowy (rodzina <i>Parthenocissus</i>) Glicynia japońska (<i>Wisteria floribunda</i>) |
| Małe pnącza rosnące do wysokości do 5 m | Mieszkańce powojnika (<i>Clematis vitalba</i>) Trzmielina (<i>Euonymus</i>) Pochrzyn (<i>Dioscorea communis</i>) Róża pnąca |
| Małe rośliny pnące | Przestęp dwupienny (<i>Bryonia dioica</i>) Powój polny (<i>Convolvulus arvensis</i>) Kielisznik zaroślowy (<i>Convolvulus sepium</i>) Psianka słodkogórz (<i>Solanum dulcamara</i>) Groszek pachnący (<i>Lathyrus odoratus</i>) |

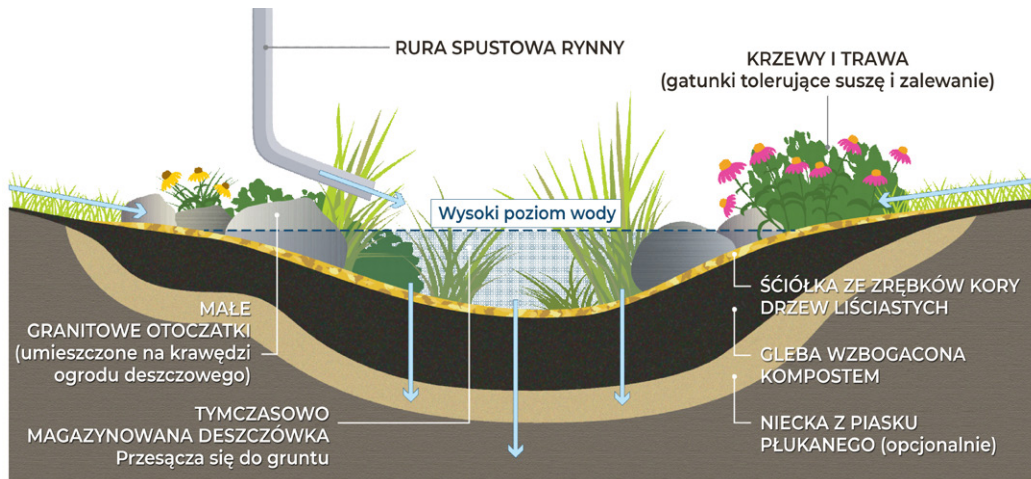
2.2.3. Ogrody deszczowe (systemy bioretencji)

Systemy bioretencji, nazywane również ogrodami deszczowymi, to elementy małej architektury zaprojektowane w celu zbierania wody spływającej z powierzchni nieprzepuszczalnych, takich jak dachy, chodniki i parkingi, i infiltrowania jej do gruntu. Gleba (zmodyfikowana lub mieszana) składa się z mieszaniny piasku, wierzchniej warstwy gleby i przekompostowanej ściółki.

Ogrody deszczowe są obsadzone drzewami, krzewami i bylinami, a następnie pokrywane warstwą organicznej ściółki, która zatrzymuje muł i zanieczyszczenia. Zazwyczaj wymagają one warstwy drenażowej z perforowaną rurą i przelewem, który przekazuje względnie czystą wodę do kolejnego etapu zagospodarowania lub do kanalizacji deszczowej.

Ogrody deszczowe mogą mieć dowolny kształt, ale zazwyczaj są budowane jako struktury trapezowe. Powierzchnia płaskiego dna (powierzchnia podstawy) stanowi miarę wielkości ogrodu deszczowego. Do powierzchni podstawowej dodaje się powierzchnię wymaganą do wykonania spadków brzegu i taką łączną powierzchnię bierze się pod uwagę przy projektowaniu ogrodu deszczowego w danej lokalizacji. Aby ogród deszczowy funkcjonował prawidłowo, jego dno musi być obsadzone roślinami.

²¹ Hermy M., Schauvliege M. i Tijssens G. (2005) Groenbeheer - een verhaal met toekomst; Velt i.s.m. afdeling Bos i Groen, Berchem



Rysunek 18: Przekrój poprzeczny ogrodu deszczowego²².

W ogrodach deszczowych można także zastosować warstwę drenażową z kamyków pozwalającą na gromadzenie większej ilości wody i zwiększenie infiltracji. Warstwę drenażową można wykonać z podłoża uprawowego, piasku lub kamyków. W tym przypadku warstwa drenażowa jest wyścielana membraną z geowłókniny, aby zapobiec przedostawaniu się do niej otaczającej gleby lub podłoża uprawowego i zmniejszenia jej pojemności.

Ogród deszczowy wymaga podlewania przez pierwsze dwa lata, dopóki rośliny się nie zakorzenią. Po pierwszych dwóch latach nie powinien wymagać podlewania. Pierwszy rok pielęgnacji może być trudny, ponieważ w tym czasie rośliny się zakorzeniają.



Rysunek 19: Przykłady miejskich ogrodów deszczowych²³.

2.2.4. Stawy retencyjne

Stawy retencyjne to podmokłe stawy przeznaczone do trwałego zatrzymywania określonej ilości wody i tymczasowego magazynowania wody deszczowej. Zbierają one wodę deszczową podczas ulewnych deszczów i powoli odprowadzają ją do kanalizacji lub wykorzystują do innych celów, takich jak zasilanie wód gruntowych lub nawadnianie. Stawy retencyjne różnią się od oczyszczalni hydrofitowych większą średnią głębokością wody, co pozwala na duże wahania poziomu wody podczas burzy. Roślinność jest integralną częścią stawu retencyjnego, która przyczynia się do usuwania zanieczyszczeń, zapobiega erozji i tworzy siedlisko.

²² Toronto and Region Conservation Authority. <https://trca.ca/news/complete-guide-building-maintaining-rain-garden/>

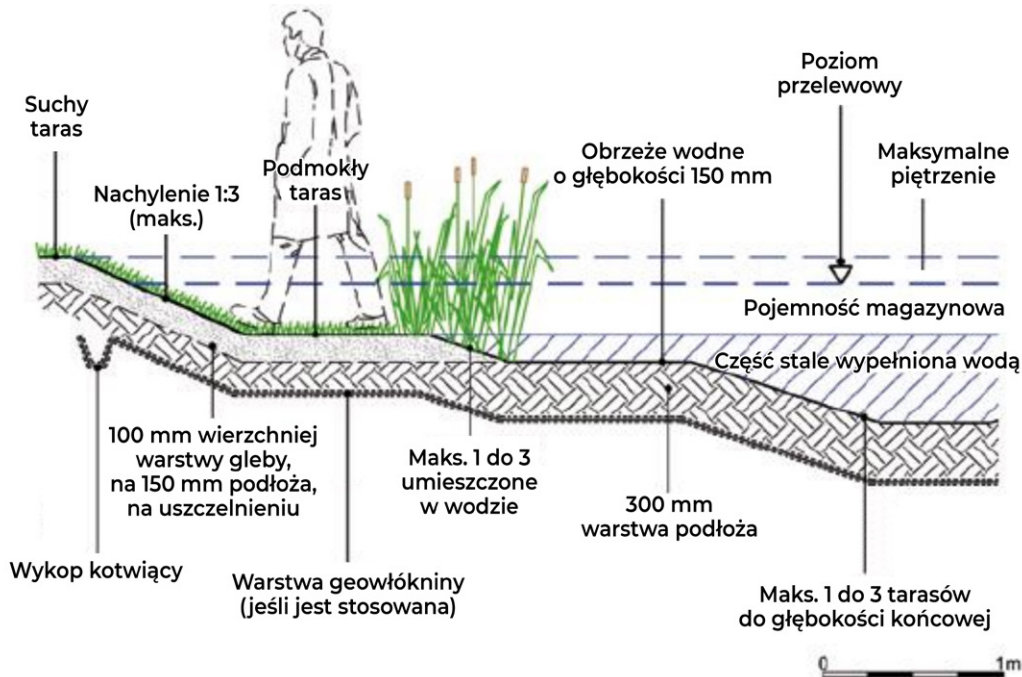
²³ <https://www.c-ville.com/rain-gardens-lovely-way-protect-planet/>



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1

Stawy retencyjne poprawiają jakość wody dzięki naturalnym procesom, takim jak sedymentacja, biodegradacja, dezynfekcja słoneczna i filtracja glebowa. Jako system naturalny nie wymagają one zasilania energią ani zaawansowanych technologicznie urządzeń. Gleba pod stawem powinna być wystarczająco nieprzepuszczalna, aby nie dopuścić do wyschnięcia wody. Jeśli podłoże gruntowe jest przepuszczalne, konieczne będzie zastosowanie geowłókniny lub materiału nieprzepuszczalnego.

Stawy retencyjne są zaprojektowane w taki sposób, aby mogła w nich rosnąć wynurzona i zanurzona roślinność wodna i mogą być skutecznie wkomponowane w krajobraz parków dzięki odpowiedniemu projektowi.



Rysunek 20: Profil brzegowy stawu retencyjnego²⁴.



Rysunek 21: Przykłady stawów retencyjnych²⁵.

²⁴ Anglian Water. Towards sustainable water stewardship. Sustainable drainage systems (SUDS) adoption manual. Anglian Water Services limited.

https://www.anglianwater.co.uk/siteassets/developers/aw_suds_manual_aw_fp_web.pdf

²⁵ Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott T., Ashley, R. i Kellagher. 2015. The SuDS Manual. Department for Environment Food and Rural Affairs (Departament Środowiska, Żywności i Spraw Wiejskich). CIRIA 2015, <https://www.susdrain.org/>



2.2.5. Oczyszczalnie hydrofitowe ze swobodnym przepływem powierzchniowym

W podręcznikach na temat zrównoważonych systemów odwadniania zwykle mówi się o oczyszczalniach hydrofitowych odnosząc się do tego, co w literaturze nazywane jest oczyszczalniami z wolnym przepływem powierzchniowym.

Oczyszczalnie z wolnym przepływem powierzchniowym to systemy bagienne służące do oczyszczania wód deszczowych, które trwale zatrzymują określoną objętość wody. Są w większym stopniu porośnięte roślinnością niż stawy, ponieważ zwykle projektuje się w nich różne poziomy zagłębienia w obrębie dna, w tym głębsze, które ułatwiają sedymentację, i płytsze obszary, które umożliwiają wzrost roślin i lepsze usuwanie rozpuszczonych zanieczyszczeń²⁶.

Oczyszczalnie z wolnym przepływem powierzchniowym zapewniają tymczasowe magazynowanie spływu w przypadku przekroczenia poziomu właściwego i zmniejszają szczytowy poziom spływu. Spływ z każdego zdarzenia deszczowego jest oczyszczany i odprowadzany przez dławiony odpływ. Oczyszczalnia hydrofitowa wymaga zastosowania systemu wstępnego oczyszczania lub osadnika wstępnego, aby uniknąć ryzyka szybkiego nagromadzenia się mułu.

Rośliny rosnące w oczyszczalni hydrofitowej zmniejszają prędkość przepływu, dzięki czemu skutecznie oczyszcza ona wodę z zawieszin i związanych z nimi zanieczyszczeń. Oczyszczalnię hydrofitową można obsadzać roślinnością wynurzoną i zanurzoną, przy czym zwykle preferuje się rośliny rodzime, ponieważ są one tańsze i bardziej odporne.

Głównym wyzwaniem związanym z wymiarowaniem jest losowość opadów. Projekt oczyszczalni hydrofitowej obejmuje:

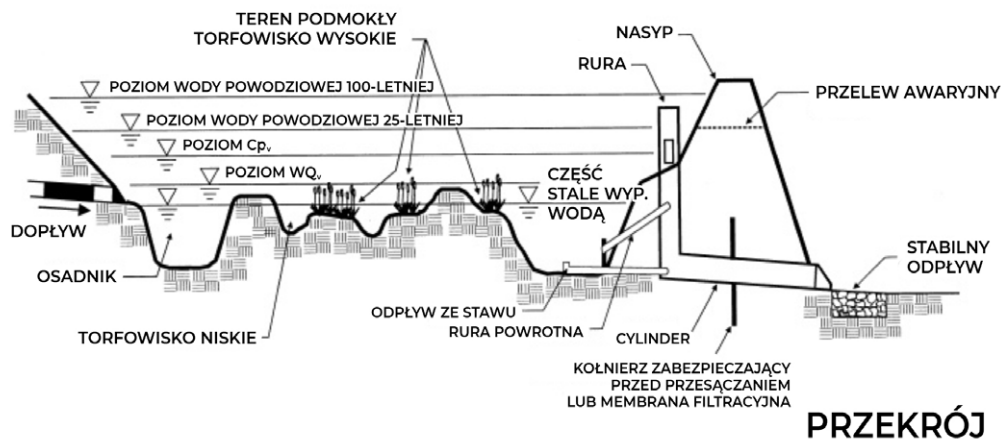
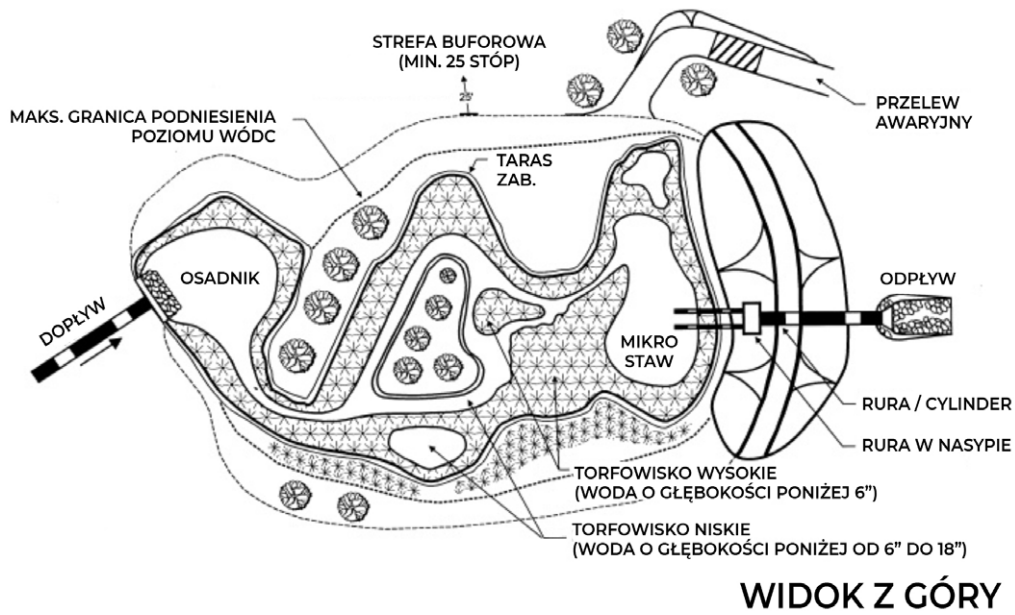
- Osadnik jako zbiornik wstępny, służący do wstępnego oczyszczania umożliwiający sedymentację zawieszonych cząstek stałych w celu uniknięcia potencjalnych szkód i ułatwienia konserwacji
- Połączenie stref podmokłych i zagłębień; płytsze obszary sprzyjają rozwojowi roślinności i umożliwiają wystarczającą wymianę tlenu, a zagłębienia umożliwiają sedymentację i zmniejszają ryzyko ponownego wsiąkania osadów w pobliżu ujścia
- Taras wodny, który działa jak filtr biologiczny i zapewnia bezpieczeństwo oraz walory estetyczne
- Dodatkowe funkcje obejmują wlot, wylot z systemem kontroli przepływu, przelew awaryjny, taras zabezpieczający i dostęp serwisowy.

Ponieważ systemy oczyszczalni hydrofitowych są budowane z wykorzystaniem lokalnej siły roboczej i materiałów, ich koszt zależy od lokalizacji oraz odległości od miejsca produkcji. Koszty kapitałowe są porównywalne z technologiami alternatywnymi, które obejmują prace ziemne, uszczelnienie (jeśli potrzebne) i instalacje. Koszty operacyjne mogą być dość niskie: koszty energii są generalnie niskie w przypadku oczyszczalni hydrofitowej, natomiast koszty utrzymania stają się znaczące, jeśli utrzymywana jest określona roślinność.

Budowa oczyszczalni hydrofitowej wiąże się z utworzeniem nowego siedliska, co prowadzi do zwiększenia różnorodności biologicznej i walorów rekreacyjnych w porównaniu ze zwykłymi stawami.

Oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem powierzchniowym można połączyć z oczyszczalniami hydrofitowymi z przepływem podpowierzchniowym (Sekcja 2.2.6), aby zwiększyć wydajność oczyszczania, pojemność magazynowania, bioróżnorodność i wartość rekreacyjną.

26 Kadlec R.H., Wallace S.D. (2009), "Treatment wetlands - Second Edition", Lewis, Boca Raton



Rysunek 22: Schematy oczyszczalni hydrofitowych służących do oczyszczania wód opadowych²⁷.



Rysunek 23: Przykłady oczyszczalni hydrofitowej do oczyszczania wód opadowych (Źródło: IRIDRA Srl)²⁸.

27 Haubner, S.M. (2001) Georgia Stormwater Management Manual

28 www.iridra.com

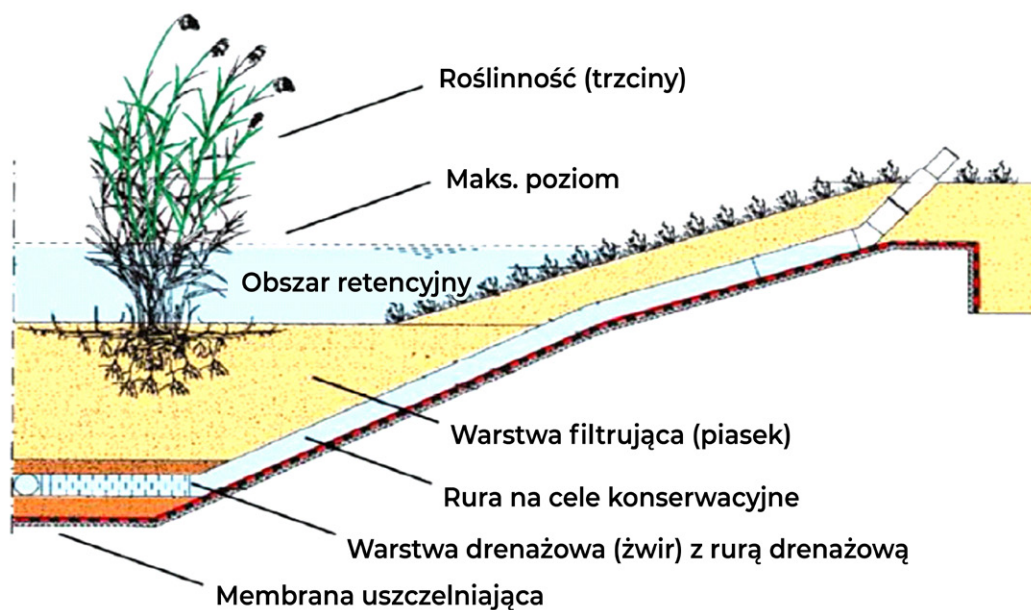


2.2.6. Oczyszczalnia hydrofitowa z przepływem podpowierzchniowym

Oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem podpowierzchniowym to systemy mokradeł, w których woda burzowa przepływa przez porowate podłoże o wybranym rozmiarze (zwykle piasek lub żwir).

Znanym zastosowaniem oczyszczalni hydrofitowych z przepływem podpowierzchniowym do oczyszczania wód opadowych są oczyszczalnie z przepływem pionowym. Ich angielska nazwa - „retention soil filter”, w dosłownym tłumaczeniu „retencyjne filtry glebowe” (dop. tłum.) - wywodzi się z końca lat 80. ubiegłego wieku, kiedy to pierwsze systemy były budowane z wykorzystaniem gleby jako materiału filtracyjnego. Ze względu na problemy związane z utwardzaniem się gleby, materiałem filtracyjnym jest obecnie zwykle piasek (0/2 mm) o stromej krzywej uziarnienia. W nowych systemach nie dopuszcza się już stosowania gruntów spoistych. W Niemczech są one nadal nazywane „Retencyjnym filtrem glebowym”, choć bardziej logiczną byłaby nazwa „Retencyjny filtr piaskowy”²⁹.

Konstrukcja oczyszczalni hydrofitowych z przepływem pionowym zwykle obejmuje dwa etapy: wstępny (zbiornik sedymentacyjny) oraz oczyszczalnia właściwa z przepływem pionowym, obsadzona trzcina. Oczyszczalnia jest uszczelniona względem podłoża i pracuje w trybie dławienia. Woda jest odprowadzana do systemu odwadniającego przez wylot.



Rysunek 24: Profil brzegowy konwencjonalnej oczyszczalni hydrofitowej z przepływem pionowym.

Oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem pionowym są zwykle wymiarowane iteracyjnie na podstawie długotrwałych symulacji. Obciążenie oczyszczalni ładunkiem osadów nie powinno przekraczać 7 kg substancji nadających się do filtrowania na m². Ponadto należy przestrzegać średniej częstotliwości podawania ≥ 10 na rok oraz rocznego czasu retencji w zbiorniku ≤ 48 godzin³⁰.

29 Meyer, D., Molle, P., Esser, D., Troesch, S., Masi, F. i Dittmer, U. (2013) Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment—Comparison of German, French and Italian approaches. *Water* 5(1): 1-12

30 MUNLV 2015, Retentionsbodenfilter. Handbuch für Planung, Bau und Betrieb. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen. 2. Auflage. https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/retentionbodenfilter_handbuch.pdf



Rysunek 25: Oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem pionowym w Berlinie (Fot: Andreas Süß).

Oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem pionowym i ogólnie oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem podpowierzchniowym bardzo skutecznie zatrzymują cząstki stałe i substancje częściowo rozpuszczone (93%). W przypadku fosforu skuteczność usuwania wynosi ok. 80%. Znaczną skuteczność usuwania odnotowano również w przypadku patogenów, metali i powstałych zanieczyszczeń³¹. Oprócz wysokiej wydajności oczyszczania, oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem pionowym znacznie łagodzą szczytowe zrzuty wody dzięki dławieniu odpływu, co zmniejsza obciążenie hydrauliczne jednolitej części wód. Ze względu na szczelną konstrukcję nie dochodzi do oddziaływania na wody gruntowe.

Oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem podpowierzchniowym, w tym oczyszczalnie z przepływem pionowym, mogą być również z powodzeniem stosowane do oczyszczania przelewów kanalizacji ogólnospławnej, w których woda burzowa miesza się ze ściekami³².

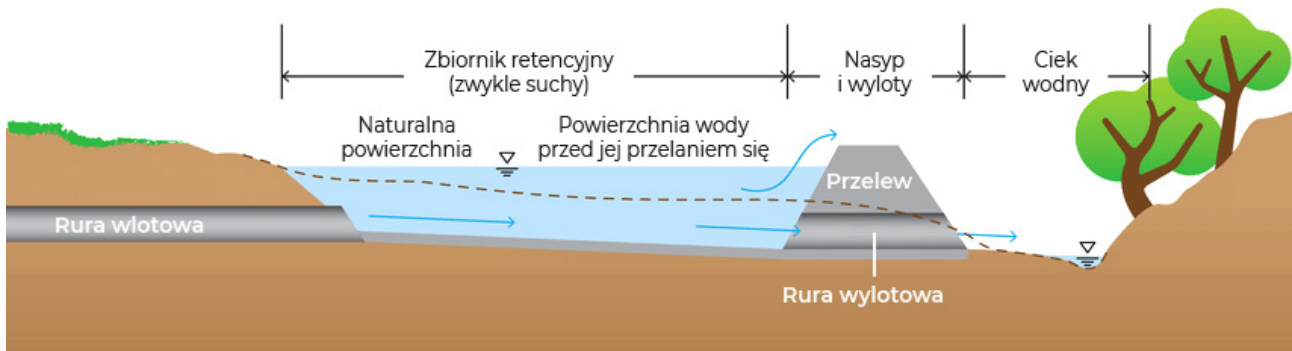
2.2.7. Poldery przeciwpowodziowe

Poldery przeciwpowodziowe to suche zbiorniki, które łagodzą sptyw wód burzowych, zapewniając tymczasowe magazynowanie i kontrolę przepływu. Tam, gdzie są one porośnięte roślinnością, zapewniają również oczyszczanie wody deszczowej pod względem usuwania ciał stałych i osadów. Zbiorniki retencyjne znajdują się zazwyczaj na końcu systemu zarządzania ZSD. Zwykle są one suche i dlatego w pewnych warunkach mogą pełnić także funkcję rekreacyjną.

Polder przeciwpowodziowy pozostaje suchy do czasu wystąpienia opadów, w przeciwieństwie do stawu retencyjnego, który zatrzymuje wodę także podczas suchej pogody i jest zaprojektowany tak, aby zatrzymywać więcej wody w czasie deszczu. Kluczową kwestią nie jest ich działanie w ekstremalnych warunkach, ale ich długoterminowa żywotność i poziom konserwacji, który jest konieczny do utrzymania ich sprawnego działania.

31 Tondera, K., Blecken, G. T., Chazarenc, F. i Tanner, C.C. (red.) (2018) Ecotechnologies for the Treatment of Variable Stormwater and Wastewater Flows. Springer Briefs in Water Science and Technology

32 Rizzo, A., Tondera, K., Pálffy, T.G., Dittmer, U., Meyer, D., Schreiber, C., Zacharias, N., Ruppelt, J.P., Esser, D., Molle, P., Troesch, S., Masi F. 2020. Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment: A state-of-the-art review. Science of The Total Environment 727: 138618



Rysunek 26: Typowy przekrój polderu przeciwpowodziowego³³.



Rysunek 27: Polder przeciwpowodziowy w okresach suchych i mokrych³⁴.

2.3. Infiltracja

Infiltracja umożliwia powolne przesączanie się wody deszczowej przez górną warstwę gleby (pokrytą roślinnością lub nie) w jej głąb, co zmniejsza ładunek zanieczyszczeń i przyczynia się do zasilania wód gruntowych. Infiltracja jest najbardziej odpowiednia dla obszarów, gdzie spływ jest stosunkowo mało zanieczyszczony. W procesie planowania należy wziąć pod uwagę spadek tempa infiltracji wraz z upływem czasu w wyniku utwardzania się gleby.

Infiltracja powierzchniowa za pomocą przepuszczalnych nawierzchni, muld chłonnych lub rowów infiltracyjnych jest z powodzeniem stosowana od dziesięcioleci do zagospodarowywania wody deszczowej na miejscu. Ostatnio w celu zmniejszenia spływu w przypadku gleb słabo przepuszczalnych powszechnie stosuje się systemy kombinowane, takie jak system muld chłonnych i rowów infiltracyjnych.

Podczas infiltracji przez podłoże woda deszczowa jest oczyszczana przez szereg procesów biotycznych i niebiotycznych, takich jak adsorpcja, sedymentacja, biodegradacja i filtracja. Strefa infiltracji powinna mieć co najmniej 30 cm aktywnej warstwy wierzchniej gleby, aby zapewnić optymalny efekt filtrowania zanieczyszczeń znajdujących się w wodzie deszczowej.

³³ Coombes, P. i Roso, S. (red.) (2019) Runoff in Urban Areas, Book 9 in Australian Rainfall and Runoff - A Guide to Flood Estimation, Commonwealth of Australia, Commonwealth of Australia (Geoscience Australia)

³⁴ A guide to support the selection, design and implementation of Natural Water Retention Measures in Europe (NWRM): Capturing the multiple benefits of nature-based solutions (2014). Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Środowiska www.nwrm.eu



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1

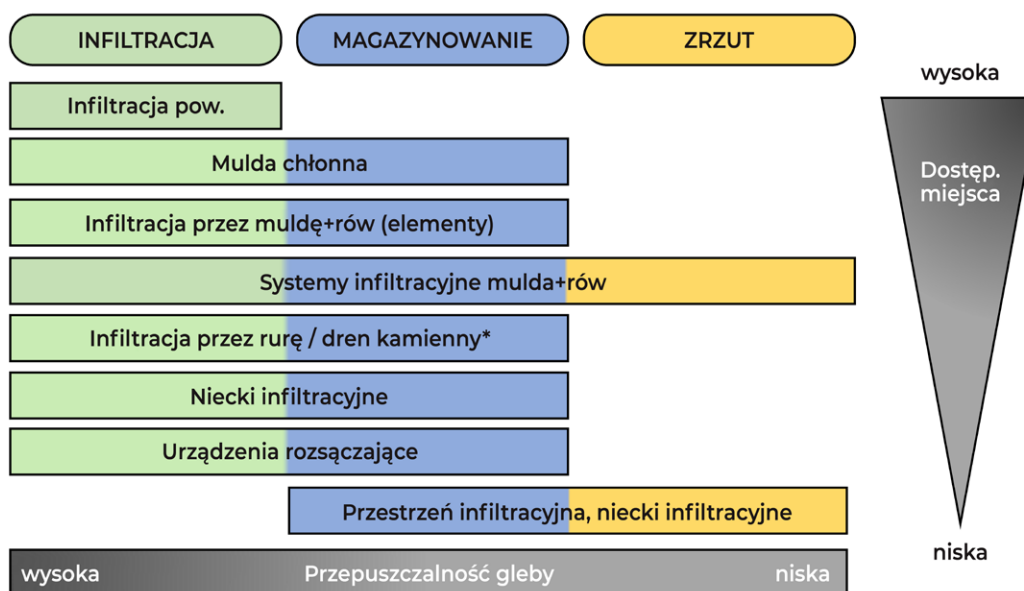
Głównym czynnikiem determinującym, czy w danym miejscu można zastosować infiltrację jest przepuszczalność gleby, w tym jej aktywnej biologicznie, bogatej w humus wierzchniej warstwy. Przepuszczalność gleby wyraża się współczynnikiem przepuszczalności, k_f , który określa się za pomocą prostych testów przepuszczalności. Znaczącą infiltrację można uzyskać w glebach, w których k_f wynosi od $1 \times 10^{-3} \text{m/s}$ do $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$.

Przy każdej technologii infiltracji muszą być spełnione następujące wymagania:

- Warunki hydrogeologiczne gruntu i podłoża należy potwierdzić badaniami geotechnicznymi pod kątem ich przydatności i stabilności oraz uwzględnić potrzebę ochrony wód gruntowych przed ewentualnym skażeniem
- Dobra przepuszczalność gleby na cele infiltracji
- Zwierciadło wód gruntowych powinno znajdować się ponad 1 m poniżej podstawy konstrukcji infiltracyjnej
- Systemy infiltracyjne nie powinny być budowane w odległości mniejszej niż 5 m od fundamentów budynków
- Należy infiltrować tylko słabo zanieczyszczone wody opadowe lub wstępnie oczyszczone spływy
- Należy unikać zagęszczania gleby w miejscu infiltracji.

Ogólnie rzecz biorąc, wybrana technika infiltracji będzie zależała od przepuszczalności i właściwości gleby, dostępnej powierzchni, wrażliwości warstwy wodonośnej oraz stopnia zanieczyszczenia wód opadowych.

Rysunek 28 przedstawia potencjalne obszary zastosowania różnych systemów infiltracji w zależności od przepuszczalności gleby i dostępności przestrzeni.





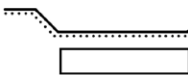

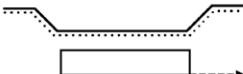

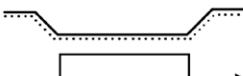

Rysunek 28: Obszary zastosowania dla różnych systemów infiltracji w zależności od przepuszczalności gleby i dostępności przestrzeni³⁵ (* Niezalecane).

35 Londong, D. Nothnagel, A. (1999) Bauen mit dem Regenwasser. Aus der Praxis von Projekten. Oldenbourg



W tabeli 5 przedstawiono kryteria wyboru zastosowania muld chłonnych lub systemu mieszanego mulda chłonna+rów infiltracyjny do infiltracji wody deszczowej w zależności od przepuszczalności gleby (k_f) i dostępności miejsca.

Tabela 5: Kryteria wyboru dla niektórych technologii infiltracji dla różnych warunków glebowych i terenowych (zaadaptowane z Londong oraz Nothnagel, 1999).

| Przepuszczalność | | | | Procedura wyboru techniki infiltracji wody deszczowej | |
|------------------|-------------|-------------------|-------------------|---|---|
| Klasa | Przepuszcz. | k_f od | k_f do | Dostępność niewielkiego obszaru ⁽¹⁾ | Dostępność sporego obszaru ⁽²⁾ |
| II | wysoka | $1 \cdot 10^{-5}$ | $5 \cdot 10^{-6}$ |  Infiltracja przez muldy chłonne |  Infiltracja przez muldy chłonne 10 : 1 |
| II | średnia | $5 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-6}$ |  Infiltracja w systemie mieszanym mulda chłonna+rów infiltracyjny bez odpływu |  Infiltracja przez muldy chłonne 6 : 1 |
| III | średnia | $2 \cdot 10^{-6}$ | $7 \cdot 10^{-7}$ |  Infiltracja w systemie mieszanym mulda chłonna+rów infiltr. z częściowo dławionym odpływem |  Infiltracja przez muldy chłonne 4 : 1 |
| IV | niska | $7 \cdot 10^{-7}$ | $2 \cdot 10^{-7}$ |  Infiltracja w systemie mieszanym mulda chłonna+rów infiltr. z dławionym odpływem (3) |  Infiltracja przez muldy chłonne 2 : 1 |

(1) Stosunek powiązanej powierzchni nieprzepuszczalnej do powierzchni infiltracji wynosi 10:1; (2) Stosunek powiązanej powierzchni nieprzepuszczalnej do powierzchni infiltracji jak wskazano; (3) k_f bez ograniczenia w dół.

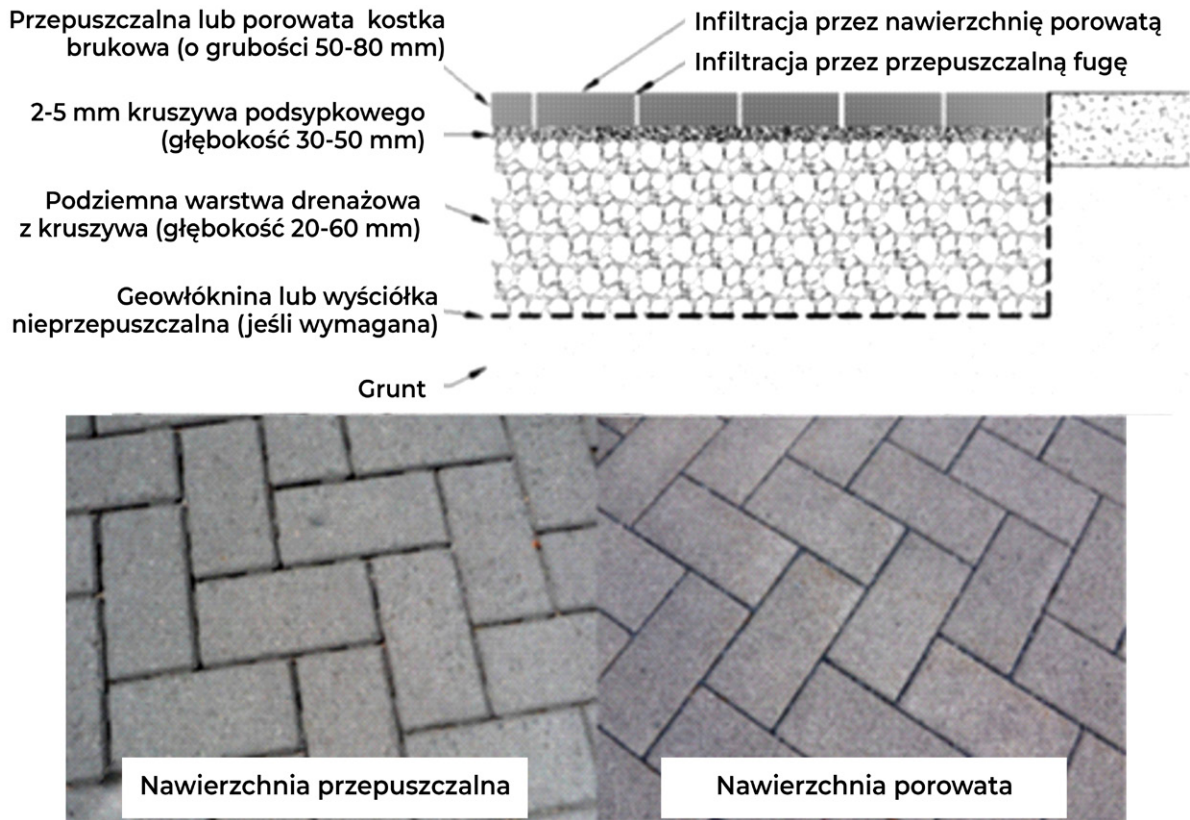
2.3.1. Przepuszczalna / porowata nawierzchnia

Przepuszczalne lub porowate nawierzchnie umożliwiają infiltrację wody deszczowej do gruntu przez kilka warstw różnych drobnoziarnistych materiałów. W zależności od warunków gruntowych woda może infiltrować bezpośrednio do gruntu lub gromadzić się w warstwie drenażowej (np. w warstwie tłucznia), a następnie powoli wsiąkać w glebę. Jeśli infiltracja jest niemożliwa, można zastosować nieprzepuszczalną membranę z przelewem tak, aby na chodniku nie zalegała woda. Najczęściej stosowane nawierzchnie przepuszczalne to beton przepuszczalny, asfalt porowaty, kostka kamienna, betonowe płyty ażurowe i przepuszczalna betonowa kostka brukowa.

Wszystkie nawierzchnie przepuszczalne mają podobny układ warstw konstrukcyjnych, składający się z warstwy wierzchniej, leżącej pod nią podziemnej warstwy drenażowej z kruszywa kamiennego, drenów podziemnych do filtracji oraz geowłókniny na podkładzie z gruntu niezagęszczonego (Rysunek 29). Woda deszczowa przesącza się i infiltrowuje przez nawierzchnię do warstw kruszywa i/lub gleby poniżej. W zależności od warunków gruntowych woda może infiltrować bezpośrednio do podłoża lub być magazynowana (zatrzymywana) w podziemnej warstwie drenażowej, a następnie powoli wsiąkać w grunt. Jeśli infiltracja jest niemożliwa, można zastosować nieprzepuszczalną membranę z przelewem rurowym. W tym przypadku nawierzchnie przepuszczalne pełnią jedynie funkcję retencyjną. Obszary zastosowań obejmują powierzchnie ulic o małym natężeniu ruchu, parkingi, dziedzińce, strefy dla pieszych, chodniki w budynkach mieszkalnych, obiekty sportowe itp.



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1



Rysunek 29: Struktura projektu typowej nawierzchni przepuszczalnej.



Trawniki żwirowe: mieszanka humusu i żwiru/ grysu. Nasiona trawy są rozrzucone na powierzchni i ubijane



Nawierzchnia żwirowa/ grysowa: żwir lub grys o jednolitej średniej granulacji, ułożony na przepuszczalnej podbudowie



Płyta ażurowa: płyty betonowe z otworami w kształcie plastra miodu wypełnione humusem i porośnięte trawą; powierzchnia zielona powyżej 40%



Asfalt porowaty: kostka kamienna o strukturze ziarnistej z dużymi porami. W połączeniu z przepuszczającą wodę fugą, powierzchnie utwardzone są w dużej mierze bezodpływowe



Nawierzchnia betonowa: kostka kamienna z wkładkami dystansowymi, które zapewniają szerokie szczeliny (fuga) między kostkami, porośnięta trawą i roślinami; szczeliny do 35%

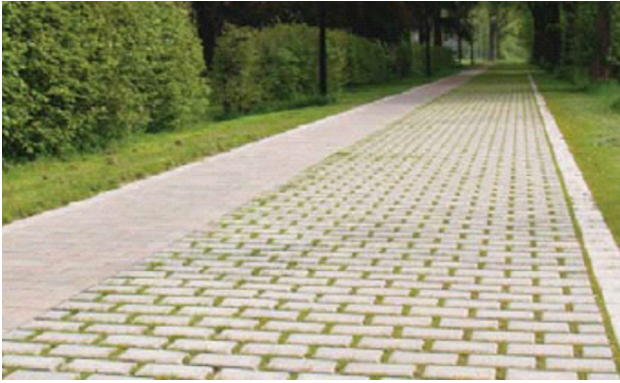


Kostka brukowa z wąskimi szczelinami, które są wypełnione grysem lub żwirem

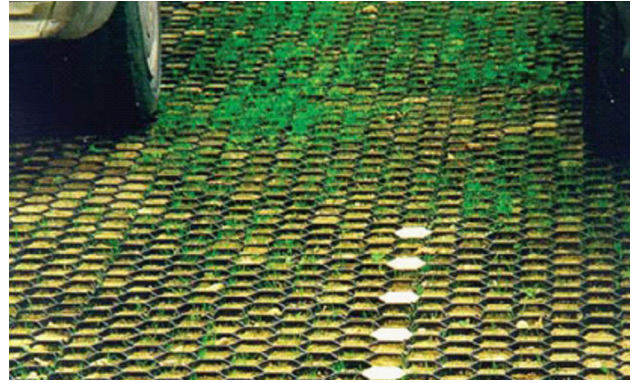
Rysunek 30: Różne rodzaje nawierzchni przepuszczalnych i porowatych.

Tabela 6: Współczynniki sptywu dla różnych powierzchni.

| Rodzaj nawierzchni | Współczynnik sptywu |
|---|---------------------|
| Prosta pokrywa trawiasta (darń) / Intensywny zielony dach | 0 - 0,2 |
| Trawnik żwirowy | 0,2 - 0,3 |
| Ekstensywny zielony dach | 0,3 - 0,5 |
| Kostka ażurowa | 0,4 - 0,5 |
| Mozaika lub mała kostka brukowa z dużą fugą | 0,5 - 0,6 |
| Średnia i duża kostka brukowa z otwartą fugą | 0,5 - 0,7 |
| Betonowa kostka brukowa i płyty chodnikowe | 0,5 - 0,8 |
| Nawierzchnia betonowa i asfaltowa | 0,9 |
| Dachy metalowe i szklane | 0,95 |



Nawierzchnia betonowa



Kraty trawnikowe ze wschodzącą roślinnością



Płyty ażurowe na parkingu rowerowym



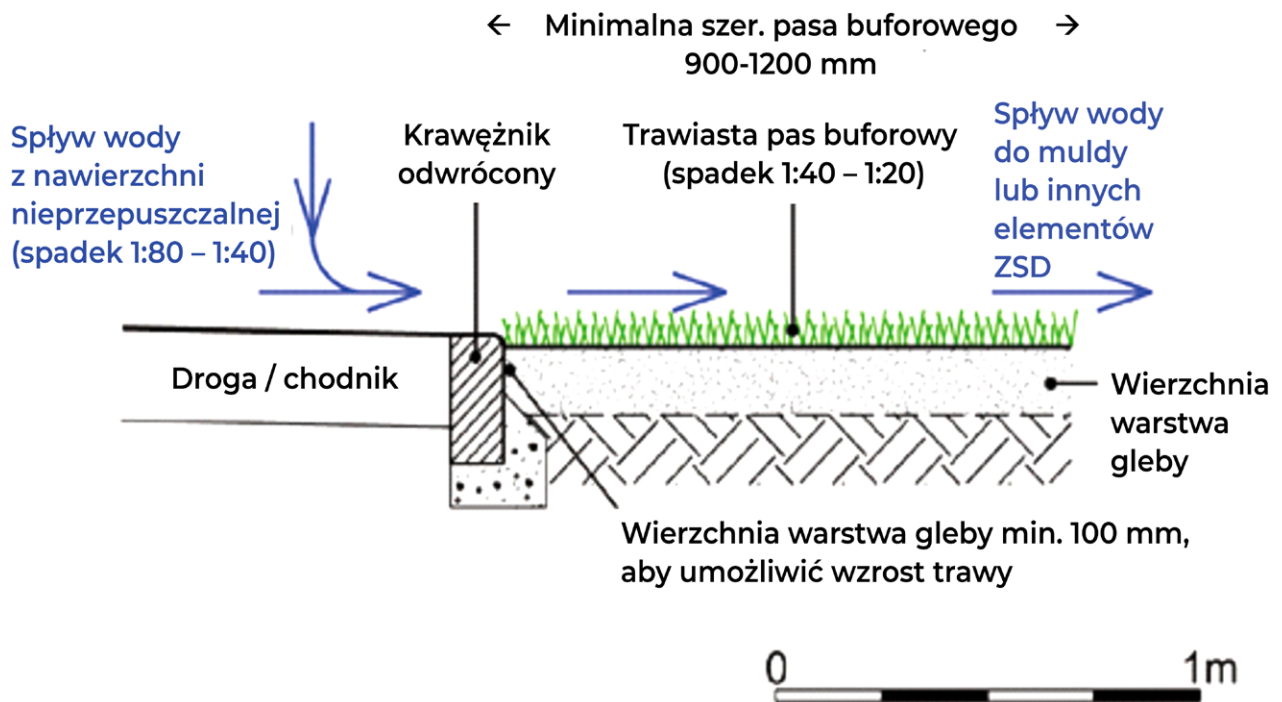
Nawierzchnia z otwartą fugą (szczelinami) i betonowe płyty ażurowe na miejscach postojowych

Rysunek 31: Różne zastosowania nawierzchni przepuszczalnych (ścieżki dla pieszych, pojazdów i rowerów).

2.3.2. Pasy buforowe

Pasy (strefy) buforowe to szerokie, łagodnie nachylone obszary porośnięte trawą lub inną gęstą roślinnością, które zbierają wody spływające z powierzchni nieprzepuszczalnych. Woda deszczowa przepływa splotem warstwowym przez strefę buforową, co powoduje spowolnienie przepływu oraz zatrzymuje muł i zanieczyszczenia, umożliwiając infiltrację części wody do gruntu. Pasy buforowe są zwykle wykorzystywane do ochrony innych struktur infiltracyjnych znajdujących się w dalszej części systemu gospodarki wodnej. Ponieważ wykorzystują one splot warstwowym, a nie korytowy, są bardziej efektywne w usuwaniu zawieszin ze splotu niż muldy chłonne.

Pasy buforowe są przeznaczone do oczyszczania przepływów powierzchniowych o minimalnym czasie zalegania wynoszącym 5 minut. Aby usprawnić usuwanie zanieczyszczeń, prędkości przepływu muszą być utrzymywane na niskim poziomie. W Wielkiej Brytanii w celu zwiększenia sedimentacji zaleca się maksymalną prędkość przepływu wynoszącą 0,3 m/s. Optymalna długość pasów buforowych to 5-15 m, a ich minimalna szerokość to 90-120 cm. Trawa lub roślinność powinna być odporna na warunki wilgotne i suche, a także na duże prędkości przepływu wody. Kanalizowanie wód i zbyt szybko występujące awarie systemu mogą wynikać ze złego projektu i konstrukcji lub braku konserwacji.



Rysunek 32: Schemat pasa buforowego (Anglian Water).



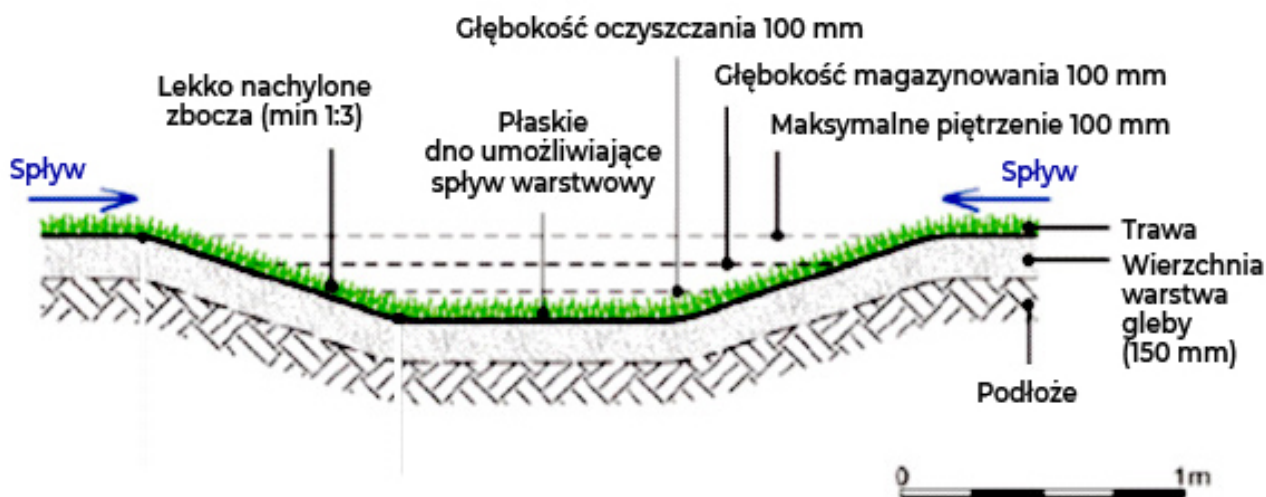
Rysunek 33: Strefa buforowa przylegająca do drogi³⁶ i pas buforowy znajdujący się w centrum miasta (NWRM).

36 <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/filtration/filter-strips.html>



2.3.3. Muldy chłonne (muldy chłonne z nasadzeniami)

Muldy chłonne to otwarte, szerokie i płytkie kanały, zwykle porośnięte trawą, które odprowadzają wodę deszczową z powierzchni nieprzepuszczalnych, oczyszczają ją, filtrują i infiltrują do gruntu. Roślinność pomaga w zatrzymywaniu zanieczyszczeń i zmniejszaniu prędkości spływu wód opadowych. Są zwykle stosowane tam, gdzie powierzchnia przeznaczona do infiltracji powierzchniowej jest niewystarczająca. Służą one do tymczasowego magazynowania, oczyszczania i infiltracji.



Rysunek 34: Schemat ideowy muldy chłonnej z nasadzeniami (Anglian Water).

Muldy chłonne dobrze oczyszczają wody opadowe, wymagają mniej miejsca i mniejszej przepuszczalności gleby niż infiltracja powierzchniowa. Woda może być odprowadzana przez otwarte rynny do muldy, którą można wkomponować w tereny zielone. Muldy chłonne powinny być stosowane jako pierwszy etap systemu ZSD, i powinny przyjmować one rozproszony spływ z przyległych obszarów nieprzepuszczalnych lub słabo przepuszczalnych. W związku z tym obszar zlewni jest zwykle stosunkowo niewielki, np. powierzchnia dachu, parking, powierzchnia drogi lub małe pole. Najistotniejszym parametrem jest powiązany obszar zlewni. Zasadą jest, że całkowita powierzchnia muldy chłonnej powinna wynosić około 2-5% (w przypadku mało intensywnych opadów) lub 10-20% (w przypadku intensywnych opadów) powierzchni, z której spływają do niej wody. Roślinność porastająca muldę może być mieszanką roślin, w tym traw z obszarów wilgotnych i suchych, co zwiększy bioróżnorodność.

Tabela 7: Optymalne parametry projektowe dla muld chłonnych z nasadzeniami.

| | |
|------------------------------|--|
| Wymagana powierzchnia | Mało intensywne opady: 2 - 5% powiązanego obszaru zlewni Intensywne opady: 10 - 20% powiązanego obszaru zlewni |
| Szerokość | 1 - 2,5 m |
| Głębokość | 20 - 50 cm (zwykle 1/5 szerokości) |
| Nachylenie podłużne | Minimalnie 1%, maksymalnie 4% |
| Podbudowa | Wierzchnia warstwa gleby z podłożem (zwykle trawą): > 10 cm. Aby uzyskać dobrą wydajność oczyszczania, zaleca się ok. 30 cm |



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1



Rysunek 35: Muldy chłonne z nasadzeniami (Büro Grimm).



Rysunek 36: Muldy chłonne na terenach mieszkalnych (Sieker).



2.3.4. Niecki infiltracyjne

Niecki infiltracyjne to naturalne lub zbudowane płytkie, porośnięte roślinnością zagłębienia, które tymczasowo, przez kilka dni, magazynują i infiltrują spływy burzowe do otaczającej je przepuszczalnej gleby. Zazwyczaj zbierają one spływy wód powierzchniowych z małych obszarów. Niecki infiltracyjne są suche, z wyjątkiem okresów intensywnych opadów. Są one podobne do polderów przeciwpowodziowych, które zatrzymują wodę tylko przez krótki czas, z tą różnicą, że są zaprojektowane tak, aby umożliwić wsiąkanie wody w ziemię, a także zapewnić jej magazynowanie.

Roślinność powinna być odporna na warunki wilgotne i suche, przy czym roślinność głęboko zakorzeniona poprawia zdolność infiltracji w zbiorniku i zmniejsza tempo utwardzania się gleby. Niecki infiltracyjne można obsadzić drzewami, krzewami i innymi roślinami, tworząc w ten sposób siedliska dla dzikich zwierząt. Niecki infiltracyjne mogą być włączane do nowych projektów, w których można zachować istniejącą roślinność i wykorzystać ją jako obszar infiltracji. Spływy z sąsiednich budynków i powierzchni nieprzepuszczalnych można kierować na ten obszar, zwiększając w ten sposób ewapotranspirację i ułatwiając infiltrację.



Rysunek 37: Schemat ideowy niecki infiltracyjnej (Anglian Water).



Rysunek 38: Pusta³⁷ i wypełniona niecka infiltracyjna³⁸.

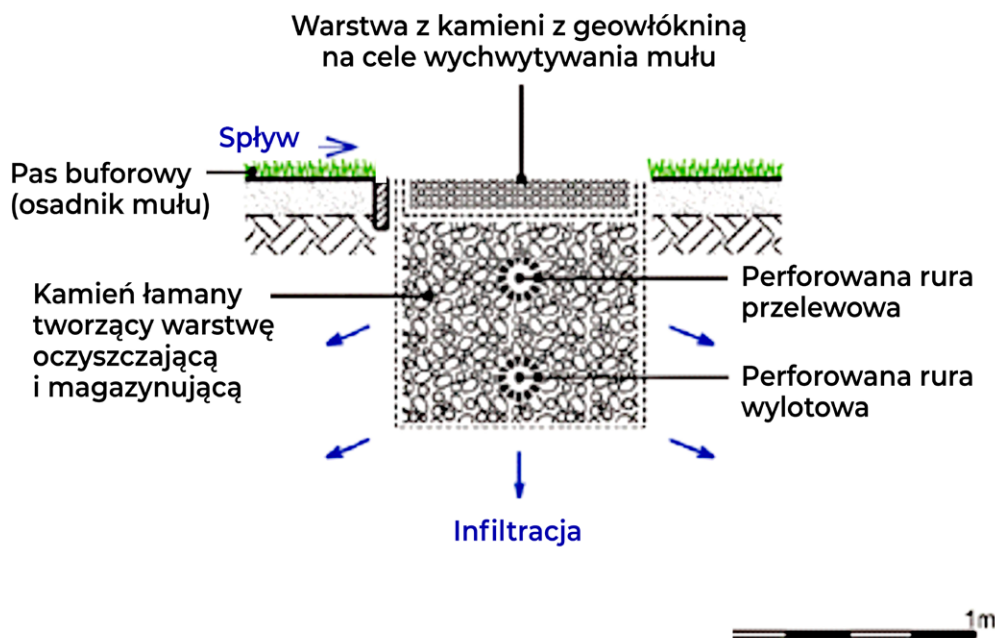
37 https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/BMPs_for_stormwater_infiltration

38 <https://www.stormwaterpartners.com/facilities-infiltration-basin>



2.3.5. Rowy infiltracyjne

Rowy infiltracyjne to liniowe, płytkie wykopy, które są wypełnione przepuszczalnym materiałem ziarnistym (żwirem, granulatem lawy wulkanicznej lub kamieniami) lub innym materiałem o dużej pojemności retencyjnej (skrzynki rozsączające), zbierającym spływy powierzchniowe z powierzchni nieprzepuszczalnych i stopniowo filtrującym je do gruntu. Spływ jest magazynowany w pustych przestrzeniach, dzięki czemu powoli infiltruje do gruntu, działając w ten sposób jako tymczasowy podziemny zbiornik retencyjny. Ich trwałość zwiększa się dzięki zastosowaniu skutecznego systemu oczyszczania wstępnego (np. pasa buforowego), który usuwa nadmiar cząstek stałych na dopływie. Rów infiltracyjny może być pokryty roślinnością lub materiałami małej architektury jak żwir, cegły czy kostka. Zebrana woda deszczowa jest prowadzona po powierzchni (odpływ powierzchniowy) do wypełnionego żwirem rowu lub pod powierzchnią (odpływ podpowierzchniowy) do perforowanej rury otoczonej żwirem, gdzie jest tymczasowo magazynowana i skąd woda deszczowa stopniowo wsiąka w grunt (Rysunek 39). Zazwyczaj podłączona jest także studzienka z urządzeniem przelewowym i dławiącym. Ten rodzaj infiltracji wymaga niewiele miejsca, ale trudno jest kontrolować system podziemny.

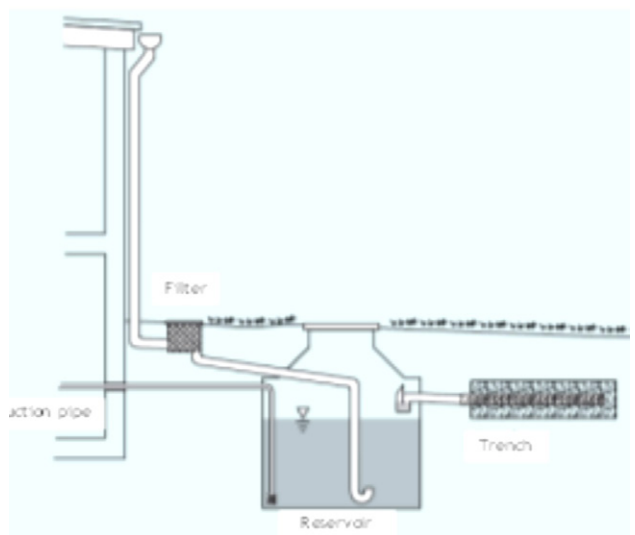


Rysunek 39: Schemat ideowy rowu infiltracyjnego z warstwą drenażową z kamyków i perforowanymi rurami spustowymi (Anglian Water).

Rowy infiltracyjne są zwykle wyścielane membraną geotekstylną, aby zapobiec zanieczyszczeniu materiału wypełniającego wierzchnią warstwą gleby. Woda powinna do nich spływać w sposób rozproszony na całej ich długości i należy zapewnić możliwość awaryjnego przelewu w przypadku wystąpienia ekstremalnych zdarzeń. Na obu końcach rowu infiltracyjnego, oraz w odpowiednich odstępach wzdłuż jego długości powinny znajdować się otwory rewizyjne lub wpusty umożliwiające dostęp do rury perforowanej. Rowy powinny mieć możliwość odwadniania i napowietrzania między kolejnymi opadami. W przypadku długich rowów infiltracyjnych zaleca się umieszczenie rur rewizyjnych w regularnych odstępach wzdłuż rowu. Rowy infiltracyjne powinny być wkomponowane w ogólny krajobraz i otwarte przestrzenie, co pozwoli na dwojaki wykorzystanie terenu. Ze względu na wąski kształt można je łatwo wkomponować w teren, przy minimalnym zapotrzebowaniu na miejsce.



Rysunek 40: Przykłady rowów infiltracyjnych³⁹.



Rysunek 41: Rów infiltracyjny z połączeniem do dachu⁴⁰.

39 Minnesota Stormwater Manual. <https://sustainablestormwater.org/2007/05/23/infiltration-trenches/>

40 <https://www.sudswales.com/types/source-control/infiltration-trenches/>

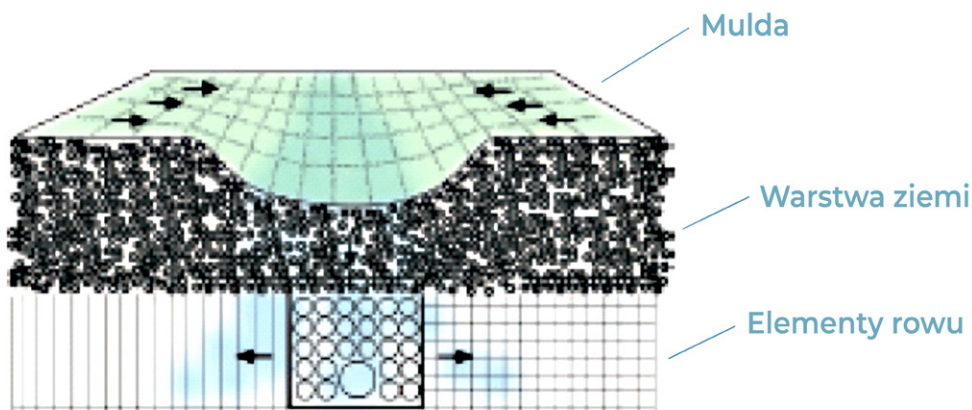


2.3.6. System mieszany mulda chłonna+rów infiltracyjny

System mieszany mulda chłonna+rów infiltracyjny to połączenie retencji powierzchniowej i oczyszczania w muldzie chłonnej oraz retencji podziemnej w rowie. Zapewnia dobry stopień oczyszczania i wymaga mniej miejsca niż infiltracja powierzchniowa lub infiltracja przez muldy chłonne. Woda deszczowa przedostaje się przez górną warstwę gleby do przepuszczalnej strefy rowu, skąd jest infiltrowana do głębszych warstw lub odprowadzana do rzeki albo kanału ściekowego. System mieszany mulda chłonna+rów infiltracyjny są szczególnie przydatne, jeśli przestrzeń jest ograniczona a gleba umiarkowanie przepuszczalna.

Budowa systemu mieszanego mulda chłonna+rów infiltracyjny obejmuje następujące elementy (Rysunek 42):

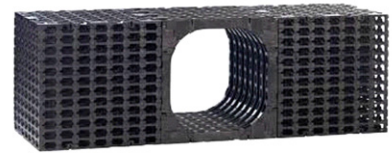
- Warstwa wierzchniej warstwy gleby (30 cm) i warstwa żwiru (5 cm) między rowem infiltracyjnym a muldą chłonną
- Rów jako zbiornik retencyjny wypełniony żwirem (o uziarnieniu 16/32) i rurą spustową lub rów z wypełnieniem ze skrzynek rozsączających
- Studzienka dławiąca z elementem dławiącym na końcu rury spustowej
- Przelew.



Rysunek 42: Przekrój poprzeczny w systemie mieszanym mulda chłonna+rów infiltracyjny (zaadaptowane z fbr).

Zarówno naziemna mulda chłonna, jak i podziemny rów zapewniają przestrzeń magazynową. Awaryjny przelew z kanalizacji do rowu infiltracyjnego odciąża kanalizację podczas szczytowych obciążeń hydraulicznych. Na końcu rury spustowej w rowie infiltracyjnym element dławiący zapewnia dławiony odpływ wody deszczowej do kanalizacji lub jednolitej części wód powierzchniowych.

Wymagana powierzchnia dla systemu mieszanego mulda chłonna+rów infiltracyjny to około 10% powiązanej nieprzepuszczalnej powierzchni, i jest ona mniejsza niż w przypadku samej muldy lub rowu. Systemy mieszane mulda chłonna+rów infiltracyjny są zwykle stosowane tam, gdzie wierzchnia warstwa gleby jest słabo przepuszczalna ($k_f < 10^{-6} \text{ m/s}$, jak w przypadku gleb gliniastych) i współczynnik infiltracji zwykle nie przekracza 50%. Mulda chłonna intensywnie oczyszcza wodę deszczową przed jej wprowadzeniem do rowu. Uszczelnienie systemu mieszanego mulda chłonna+rów infiltracyjny za pomocą membrany geotekstylnej chroni system przed zatkaniami przez wierzchnią warstwę gleby.



Rysunek 43: Elementy rowów (skrzynki rozsączające) dla systemów mieszanych mulda chłonna+row infiltracyjny (ENREGIS).



Rysunek 44: Systemy mieszane mulda chłonna+row infiltracyjny w Berlinie (Sieker).

Wydajność systemu mieszanego mulda chłonna+row infiltracyjny jest taka sama jak połączonych systemów muld i rowów. Badania wykazały, że system mieszany mulda chłonna+row infiltracyjny spełnia większość celów projektowych, włączając w to znaczne zmniejszenie całkowitego odpływu i szczytowych natężeń przepływu, usuwanie zanieczyszczeń i zwiększone zasilanie wód gruntowych.



3. Zestawienie różnych metod gospodarowania wodami opadowymi

Tabela 8: Zapotrzebowanie na miejsce dla różnych metod gospodarowania wodami opadowymi (zaadaptowane z Sieker, 1999)⁴¹.

| Metoda | Wymagana powierzchnia (m ² /ha) |
|---|--|
| Zbieranie wody deszczowej | 400 |
| Zielone dachy | 0 |
| Nawierzchnie przepuszczalne | 0 |
| Infiltracja powierzchniowa | 5 000 |
| Infiltracja przez muldy chłonne | 2 000 |
| Infiltracja przez rów | 1 200 |
| Infiltracja przez system mieszany mulda chłonna + rów infiltracyjny | 1 000 |
| Urządzenia rozsączające | 100 |

41 Sieker, H. (1999) Generelle Planung der Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. Dissertation. Technische Universität Darmstadt https://www.sieker.de/aktuelles/news/generelle-planung-der-regenwasserbewirtschaftung-in-siedlungsgebieten-dis-sertation-technische-universitaet-darmstadt-166.html?no_cache=1



Tabela 9: Potencjał i wpływ różnych metod gospodarowania wodą deszczową.

| LEGENDA | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Wysoki | | | | | | | | | | | | | |
| | Średni | | | | | | | | | | | | | |
| | Niski | | | | | | | | | | | | | |
| | Żaden | | | | | | | | | | | | | |
| Ograniczanie skutków powodzi | | | | | | | | | | | | | | |
| Retencja wody | | | | | | | | | | | | | | |
| Spowolnienie spływu | | | | | | | | | | | | | | |
| Magazynowanie spływu | | | | | | | | | | | | | | |
| Filtrowanie zanieczyszczeń | | | | | | | | | | | | | | |
| Zwiększenie ewapotranspiracji | | | | | | | | | | | | | | |
| Zwiększenie infiltracji | | | | | | | | | | | | | | |
| Przerywanie ścieżek zanieczyszczeń | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrola erozji | | | | | | | | | | | | | | |
| Zasilanie wód gruntowych | | | | | | | | | | | | | | |
| Łagodzenie zmiany klimatu | | | | | | | | | | | | | | |
| Zmniejszenie maks. temperatur | | | | | | | | | | | | | | |
| Tworzenie siedlisk wodnych | | | | | | | | | | | | | | |
| Zwiększenie bioróżnorodności | | | | | | | | | | | | | | |
| Potencjał rekreacyjny | | | | | | | | | | | | | | |
| Wartość rekreacyjna | | | | | | | | | | | | | | |



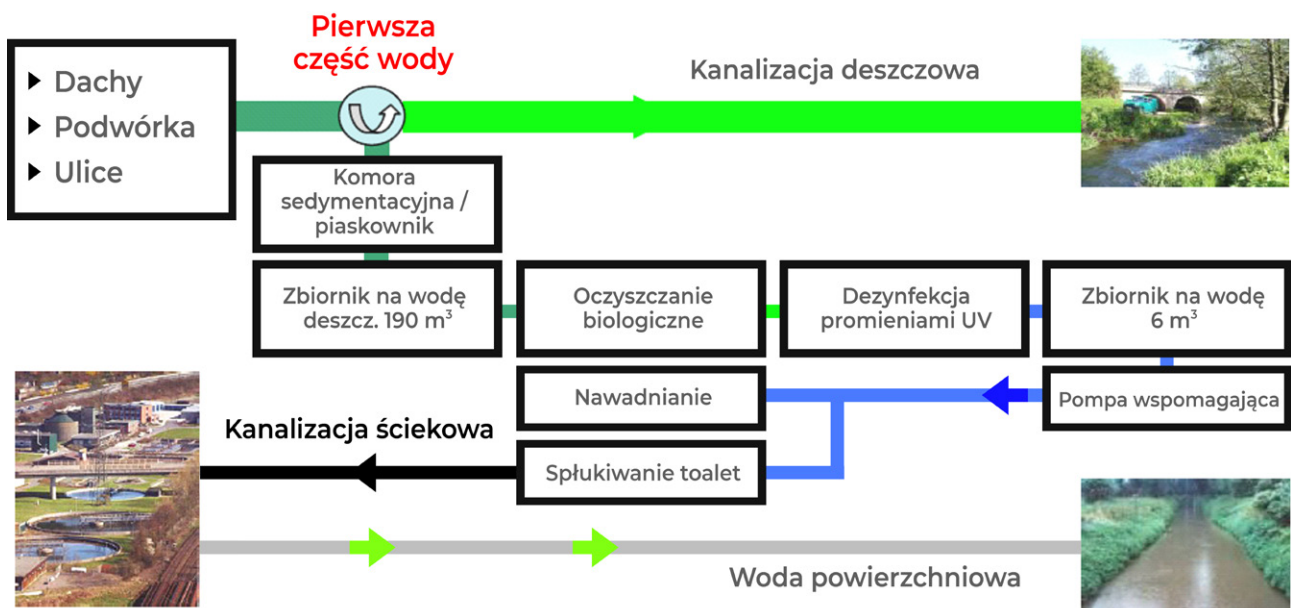
4. Najlepsze praktyki

4.1. Zbieranie wody deszczowej, dzielnica mieszkaniowa Belß-Lüdecke, Berlin

Okres budowy: 2000 - 2001

W dzielnicy mieszkaniowej Belß-Lüdeckestraße w Berlinie zanieczyszczona pierwsza część wody deszczowej (pierwsza fala spływu zanieczyszczeń, tzw. „first flow”) pochodzącej z dachów, dziedzińców i otaczających je powierzchni komunikacyjnych kompleksu mieszkalnego jest kierowana, zbierana i oczyszczana przy użyciu filtrów oczyszczalni hydrofitowych z nasadzeniami, a następnie dezynfekowana promieniami UV.

Oczyszczona woda deszczowa jest wykorzystywana do spłukiwania toalet w mieszkaniach oraz do podlewania ogrodów. Jedynie niezanieczyszczona w znacznym stopniu część wody deszczowej trafia do kanalizacji deszczowej i jest odprowadzana do pobliskiej jednolitej części wód powierzchniowych. Był to pierwszy tego typu projekt, w ramach którego zbierano i oczyszczano wodę deszczową ze spływów ulicznych do użytku wewnętrznego⁴².



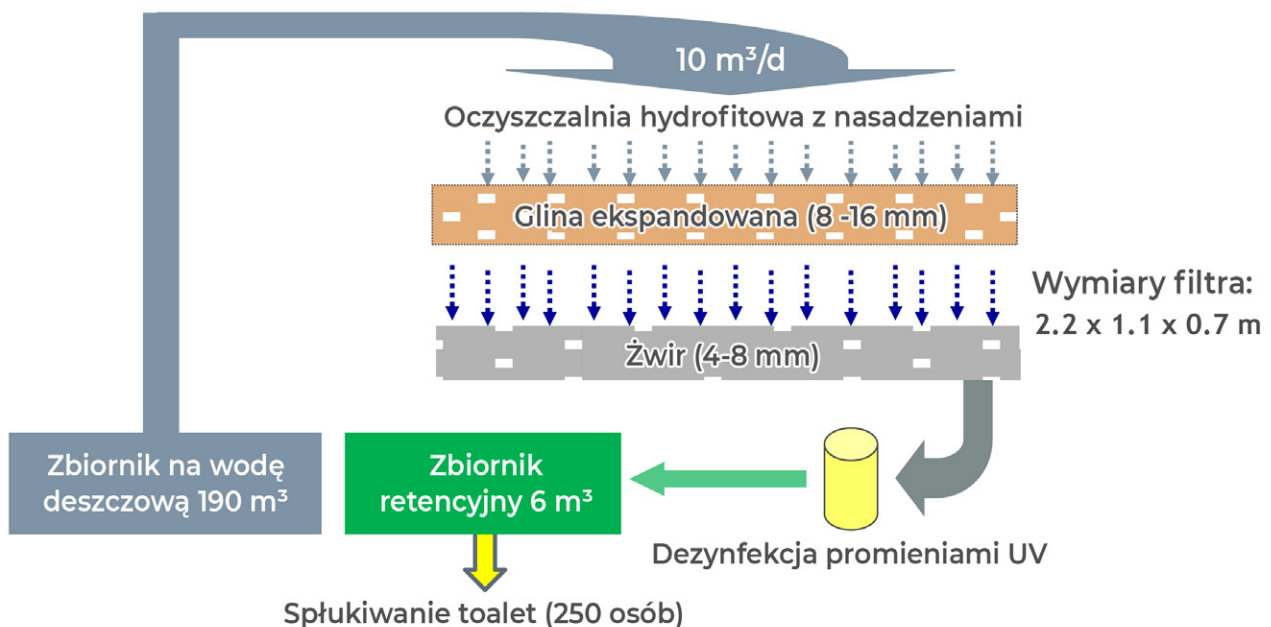
Rysunek 45: Schemat poglądowy systemu gospodarowania wodą deszczową w dzielnicy Belß-Lüdecke, Berlin.

42 Nolde, E. (2007) Possibilities of rainwater utilisation in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces. Desalination 215 (1): 1-11



Tabela 10: Dane techniczne

| Projekt: Zbieranie wody deszczowej Belß-Lüdecke Strasse, Berlin | |
|---|--|
| Opis | Jest to pierwszy tego typu projekt w Berlinie, w ramach którego zbierane i oczyszczane są wody spływające z powierzchni komunikacyjnych, które są następnie wykorzystywane do użytku wewnętrznego oraz produkowana jest wysokiej jakości woda użytkowa |
| Początek - koniec projektu | 2000 - 2001 |
| Obszar, z którego zbierana jest woda | Powierzchnie dachów i dziedzińców, w tym nieprzepuszczalne powierzchnie komunikacyjne |
| Obszar zlewni | 12,000 m ² nieprzepuszczalnej powierzchni |
| Zbiornik na wodę deszczową | 190 m ³ ; woda deszczowa jest kierowana z kanalizacji deszczowej do zbiornika (łącznie z pierwszą częścią wody) |
| Podczyszczanie | Komora sedymentacyjna i piaskownik (separator piasku) |
| Oczyszczanie biologiczne | Oczyszczalnia hydrofitowa z nasadzeniami i dezynfekcjapromieniami UV |
| Wydajność oczyszczania | 10 m ³ /d |
| Sposoby ponownego wykorzystania | Splukiwanie toalet wewnętrznych (200 osób) i nawadnianie ogrodu |
| Potencjał oszczędzania wody pitnej | Okolo 70% zapotrzebowania na wodę do splukiwania toalet (80 mieszkań): 2 500 m ³ /mieszk. |



Rysunek 46: Projekt systemu oczyszczania wody deszczowej z wykorzystaniem oczyszczalni hydrofitowej z nasadzeniami.



Rysunek 47: Kanalizacja deszczowa z odprowadzeniem (powyżej) i oczyszczalnia hydrofitowa z nasadzeniami wewnątrz budynku (poniżej).

4.2. Potsdamer Platz, Berlin

Okres budowy 1994 - 1999^{43,44}

Zarządzanie wodą deszczową i projektowanie gospodarki wodnej w mieście: metody obejmują zbieranie wody deszczowej, ekstensywne i intensywne zielone dachy, sztuczne zbiorniki wodne i oczyszczalnię hydrofitową do oczyszczania wody deszczowej. Na terenie zagospodarowuje się rocznie około 23 000 m³ wody deszczowej z 19 budynków.

Z zielonych i niezielonych dachów zbierana jest woda deszczowa, która jest ponownie wykorzystywana do spłukiwania toalet, nawadniania i gaszenia pożarów. Nadmiar wody deszczowej służy do zbiorników i rowów zewnętrznych, tworząc oazę dla miejskiego życia. Roślinne biotopy są zintegrowane z krajobrazem, tworząc naturalne siedlisko, które służy do filtrowania i oczyszczania wody deszczowej służy do sztucznego zbiornika wodnego. Głównymi zbiornikami wody są zielone dachy, podziemne zbiorniki i sztuczny zbiornik wodny.

43 <https://www.urbangreenbluegrids.com/Projekts/potsdamer-platz-berlin-germany/>

44 https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/modellvorhaben/kuras/oekologischer_stadtplan.shtml



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1

Sztuczny zbiornik wodny o powierzchni 13 042 m² i pojemności wodnej ok. 15 000 m³ podzielony jest na cztery funkcjonalnie rozróżnialne części. Oczyszczanie i filtrowanie wody deszczowej odbywa się w sposób naturalny przez 4 biotopy, które zostały zbudowane jako zmodyfikowane oczyszczalnie hydrofitowe składające się ze specjalnego podłoża z łupków ekspandowanych, żwiru i zeolitu oraz obsadzone trzciną pospolitą (*Phragmites*). Woda krąży w obiegu ciągłym, a maksymalna wydajność filtracji wynosi od 30 do 150 m³/h w zależności od biotopu.

Główne cechy:

- Zagospodarowanie wody deszczowej na danym terenie
- Retencja i odparowywanie wody deszczowej dzięki zastosowaniu głównie ekstensywnej zieleni dachowej (12 000 m²)
- Zbiorniki na wodę o łącznej pojemności 2 550 m³:
 - wykorzystanie do spłukiwania toalet ok. 10 800 m³/mieszk.
 - wykorzystanie do nawadniania terenów zielonych ok. 1 114 m³/mieszk.
 - wykorzystanie do uzupełnienia sztucznego zbiornika wodnego o powierzchni ok. 12 000 m², z biotopami oczyszczającymi o powierzchni ok. 1900 m²

Podczas ekstremalnych zdarzeń (co 2-3 lata) zebrana woda deszczowa jest zrzucana w sposób dławiony do kanału Landwehrkanal w ilości maksymalnie 3 litrów/s/ha.

Wpływ: woda deszczowa jest zbierana i wykorzystywana na miejscu, dzięki czemu nie przedostaje się do kanalizacji ogólnospławnej. Miejski krajobraz wodny na Potsdamer Platz zmniejsza ryzyko powodzi i zanieczyszczenia wód powierzchniowych. Zamyka on również obieg wody poprzez parowanie z zielonych dachów i sztucznego jeziora, poprawiając w ten sposób lokalny mikroklimat. Zmniejszono zużycie słodkiej wody w budynkach, odnotowano wzrost bioróżnorodności w mieście oraz efektywne wykorzystanie zasobów.



Rysunek 48: Potsdamer Platz, Berlin (zdjęcia: Ramboll Studiobreiseitl, powyżej i Marco Schmidt, poniżej).



4.3. Stadion Olimpijski, Berlin

Przebudowa i prace dekarские zakończone w 2004 roku

Na Stadionie Olimpijskim w Berlinie zastosowano różne rozwiązania techniczne mające na celu ochronę zasobów i środowiska. Należały do nich: zbiornik na wodę deszczową i studnia, dostosowanie czasu spłukiwania pisuarów i przejście na pisuary bezwodne w często uczęszczanych toaletach, zmniejszenie natężenia przepływu w zaworach spłukujących. Woda deszczowa jest zbierana z dachu stadionu i magazynowana w podziemnym zbiorniku. Wszystkie tereny zieleni na stadionie są nawadniane zebraną wodą deszczową. Woda deszczowa z dachu jest w całości zagospodarowywana na miejscu i wykorzystywana do nawadniania boiska, a pozostała część jest infiltrowana. W tym celu wykonano trzy podziemne rowy infiltracyjne. Woda deszczowa z zadaszenia trybun jest gromadzona w podziemnym betonowym zbiorniku o pojemności ok. 1700 m³. Około 1400 m³ wody ze zbiornika jest wykorzystywane do nawadniania trawników. Do zraszania każdorazowo zużywane jest co najmniej 150 m³ wody w celu uzyskania odpowiedniej wilgotności murawy.

Dane techniczne stadionu olimpijskiego w Berlinie po przebudowie:

- 42 000 m² powierzchni odwadnianej (zadaszenie trybun)
- 20 000 m² odprowadzane bezpośrednio przez filtry do rowów infiltracyjnych
- 22 000 m² powierzchni dachu podłączonej do zbiornika, przelew do systemu rowów infiltracyjnych
- 1 700 m³ pojemności zbiornika na wodę deszczową, z czego 330 m³ to pojemność retencyjna
- 1 400 m³ pojemności użytkowej.

Trzy podziemne elementy infiltracyjne systemu rowów są wykonane ze skrzynek rozsączających z tworzywa sztucznego, ułożonych jedna na drugiej w kilku warstwach, tworząc w ten sposób pustą bryłę (wymiary: dł. x szer. x wys. 1000 x 500 x 400 mm). Cały rów infiltracyjny jest wyłożony geowłókniną w celu zapewnienia stabilności i ochrony przed przedostawaniem się do niego gleby. Elementy wykopu są umieszczone na 10-centymetrowym podłożu z piasku lub żwiru (2/8 mm) i pokryte od góry membraną ochronną z PE o grubości 2 mm. Pusta przestrzeń jest wypełniona żwirem okrągłym (8/16 mm). Zagłębienia magazynujące wodę zajmują około 95% całkowitej objętości i są prawie trzykrotnie większe od żwiru. Przed każdym rowem infiltracyjnym instalowany jest filtr (o średnicy 2,5 - 3 m). Kłapa frontowa wykonana z sita ze stali nierdzewnej (rozmiar oczek 0,6 mm) zatrzymuje osad niesiony przez wodę deszczową.



Rysunek 50: Stadion Olimpijski w Berlinie z zadaszeniem trybun, z którego zbierana jest woda deszczowa (po lewej) oraz podziemnym zbiornikiem na wodę deszczową o różnych poziomach pojemności⁴⁵.

⁴⁵ https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/modellvorhaben/kuras/oekologischer_stadtplan.shtml



4.4. Międzynarodowy port lotniczy Berlin-Brandenburg (BBI)

Budowa zakończona w 2020 roku

Spółka zarządzająca portem lotniczym utrzymuje sieć kanalizacyjną z licznymi przepompowniami i urządzeniami do wstępnego oczyszczania ścieków. Zarówno terminal, jak i wszystkie pozostałe budynki lotniska, są podłączone do tej sieci kanalizacyjnej, w której ścieki i woda deszczowa są prowadzone osobnymi systemami rur. Ścieki są oczyszczane w oczyszczalni ścieków w Waßmannsdorfe, której operatorem jest Berliner Wasserbetriebe. Woda deszczowa jest zbierana, oczyszczana i odprowadzana oddzielnie.

Woda deszczowa z dachów i parkingów, która zwykle jest mało zanieczyszczona, jest infiltrowana jak najbliżej miejsca, w którym została zebrana. Wody opadowe odprowadzane z pasów startowych, dróg kołowania i płytowych dróg kołowania, które w okresie zimowym mogą być zanieczyszczone środkami do odładzania nawierzchni, są wstępnie oczyszczane za pomocą separatorów cieczy lekkich, a następnie oczyszczalni hydrofitowej. W okresie letnim woda deszczowa jest odprowadzana bez wstępnego oczyszczania do muld chłonnych lub infiltrowana na terenie lotniska.

W celu wyrównania splotu wód opadowych zaprojektowano objętość retencyjną wynoszącą ok. 180 000 m³, wykorzystując 28 km kanalizacji deszczowej z 8 przepompowniami o wydajności do 5000 l/s. Woda deszczowa jest odprowadzana do rowu infiltracyjnego z prędkością 1 000 litrów na sekundę. Niezanieczyszczona woda deszczowa jest odprowadzana do dwóch odbiorników (Glasowbach, wschodni zbiornik zalewowy Selchower) lub ponownie infiltrowana do gruntu.





Rysunek 51: Nowa koncepcja odwodnienia Międzynarodowego Portu Lotniczego Berlin-Brandenburg

4.5. Hamburg Water Cycle® (HWC)

Rozpoczęcie budowy: 2020 rok

Hamburg Water Cycle® (HWC)⁴⁶ to innowacyjna i holistyczna koncepcja gospodarki ściekowej i energetycznej opracowana przez HAMBURG WASSER, miejskie przedsiębiorstwo wodno-kanalizacyjne, które od ponad 150 lat świadczy usługi w zakresie dostarczania wody pitnej i odprowadzania ścieków dla ponad 2 milionów klientów w regionie metropolitalnym Hamburga. HWC to koncepcja zdecentralizowanej gospodarki ściekami, w której odzyskuje się także substancje odżywcze i wytwarza energię odnawialną. Ma ona na celu rozdzielanie ścieków domowych na trzy strumienie (woda deszczowa, szara woda i czarna woda), które będą oczyszczane oddzielnie. HWC dąży do zamknięcia obiegu materiałów i energii za pomocą zrównoważonych koncepcji i energooszczędnych technologii, które można zintegrować z istniejącym systemem.

Główną cechą systemu HAMBURG WATER Cycle® jest oddzielanie różnych strumieni ścieków i późniejsze odzyskiwanie energii ze ścieków. Zostanie on wdrożony w Hamburgu w dwóch miejscach, na małą i dużą skalę.

Na małą skalę: „Gut Karlshöhe” to 9-hektarowy ekologiczny park tematyczny, stworzony przez Fundację Ochrony Klimatu w Hamburgu w celach edukacyjnych. Na szczególną uwagę zasługuje również znajdująca się na terenie zakładu oczyszczalnia hydrofitowa służąca do oczyszczania szarej wody. Woda deszczowa będzie zbierana na miejscu i będzie stanowić źródło wody dla potrzeb bytowych.

Na dużą skalę: Dzielnica Jenfelder Au będzie pierwszą dzielnicą w Hamburgu, w której HWC zostanie włączone na dużą skalę na obszarze 35 akrów dla około 2000 mieszkańców. Deszczówka stanie się również kreatywnym elementem w projektowaniu otwartego krajobrazu.

Jenfelder Au jest projektem pilotażowym w ramach „Krajowej polityki rozwoju obszarów miejskich” Federalnego Ministerstwa Budownictwa i Rozwoju Miast (BMVBS) oraz Federalnego Instytutu Budownictwa, Spraw Miejskich i Rozwoju Przestrzennego (BBSR).

⁴⁶ <https://www.hamburgwatercycle.de/en/hamburg-water-cycler/>



Koncepcja zarządzania wodami opadowymi Jenfelder Au polega na odłączeniu wód opadowych od sieci kanalizacyjnej, umożliwiając ich przepływ przez otwarte kanały i wodospady do zbiorników retencyjnych zbudowanych w formie atrakcyjnych stawów i jezior. Zbiorniki retencyjne zostały zaprojektowane tak, aby mogły magazynować wodę w przypadku intensywnych opadów deszczu. Wzrosła wartość terenów mieszkalnych i zoptymalizowana zostanie ochrona przeciwpowodziowa.



Rysunek 52: Koncepcja dzielnicy Jenfelder-Au w Hamburgu przedstawiająca różne strumienie ścieków⁴⁷.

4.6. Stowarzyszenie Emschergenossenschaft

Emschergenossenschaft to pierwsze niemieckie stowarzyszenie gospodarki wodnej, założone w 1899 roku w kraju związkowym Nadrenia Północna-Westfalia, którego celem jest tworzenie ekologicznych, technicznych i projektowych rozwiązań dla rzeki Emscher w tym regionie. W największym obszarze metropolitalnym Europy, pomiędzy Dortmundem a Duisburgiem, o powierzchni zlewni 865 km², Stowarzyszenie Emschergenossenschaft jest odpowiedzialne za wszystkie kwestie związane z rzeką Emscher i jej dopływami, w tym za utrzymanie jednolitych części wód powierzchniowych, ochronę przeciwpowodziową, odprowadzanie ścieków, zarządzanie wodami opadowymi i gruntowymi, a także renaturyzację rzeki Emscher. W rejonie zlewni rzeki Emscher, pomiędzy jej źródłem a ujściem do Renu, mieszka około 2,2 mln osób.

Zlewnia rzeki Emscher w Niemczech jest jednym z najgęściej zaludnionych i najbardziej zindustrializowanych obszarów Europy, co wynika z wpływu działalności górniczej prowadzonej od początku XIX wieku. System Emscher został opracowany jako otwarty system kanalizacyjny, w którym płynęły zarówno wody słodkie, jak i ścieki. Wraz z zaprzestaniem działalności górniczej w latach 80-tych pojawiła się szansa na rekultywację zlewni Emscher. Ze względu na wysoki poziom urbanizacji, spływy wód burzowych mają duży wpływ na reżim przepływu w rzece Emscher. Ponadto przelewy z kanalizacji, która jest w przeważającej części ogólnospławna, skutkują problemami z jakością wody i obciążeniami hydraulicznymi. Mając świadomość tych problemów, Stowarzyszenie Emscher (Emschergenossenschaft) wprowadziło w latach 90-tych nowe strategie zarządzania wodami opadowymi ukierunkowane na źródło zanieczyszczeń, mające na celu rewitalizację i modernizację dorzecza Emscher⁴⁸.

⁴⁷ <https://www.hamburgwatercycle.de/en/the-jenfelder-au-neighbourhood/the-hwc-in-the-jenfelder-au/>

⁴⁸ Becker, M. i Raasch, U. (2001) Sustainable rainwater management in the Emscher river catchment area. Proceedings of the 2nd International Conference on Interactions between Sewers, Treatment Plants and Receiving Waters in Urban Areas (Interurba II). Lizbona, Portugalia, 19-22 lutego



Wprowadzenie naturalnego systemu gospodarowania wodą deszczową jest jednym z głównych elementów sukcesu konwersji w Emscher. W ramach „Przyszłej konwencji na rzecz wody deszczowej” (Zukunftsvereinbarung Regenwasser) wszystkie miasta regionu Emscher oraz Ministerstwo Środowiska i Stowarzyszenie Emschergenossenschaft postawiły sobie za cel zmniejszenie dopływu wody deszczowej i czystej wody do miejskiej sieci kanalizacyjnej o 15% w ciągu 15 lat, od 2005 do 2020 roku. Przyczyniają się do tego różne działania podejmowane przez publicznych i prywatnych właścicieli nieruchomości, wspierane przez program finansowania Emschergenossenschaft i kraj związkowy Nadrenia Północna-Westfalia⁴⁹.

Dotacje wynosiły 5 €/m² nieprzepuszczalnej powierzchni odłączonej od systemu odwadniającego. Od 1994 roku do programu dołączyło 19 gmin, realizując łącznie 82 różne projekty, z których 47 zostało już wdrożonych. Spełnienie głównego założenia projektu pozwoliłoby na redukcję szczytowego przepływu powodziowego w dopływach rzeki Emscher o 40%, co ma ogromne znaczenie ekologiczne.

Stowarzyszenie Emschergenossenschaft pokazało, że zbieranie wody deszczowej może być również elementem projektowania otwartych przestrzeni publicznych. Dzięki udziałowi mieszkańców i wsparciu firm budowlanych, szkół i ośrodków opieki dziennej udało się odłączyć 12% obszaru.

Dalsze publikacje (wyłącznie w języku niemieckim) można znaleźć pod następującymi linkami:

- <https://emscher-regen.de/index.php?id=8>
- <https://emscher-regen.de/index.php?id=43>

4.7. KURAS - Koncepcje zagospodarowania miejskich wód opadowych, systemów odwadniających i kanalizacyjnych

Projekt badawczy: Czas trwania: lata 2013 - 2016

Projekt badawczy KURAS⁵⁰, finansowany przez niemieckie Federalne Ministerstwo Edukacji i Badań Naukowych (BMBF), miał na celu opracowanie i zademonstrowanie zintegrowanych koncepcji zrównoważonego oczyszczania ścieków i wód burzowych w dzielnicach miast w związku z postępującymi zmianami demograficznymi i klimatycznymi, które mają wpływ na istniejące sieci kanalizacyjne. W ramach tego projektu opracowano wytyczne dla gmin i operatorów sieci kanalizacyjnych o niewielkim nachyleniu mające na celu ułatwienia eksploatacji, rozbudowy i modyfikacji istniejącej technicznej infrastruktury ściekowej biorąc pod uwagę przyszłe potrzeby.

Koncepcje zrównoważonego zarządzania wodami opadowymi w dzielnicach miast zostały opracowane przez:

- porównanie scentralizowanych i zdecentralizowanych systemów zarządzania wodami opadowymi w odniesieniu do ich wpływu na środowisko, klimatu miejskiego, fizyki budowli i kosztów

⁴⁹ Emscher 3.0 From grey to blue - Or how the blue sky over the Ruhr region fell into the Emscher (2013). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Wydawca). <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/a-flood-and-heat-proof-green-emscher-valley-germany/11305620.pdf/view>

⁵⁰ KURAS. Koncepcje zagospodarowania miejskiej wody deszczowej, systemów odwadniających i kanalizacyjnych. Projekt badawczy: 2013-2016. Finansowane przez niemieckie Federalne Ministerstwo Edukacji i Badań Naukowych w ramach działania „Inteligentne i wielofunkcyjne systemy infrastrukturalne dla zrównoważonego zaopatrzenia w wodę, kanalizacji i zarządzania wodami opadowymi” (INIS). W języku niemieckim. <http://www.kuras-projekt.de/index.php?id=78>



- optymalizację połączenia różnych metod gospodarowania wodami opadowymi dla dzielnic, małych miast i metropolii w odniesieniu do istniejących zasobów budowlanych oraz rozwój nowych obszarów w oparciu o możliwość ich zastosowania
- uwzględnienie przyszłych zmian
- zademonstrowanie tych działań na przykładzie dwóch wzorcowych dzielnic Berlina
- opracowanie zaleceń dotyczących zrównoważonych modeli finansowania i podstawowych środków regulacyjnych.

Jeśli chodzi o gospodarke wodami opadowymi, wyznaczono dwie dzielnice miejskie o powierzchni ok. 1 km² każda, jedną z kanalizacją ogólnospławną i drugą z dwoma systemami kanalizacji.

Ocena ilościowa i jakościowa 27 różnych metod gospodarowania wodą deszczową została przedstawiona w formie arkuszy informacyjnych (w języku niemieckim), które obejmowały również projekt i funkcję każdej z tych metod, zasady i przepisy, kluczowe wskaźniki wydajności oraz zalecenia dotyczące utrzymania. Profile metod są adresowane do władz i przedsiębiorstw wodociągowych, a także do projektantów i właścicieli.

4.8. Park Wodny Gorla Maggiore (oczyszczanie wód przelewowych z kanalizacji ogólnospławnej)

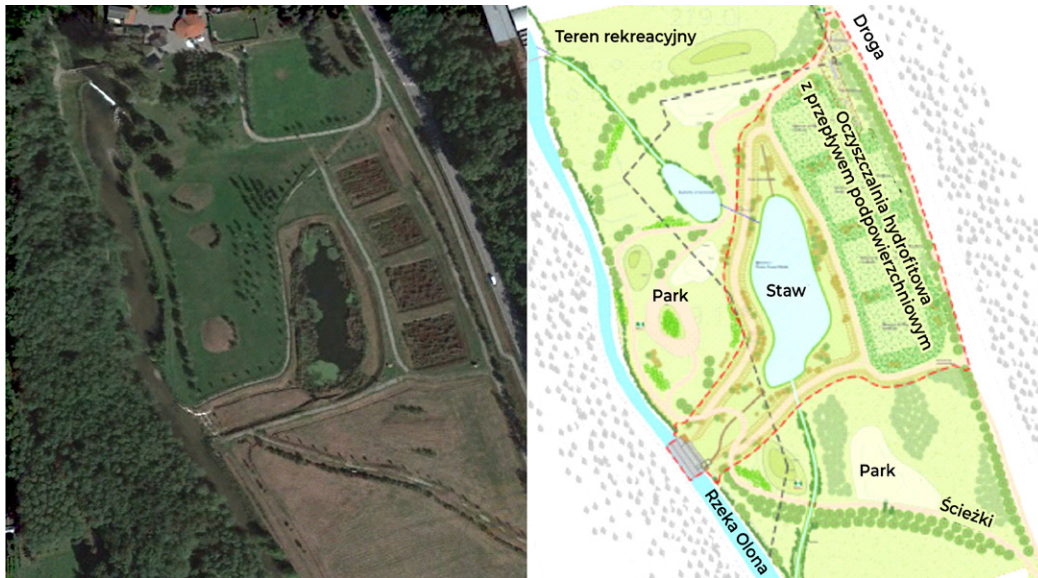
Gorla Maggiore to gmina licząca ok. 5000 mieszkańców, położona w regionie Lombardia, w północnych Włoszech. Park wodny Gorla Maggiore składa się z zespołu oczyszczalni hydrofitowych (OH) służących do oczyszczania wód przelewowych z mieszanego systemu kanalizacji, otoczonych parkiem nad brzegiem rzeki Olona. Został zbudowany w latach 2011-2012, a jego powierzchnia wynosi 6,5 ha.

Celem jest rozwiązanie problemu wpływu wód przelewowych z kanalizacji ogólnospławnej na rzekę Olonę, zarówno pod względem jakości, jak i szczytowych obciążeń hydraulicznych, a także rewitalizację strefy przybrzeżnej, która będzie służyć mieszkańcom.

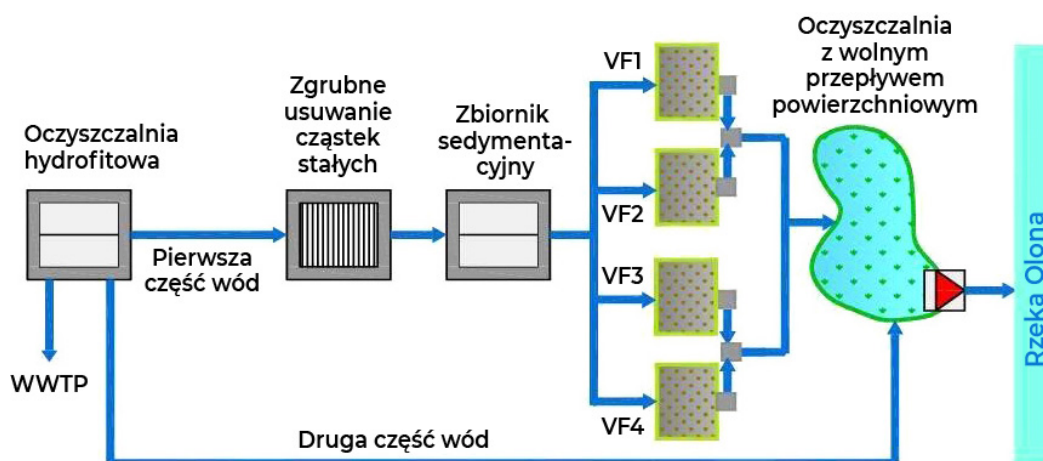
Wszystkie wody przelewowe, w tym pierwszego rzutu wody deszczowej, są oczyszczane w systemie: najpierw przez wstępne automatyczne zabiegi filtracyjne, a następnie wewnątrz oczyszczalni hydrofitowej z przepływem pionowym podpowierzchniowym porośniętą *Phragmites australis* (trzcina pospolita). Drugi rzut wody deszczowej jest kierowany bezpośrednio do obszaru oczyszczalni hydrofitowej z przepływem powierzchniowym, który jest również zaprojektowany jako zbiornik retencyjny do celów ochrony przeciwpowodziowej (w przypadku 10-letniego okresu powtarzalności opadu).

Oprócz systemu oczyszczalni hydrofitowych, który umożliwił stworzenie terenów podmokłych wzbogaconych o niezwykłą różnorodność biologiczną roślin wodnych, otoczenie zostało zaprojektowane jako park, ze ścieżką, trasą rowerową i strefą rekreacji, pozytywnie ocenionym i obecnie bardzo często uczęszczanym przez mieszkańców Gorla Maggiore.

Park wodny Gorla Maggiore, będący wielofunkcyjnym NBS, okazał się bardzo skutecznym w ograniczaniu zanieczyszczeń wody⁵¹, łagodzeniu skutków powodzi⁵², a także w zapewnieniu bioróżnorodności i korzyści społecznych^{53, 54}. Park wodny Gorla Maggiore był jednym z 27 studiów przypadku w ramach projektu OpenNESS (7PR - www.openness-Projekt.eu) i został wymieniony jako jeden z dziesięciu najlepszych włoskich projektów w sektorze gospodarki wodnej w ramach włoskiej nagrody za zrównoważony rozwój 2017.



Rysunek 53: Widok z lotu ptaka i mapa obszaru badań⁵⁵.



Rysunek 54: Schemat hydrofitowej oczyszczalni ścieków z kanalizacji ogólnospławnej⁵².

51 Masi, F., Rizzo, A., Bresciani, R. i Conte, G., 2017. Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment: ecosystem services at Gorla Maggiore, Italy. *Ecological Engineering*, 98, s. 427-438

52 Rizzo, A., Bresciani, R., Masi, F., Boano, F., Revelli, R. i Ridolfi, L., 2018. Flood reduction as an ecosystem service of constructed wetlands for combined sewer overflow. *Journal of Hydrology*, 560, s.150-159

53 Reynaud, A., Lanzanova, D., Liqueste, C. i Grizzetti, B., 2017. Going green? Ex-post valuation of a multipurpose water infrastructure in Northern Italy. *Ecosystem services*, 27, s.70-81

54 Liqueste, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B. i Masi, F., 2016. Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services*, 22, s.392-401

55 <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/wasser-und-geologie/regenwasser/regenwasserbewirtschaftung/>



Rysunek 55: Zdjęcie parku wodnego Gorla Maggiore (Źródło: IRIDRA Srl - www.igidra.com).

Tabela 11: Dane projektu

| Projekt: Zbieranie wody deszczowej Belß-Lüdecke Strasse, Berlin | |
|---|--|
| Opis | Oczyszczalnia hydrofitowa do oczyszczania wód przelewowych z mieszanego systemu kanalizacyjnego otoczonego parkiem |
| Równoważna liczba mieszkańców | 2000 |
| Źródła wody | Wody przelewowe z kanalizacji ogólnospławnej |
| Powierzchnia | 6,5 ha |
| Początek działania | 2013 |
| Dane techniczne | |
| System oczyszczania | Oczyszczalnia hydrofitowa |
| Potencjał oczyszczania | 0,7 l/s |
| Objętość retencji powodziowej | 7700 m ³ |
| Usuwanie zanieczyszczeń | 11,7 t/rok rozpuszczonego węgla organicznego 0,4 t/rok azotu |
| Koszty | 900 000 euro na budowę 29 590 euro na konserwację (20 lat) |



4.9. Oczyszczalnia hydrofitowa z przepływem pionowym, Berlin-Adlershof

Na terenie Berlina-Adlershof opracowano koncepcję zarządzania wodami opadowymi dla Centrum Technologicznego Adlershof oraz przyległych kompleksów mieszkalnych i handlowych. Jako część obszaru zlewni wody pitnej i ze względu na szczególne przepisy dotyczące odprowadzania ścieków do Kanału Teltowskiego jako jednolitej części wód, do których odprowadzane są ścieki, w miejscu tym zdecydowano się na zastosowanie oczyszczalni hydrofitowej z przepływem pionowym.

Oczyszczalnia hydrofitowa, oddana do użytku w 2005 roku, oczyszcza wody ze zlewni o powierzchni 135 ha. Rocznie filtrowanych jest około 330 000 m³ wody deszczowej z powierzchni nieprzepuszczalnych, takich jak ulice, chodniki i inne otwarte przestrzenie⁵⁵.

Zebrany spływ jest początkowo odprowadzany do zbiornika retencyjnego (530 m³), aby umożliwić sedimentację cząstek stałych znajdujących się w wodzie deszczowej. Woda jest następnie pompowana na powierzchnię filtracyjną obsadzoną trzciną. Podczas przechodzenia przez warstwę substratu mineralnego, zanieczyszczenia zawarte w wodzie deszczowej są filtrowane i zredukowane nawet o 90% w wyniku procesów chemicznych i biologicznych. Podłoże filtracyjne nadaje się również do wiązania fosforu dzięki dodatkowi materiału żelaznego. Retencja metali ciężkich wynosi również około 90%.

Oczyszczalnia hydrofitowa z przepływem pionowym jest podzielona na dwie jednostki filtracyjne o łącznej powierzchni 5 800 m² (72,5 m² powierzchni filtracyjnej/ha), przy zasilaniu o przepływie do 1200 l/s. Obciążenie hydrauliczne oczyszczalni hydrofitowa z przepływem pionowym wynosi 50m³/(m²/a). Odpływ z oczyszczalni hydraulicznej jest dławiony do 90 l/s. Po przejściu przez oczyszczalnię hydrofitową, oczyszczona woda deszczowa jest uwalniana do Kanału Teltowskiego.



Rysunek 56: Oczyszczalnia hydrofitowa z przepływem pionowym w Berlinie-Adlershof (Źródło: BWB).



5. Bibliografia dodatkowa

Anglian Water. Towards sustainable water stewardship. Sustainable drainage systems (SUDS) adoption manual. Anglian Water Services limited.

https://www.anglianwater.co.uk/siteassets/developers/aw_suds_manual_aw_fp_web.pdf

Berlin - Innovative Water Concepts - Service water utilisation in Buildings (2007). Senacki Departament Rozwoju Miast w Berlinie.

https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/betriebswasser_englisch2007.pdf

Dierkes, C., Lucke, T. i Helmreich, B. (2015) General Technical Approvals for Decentralised Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) - The Current Situation in Germany. Sustainability 2015 (7), 3031-3051.

DIN EN 16941-1 (2018) On-site non-potable water systems - Part 1: Systems for the use of rainwater [Systemy instalacji wody nienadającej się do spożycia - Część 1: Systemy wykorzystania wód opadowych]. Beuth Verlag

DIN 1989-100 (2020) Systemy zbierania wody deszczowej - Część 100: Przepisy związane z normą DIN EN 16941-1 (wersja robocza)

DWA-A 138E (2005) Planowanie, budowa i eksploatacja urządzeń do perkolacji wód opadowych). Niemieckie stowarzyszenie DWA, Hennef.

Freisinger, U. B., i in. (2015) There's something growing on the roof. Rooftop greenhouses. Idea, Planning, Implementation. Centrum Leibniza - Centrum Badań Krajobrazu Rolniczego (ZALF), Müncheberg.

https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/download/index.shtml

iwater. Projekt Zintegrowanego Zarządzania Wodami Burzowymi (iwater).

<http://www.integratedstormwater.eu/>

Liu, J., Sample, D.J., Bell, C. i Guan, Y. (2014) Review and research needs of bioretention used for the treatment of urban stormwater. Water 6 (4): 1069-1099.

Naumann, S., McKenna, D., Iwaszuk E., Freundt, M. i Mederake, L. (2020) Addressing climate change in cities - Policy instruments to promote urban nature-based solutions. Ecologic Institute i Fundacja Sendzimira 2020.

netWORKS (2019) Infokarten für die Planung blau-grün-grauer Infrastrukturen. netWORKS4 - Resilient networks: Beiträge städtische Versorgungssysteme zur Klimagerechtigkeit. Forschungsverbund netWORKS.

<https://networks-group.de/de/networks-4/infokarten.html>

Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual, 2006.

<https://pecpa.org/wp-content/uploads/Stormwater-BMP-Manual.pdf>

Radic, M, Brkovic Dodig, M. i Auer, T. (2019) Green facades and living walls. A review establishing the classification of construction types and mapping the benefits. Sustainability, 11: 4579-4601.

Semaan M, Day, S.D., Garvin, M, Ramakrishnan, N, Pearce, A. (2012) Optimal sizing of rainwater harvesting systems for domestic water usages: A systematic literature review. Resources, Conservation and Recycling, Tom 6.

UNEP (2014) Green infrastructure: Guide for water management.



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 1

WWDR (2018) Nature-based Solutions for Water. The United Nations World Water Development Report 2018.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>

Zhang, D., Gersberg, R.M., Ng, W.J. i Tan, S.K. (2017) Conventional and decentralized urban stormwater management: A comparison through case studies of Singapore and Berlin, Germany. Urban Water Journal 14(2):113-124.



Spis treści I Część 2

Recykling szarej wody

| | |
|--|------------|
| 1. WPROWADZENIE | 108 |
| 1.1. PRZEPISY DOTYCZĄCE PONOWNEGO WYKORZYSTANIA WODY W UE | 108 |
| 2. CO TO JEST SZARA WODA? | 112 |
| 2.1. WYTYCZNE I PRZEPISY DOTYCZĄCE PONOWNEGO WYKORZYSTANIA WODY SZAREJ | 113 |
| 2.2. WŁAŚCIWOŚCI I SKŁAD WODY SZAREJ | 115 |
| 2.2.1. Zanieczyszczenia organiczne | 118 |
| 2.2.2. Składniki odżywcze w szarej wodzie | 120 |
| 2.2.3. Patogeny w szarej wodzie | 121 |
| 2.3. WYMAGANIA DOTYCZĄCE RECYKLINGU WODY SZAREJ | 121 |
| 2.3.1. Wymagania jakościowe | 121 |
| 2.3.2. Wymagania techniczne | 122 |
| 2.3.2.1. Instalacje dualne | 122 |
| 2.3.2.2. Zapasowe źródło wody | 123 |
| 2.3.2.3. Pompy | 123 |
| 2.3.2.4. Panel sterowania | 124 |
| 2.3.3. Wymagania dotyczące instalacji | 124 |
| 2.3.4. Wymagania operacyjne | 124 |
| 2.3.5. Wymagania dotyczące konserwacji | 124 |
| 2.4. ZASTOSOWANIA SZAREJ WODY Z RECYKLINGU | 124 |
| 2.5. KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z RECYKLINGU SZAREJ WODY | 126 |
| 2.6. ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z RECYKLINGIEM SZAREJ WODY | 126 |
| 3. GOSPODAROWANIE SZARĄ WODĄ I JEJ OCZYSZCZANIE | 127 |
| 3.1. TECHNOLOGIE OCZYSZCZANIA SZAREJ WODY | 128 |
| 3.1.1. Oczyszczanie fizyczne (podczyszczanie) | 131 |
| 3.1.2. Oczyszczanie chemiczne | 131 |
| 3.1.3. Oczyszczanie biologiczne | 132 |



Thematic Catalogue 2 - CZĘŚĆ 2

| | |
|---|------------|
| 3.1.3.1. Obrotowe złoża biologiczne (RBC) | 132 |
| 3.1.3.2. Reaktor z ruchomym złożem biologicznym (MBBR) | 133 |
| 3.1.3.3. Bioreaktory membranowe (MBR) | 135 |
| 3.1.3.4. Rozwiązania oparte na przyrodzie do oczyszczania szarej wody | 137 |
| 3.2. DEZYNFEKCJA | 140 |
| 3.3. KONSERWACJA | 140 |
| 3.4. WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE | 140 |
| 3.5. ASPEKTY ZDROWOTNE | 141 |
| 3.6. ODDZIAŁYWANIE NA ŚRODOWISKO | 142 |
| 3.7. KORZYŚCI EKONOMICZNE | 142 |
| 4. NAJLEPSZE PRAKTYKI | 143 |
| 4.1. ZINTEGROWANA KONCEPCJA WODNA „BLOCK 6” | 143 |
| 4.2. ARNIMPLATZ | 147 |
| 4.3. HOTEL ARABELLA-SHERATON W OFFENBACH | 151 |
| 4.4. RECYKLING WODY SZAREJ PRZY UŻYCIU BIOREAKTORA MEMBRANOWEGO W BUDYNKU MIESZKALNYM | 153 |
| 4.5. KERACOLL „GREENLAB” KOŁO SASSUOLO, WŁOCHY | 154 |
| 5. BIBLIOGRAFIA DODATKOWA | 157 |
| NARZĘDZIA DO ZARZĄDZANIA WODAMI OPADOWYMI - ZAŁĄCZNIK | 158 |



1. Wprowadzenie

W ostatnich latach ochrona i oszczędne gospodarowanie wodą oraz jej ponowne wykorzystanie zyskały na znaczeniu, ponieważ stale borykamy się z poważnymi problemami, takimi jak niedobór wody, obniżony poziom wód gruntowych, ekstremalne okresy suszy i zmieniające się warunki klimatyczne. Powszechny niedobór wody i rosnące obciążenie zasobów wodnych spowodowały, że oprócz oszczędzania wody i stosowania środków efektywnego gospodarowania wodą, dużym zainteresowaniem cieszy się recykling wody.

Zasady gospodarki wodnej o obiegu zamkniętym pomagają zidentyfikować alternatywne zasoby wody, które można wykorzystać do zaspokojenia rosnącego zapotrzebowania na wodę w zastosowaniach, które nie wymagają zapewnienia wody zdatnej do picia. Wykorzystanie lokalnych zasobów wodnych jest także związane z toczącą się debatą na temat zrównoważonego rozwoju miast, w której podkreśla się wagę lokalnych rozwiązań oraz kluczową rolę władz lokalnych i mieszkańców w działaniach na rzecz zrównoważonego rozwoju. Zasada ta została wprowadzona w życie w Europie i innych krajach w oparciu o lokalną Agendę 21¹.

Obecnie ścieki uważa się za cenny zasób wody, energii i substancji odżywczych, a ich recykling stanowi alternatywę dla scentralizowanego podejścia „końca rury”, oferując częściowe rozwiązania zdecentralizowane i minimalizując wpływ na środowisko. Ścieki mogą być oddzielane i oczyszczane u źródła, co pozwala uzyskać system wodny o obiegu zamkniętym. Część (jeśli nie całość) zapotrzebowania na wodę może być pokrywana z zasobów lokalnych źródeł wody, takich jak woda deszczowa, ścieki i woda szara².

Recykling wody stanowi bardzo skuteczną strategię gospodarki wodnej w miastach, ponieważ zmniejsza zapotrzebowanie na wodę z sieci wodociągowej i ogranicza problemy związane z niedoborem wody na obszarach miejskich. W ten sposób można skutecznie zamknąć lokalne obiegi wody.

1.1. Przepisy dotyczące ponownego wykorzystania wody w UE

Do niedawna prawodawstwo UE nie określało warunków ponownego wykorzystania wody. Właściwie niemal brak było wytycznych lub norm regulujących ponowne wykorzystanie wody na poziomie Unii Europejskiej. Prawodawstwo UE umożliwia jednak ponowne wykorzystanie wody i zachęca do niego za pomocą dwóch instrumentów:

- Ramowa dyrektywa wodna (2000/60/WE)³: ustanawia ramy prawne w celu zagwarantowania wystarczającej ilości wody o odpowiedniej jakości w całej Europie dla różnych zastosowań wody i biorąc pod uwagę różną jakość środowiska naturalnego. Wskazuje ponowne wykorzystanie wody jako możliwe działanie, które należy włączyć do programów działań dla każdego dorzecza
- Dyrektywa dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych (91/271/EWG, UWWTD)⁴: Artykuł 12 stanowi, że „Oczyszczone ścieki wykorzystuje się powtórnie, w każdym przypadku, gdy jest to właściwe” oraz „Drogi usuwania muszą do minimum ograniczać skutki niekorzystne dla środowiska”, co ma na celu ochronę środowiska przed negatywnymi skutkami odprowadzania ścieków.

1 Agenda 21. Konferencja Narodów Zjednoczonych na rzecz Środowiska i Rozwoju. Rio de Janeiro, 1992 rok
<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>

2 Domènech, L. (2011) Rethinking water management: From centralised to decentralised water supply and sanitation models. Documents d'Anàlisi Geogràfica 2011, tom 57/2 293-310

3 https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

4 https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/legislation/directive_en.htm



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2

Pomimo braku kryteriów dotyczących ponownego wykorzystania wody na poziomie UE, w 6 państwach członkowskich obowiązują wymogi dotyczące ponownego wykorzystania wody, zawarte w przepisach prawnych lub normach nieregulacyjnych, o różnym poziomie restrykcyjności. Na Cyprze, we Francji, Włoszech, Grecji i Hiszpanii obowiązują przepisy określające wymogi dotyczące ponownego wykorzystania wody, natomiast w Portugalii obowiązują nieregulacyjne normy w zakresie jakości ponownie wykorzystywanej wody (Tabela 1).

Tabela 1: Różne przepisy i normy regulujące ponowne wykorzystanie wody w 6 państwach członkowskich UE⁵.

| Kraj | Norma odniesienia | Instytucja wydająca |
|------------|--|--|
| Cypr | Ustawa 106 (I) 2002 dotycząca kontrolowania zanieczyszczeń wody i gleby oraz powiązane regulacje KDP 772/2003, KDP 269/2005 | Ministerstwo ds. Rolnictwa, Zasobów Naturalnych i Środowiska Departament rozwoju zasobów wodnych (Wydział ds. ścieków i ich ponownego wykorzystania) |
| Francja | JORF nr 0153 z dnia 4 lipca 2014 roku Rozporządzenie z 2014 roku w sprawie wykorzystania wody z oczyszczonych ścieków komunalnych na cele nawadniania upraw i terenów zieleni | Ministerstwo ds. Zdrowia Publicznego Ministerstwo Rolnictwa, Żywności i Rybołówstwa Ministerstwo ds. Ekologii, energii i Zrównoważonego Rozwoju |
| Grecja | CMD nr 145116 Środki, ograniczenia i procedury w zakresie ponownego wykorzystania oczyszczonych ścieków | Ministerstwo ds. Środowiska Energii i Zmiany Klimatu |
| Włochy | DM 185/2003 Środki techniczne w zakresie ponownego wykorzystania ścieków | Ministerstwo ds. Środowiska Ministerstwo ds. Rolnictwa, Ministerstwo ds. Zdrowia Publicznego |
| Portugalia | NP. 4434 2005 Ponowne wykorzystanie odzyskanej wody na cele nawadniania | Portugalski instytut ds. jakości |
| Hiszpania | RD 1620/2007 Ramy prawne w zakresie ponownego wykorzystania oczyszczonych ścieków | Ministerstwo ds. Środowiska Ministerstwo ds. Rolnictwa, Żywności, Rybołówstwa Ministerstwo Zdrowia |

⁵ Alcalde-Sanz, L. i Gawlik, B.M. (2014) Water reuse in Europe. Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation: A synoptic overview. JRC Science and Policy Reports. Komisja Europejska, Wspólne Centrum Badawcze <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC92582>



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2

W maju 2018 roku Komisja Europejska przedstawiła wniosek dotyczący rozporządzenia ustanawiającego ogólnounijne normy, które musiałyby spełniać woda z odzysku, aby mogła być wykorzystywana do nawadniania w rolnictwie, w celu zachęcenia do korzystania w większym stopniu z odzysku i tym samym wniesienia wkładu w złagodzenie niedoboru wody (Wniosek (2018) 337, 28.5.2018)^{6,7}. Wniosek ten, zatwierdzony przez komisję ENVI w dniu 21 stycznia 2020 roku, został przyjęty w pierwszym czytaniu przez Radę w dniu 7 kwietnia 2020 roku.

Nowe rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących ponownego wykorzystania wody do nawadniania w rolnictwie weszło w życie 25 maja 2020⁸. Nowe przepisy wchodzi w życie 26 czerwca 2023 roku i oczekuje się, że będą zachęcać do ponownego wykorzystania wody w UE.

Nowe rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących ponownego wykorzystania wody ma zastosowanie wyłącznie do:

- Nawadniania upraw
- Zasilania warstwy wodonośnej

W rozporządzeniu tym:

- Odpowiedzialność ponoszą operatorzy zakładów rekultywacyjnych
- Na podstawie doboru odpowiednich roślin i metod nawadniania zdefiniowano cztery klasy jakości wody
- Określono parametry fizykochemiczne i mikrobiologiczne
- Uwzględniono podejście do zarządzania ryzykiem i przejrzystość danych dotyczących ponownego wykorzystania wody
- Zaopatrzenie w odzyskaną wodę jest uzależnione od pozwoleń wydawanych przez właściwe organy państw członkowskich.

W Tabelach 2 i 3 podano klasy jakości odzyskanej wody do nawadniania w rolnictwie w UE (rozporządzenie (UE) 2020/741) oraz minimalne wymagania dotyczące jakości odzyskanej wody.

6 <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/EN/COM-2018-337-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>

7 Alcalde-Sanz, L. i Gawlik, B.M. (2017) Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge - Towards a legal instrument on water reuse at EU level. EUR 28962 EN, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg 2017, ISBN 978-92-97-77175-0, doi:10.2760/804116, JRC109291
<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/minimum-quality-requirements-water-reuse-agricultural-irrigation-and-aquifer-recharge>

8 Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/741 z dnia 25 maja 2020 roku w sprawie minimalnych wymagań dotyczących ponownego wykorzystania wody. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 5.6.2020 L 177/32
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0741&from=EN>



Tabela 2: Klasy jakości odzyskanej wody oraz dozwolone zastosowanie w rolnictwie i metody nawadniania (rozporządzenie (UE) 2020/741).

| Min. klasa jakości odzyskanej wody | Kategoria upraw (*) | Metoda nawadniania |
|------------------------------------|---|---|
| A | Wszystkie rośliny do spożycia, w stanie surowym, których część jadalna ma bezpośredni kontakt z odzyskaną wodą oraz rośliny okopowe do spożycia w stanie surowym | Wszystkie metody nawadniania |
| B | Rośliny do spożycia w stanie surowym, których część jadalna jest produkowana powyżej poziomu gruntu i nie ma bezpośredniego kontaktu z odzyskaną wodą, rośliny do spożycia po przetworzeniu i rośliny niespożywcze, w tym uprawy stosowane jako pasza dla zwierząt wykorzystywanych do produkcji mleka lub mięsa | Wszystkie metody nawadniania |
| C | Rośliny do spożycia w stanie surowym, których część jadalna jest produkowana powyżej poziomu gruntu i nie ma bezpośredniego kontaktu z odzyskaną wodą rośliny do spożycia po przetworzeniu i rośliny niespożywcze, w tym płody rolne przeznaczone na paszę dla zwierząt wykorzystywanych do produkcji mleka lub mięsa | Nawadnianie kropelkowe (**) lub inna metoda nawadniania, w której unika się bezpośredniego kontaktu z jadalną częścią upraw |
| D | Uprawy przemysłowe, energetyczne i uprawy, które są sadzone | Wszystkie metody nawadniania (***) |

(*) Jeśli ten sam rodzaj nawadnianych płodów rolnych należy do kilku kategorii w Tabeli 1 zastosowanie mają wymogi najsurowsze.

(**) Nawadnianie kropelkowe (zwane również nawadnianiem kroplowym) to system mikropodlewania umożliwiający podlewanie roślin kroplami lub małymi strumieniami wody; polega ono na skrapianiu wodą powierzchni gleby lub wprowadzaniu wody bezpośrednio pod jej powierzchnię w bardzo wolnym tempie (2-20 l/godz.) za pomocą systemu plastikowych rurek o małej średnicy wyposażonych w otwory nazywane emiterami lub kroplownikami.

(***) W przypadku metod nawadniania imitujących deszcz należy zwrócić szczególną uwagę na ochronę zdrowia pracowników lub osób postronnych. W tym celu stosuje się odpowiednie środki zapobiegawcze.



Tabela 3: Wymogi dotyczące jakości odzyskanej wody do nawadniania w rolnictwie (Rozporządzenie (UE) 2020/741).

| Klasa jakości odzyskanej wody | Orientacyjny cel zastosowania technologii | Wymogi dotyczące jakości | | | | |
|-------------------------------|--|--------------------------------|---|---|---------------|--|
| | | <i>E. Coli</i> (liczba /100ml) | BTZ ₅ (mg/l) | Zawiesina ogólna (mg/l) | Mętność (NTU) | Inne |
| A | Oczyszczanie wtórne, filtracja i dezynfekcja | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 5 | <i>Legionella</i> spp.: < 1 000 cfu/l, jeżeli istnieje ryzyko powstania (lub wytwarzania) areozolu Nicienie jelitowe (jaja helmintów): ≤1 jajo/l dla nawadniania pastwisk lub upraw roślin pastewnych |
| B | Oczyszczanie wtórne i dezynfekcja | ≤ 100 | Zgodnie z dyrektywą 91/271/EWG (zał. I, tab. I) | Zgodnie z dyrektywą 91/271/EWG (zał. I, tab. I) | - | |
| C | Oczyszczanie wtórne i dezynfekcja | ≤ 1 000 | | | - | |
| D | Oczyszczanie wtórne i dezynfekcja | ≤ 10 000 | - | | | |

(Zgodnie z Dyrektywą 91/271/EWG dotyczącą oczyszczania ścieków komunalnych (Załącznik I, Tabela 1): BZT5 = 25 mg/l; TSS = 35 mg/l).

2. Co to jest szara woda?

Szara woda definiowana jest jako „ścieki bez doływu z toalet, tzn. bez moczu, kału i papieru toaletowego, czyli ścieki wytwarzane w wannach, prysznicach, umywalkach, pralkach i zlewach kuchennych w gospodarstwach domowych, budynkach biurowych, szkołach itp.”⁹

Szara woda jest zwykle charakteryzowana w zależności od źródła pochodzenia, a więc na podstawie stopnia zanieczyszczenia:

- Szara woda o niskim ładunku zanieczyszczeń pochodzi zazwyczaj z pryszniców, wanien i umywalk, podczas gdy
- taka o wysokim ładunku zanieczyszczeń - z bardziej zanieczyszczonych źródeł, takich jak zlewy kuchenne czy z prania.

Stopień zanieczyszczenia i ilość produkowanej szarej wody zależą w dużej mierze od zachowania użytkownika i źródła takiej wody. W porównaniu ze ściekami z toalet (wodą czarną), szara woda jest uboga w składniki odżywcze (fosfor i azot), których zawartość w szarej wodzie jest zwykle niższa niż w oczyszczonych ściekach z komunalnych oczyszczalni ścieków. To samo dotyczy obciążenia mikrobiologicznego, które jest niższe w szarej wodzie niż czarnej. Jednak szara woda nigdy nie jest wolna od mikroorganizmów, a szara woda z pryszniców i wanien może zawierać znaczne stężenia bakterii pochodzenia kałowego. Dlatego odpowiednie i skuteczne oczyszczanie szarej wody jest niezbędne, aby wykluczyć wszelkie zagrożenia higieniczne związane z jej ponownym wykorzystaniem, uniknąć nieprzyjemnych zapachów i innych uciążliwości oraz uzyskać wysoką jakość wody uzdatnionej do zastosowań niespożywczych. Zbieranie szarej wody u źródła i oczyszczanie jej oddzielnie, zanim zostanie zmieszana z innymi strumieniami ścieków, takimi jak czarna woda, prowadzi do bardziej efektywnego wykorzystania tego alternatywnego źródła wody.

⁹ Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. i Ledin, A. (2002) Characteristics of grey wastewater. Urban Water, 4(1), 85



2.1. Wytyczne i przepisy dotyczące ponownego wykorzystania szarej wody

Celem ustanowienia przepisów dotyczących wody z recyklingu w gospodarstwach domowych jest zapewnienie, że działanie systemów recyklingu wody chroni zdrowie publiczne i środowisko. Wytyczne te zwykle zawierają wymagania jakościowe i techniczne i mogą służyć jako narzędzie do wyznaczania celów dla producentów systemów recyklingu szarej wody.

W większości krajów na świecie brak jest przepisów prawnych dotyczących szarej wody. W niektórych krajach, takich jak Niemcy, Wielka Brytania i Kanada, istnieją wytyczne lub zalecenia opracowane przez władze lokalne i organizacje zawodowe, zawierające wskazówki dotyczące wdrażania i eksploatacji systemów szarej wody oraz wymagania dotyczące jakości szarej wody, w zależności od zamierzonego zastosowania (fbr¹⁰; BSI British Standards^{11,12}; Health Canada¹³). W Stanach Zjednoczonych brak jest krajowych wytycznych dotyczących ponownego wykorzystania szarej wody. Ciężar regulacji spoczywa na poszczególnych stanach, w wyniku czego normy różnią się pomiędzy stanami, które opracowały kryteria ponownego wykorzystania szarej wody. Tylko w około 30 z 50 stanów obowiązują przepisy dopuszczające, zakazujące lub regulujące ponowne wykorzystanie wody szarej w takiej czy innej formie¹⁴.

Mimo że Australia jest uważana za lidera w zakresie polityki dotyczącej szarej wody, jak dotąd nie opracowano krajowego standardu ponownego jej wykorzystania. Zamiast tego poszczególne stany i terytoria mają własne przepisy dotyczące zbierania, oczyszczania i ponownego wykorzystania szarej wody. Australijskie wytyczne dotyczące recyklingu wody zawierają również wskazówki dotyczące bezpiecznego i zrównoważonego postępowania z szarą wodą¹⁵.

Kanadyjskie wytyczne dotyczące wody odzyskiwanej w gospodarstwach domowych do stosowania na cele splukiwania toalet i pisuarów zostały opracowane jako krajowe podejście do bezpiecznego i zrównoważonego wykorzystania wody odzyskiwanej w gospodarstwach domowych (Health Canada, 2010).

W Niemczech brak jest obowiązujących przepisów dotyczących recyklingu szarej wody. Niemniej jednak została przyjęta dyrektywa UE dotycząca zarządzania jakością wody w kąpieliskach jako podstawa do uregulowania wymagań dotyczących jakości higienicznej wody użytkowej wykorzystywanej w budynkach do celów niespożywczych (2006/7/WE)¹⁶.

10 fbr Hinweisblatt H 202 (2017) Hinweise zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen. Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation (fbr) (identyczna z DWA-M 277E)

11 BSI (2010) Greywater Systems - Part 1: Code of Practice [Systemy szarej wody - Część 1: Kodeks postępowania]. BS8525-1:2010 BS Press

12 BSI (2011) Greywater Systems - Part 2: Domestic greywater treatment, requirements and methods [Systemy szarej wody - Część 2: Przydomowe oczyszczanie szarej wody, wymagania i metody]. BS 8525-2:2011. BS Press

13 Health Canada (2010) Canadian Guidelines for Domestic Reclaimed Water for Use in Toilet and Urinal Flushing. Ottawa, Ontario. Styczeń 2010 roku

14 Sheikh, B. (2010) White paper on graywater. Raport sponsorowany przez American Water Works Association, Water Environment Federation i Water Reuse Association

15 Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (2006) National Water Quality Management Strategy

16 Dyrektywa UE dotycząca zarządzania jakością wody w kąpieliskach (2006) Dyrektywa 2006/7/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 lutego 2006 roku dotycząca zarządzania jakością wody w kąpieliskach i uchylająca dyrektywę 76/160/EWG. Dz.U.UE L 64, 4.3.2006.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:064:0037:0051:EN:PDF>



Tabela 4 Wymagania jakościowe dla wody użytkowej w budynkach w oparciu o Dyrektywę UE dotyczącą zarządzania jakością wody w kąpieliskach (Dyrektywa 2006/7/E)¹⁷. Te wymagania jakościowe zawierają kryteria oparte na zawartości substancji organicznych, stałych i drobnoustrojów w wodzie użytkowej.

Odpowiednie oczyszczenie szarej wody przed jej ponownym użyciem jest niezbędne do zmniejszenia ryzyka przenoszenia patogenów i poprawy skuteczności późniejszej dezynfekcji. Zarówno uzdatnianie, jak i dezynfekcja szarej wody są niezbędne do otrzymania wody, która jest zarówno bezpieczna, jak i estetycznie odpowiednia do ponownego użycia. (*Termin „woda użytkowa” jest używany zamiennie z wodą z recyklingu lub odzyskaną).

Tabela 4: Wymagania jakościowe dla wody użytkowej w budynkach oparte na Dyrektywie UE dotyczącej zarządzania jakością wody w kąpieliskach (Dyrektywa 2006/7/WE).

| Cel jakościowy | |
|---|--|
| Prawie pozbawiona zawieszin, prawie bezwonna, bezbarwna i przejrzysta | Mętność < 2 NTU |
| Bogata w tlen | > 50% nasycenia |
| Transmisja (254nm) (1 cm) | > 60% |
| Niski poziom biochemicznego zapotrzebowania na tlen (BZT ₇) | BZT ₇ < 5 mg/l |
| Bezpieczna pod względem higienicznym/mikrobiologicznym | <ul style="list-style-type: none">• Bakterie grupy coli ogółem < 10 000/100 ml• E. coli < 1 000/100 ml• Pseudomonas aeruginosa < 100/100 ml |

Arkusze informacyjne fbr H 202 (fbr, 2017) i DWA-M 277E¹⁸ zawierają kompleksowe informacje techniczne dotyczące planowania, projektowania, eksploatacji i konserwacji systemów recyklingu szarej wody w budynkach.

Norma europejska EN 16941-2:2017, dotycząca systemów wykorzystania oczyszczonej szarej wody, jest obecnie zatwierdzana przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN)¹⁹. Norma ta określa zasady projektowania, wymiarowania, instalowania i konserwacji systemów szarej wody w celu wykorzystania na miejscu oczyszczonej szarej wody do splukiwania toalet, prac ogrodniczych, prania i sprzątan. W dokumencie tym określono również minimalne wymagania dotyczące systemów oczyszczania szarej wody.

17 Berliński Senacki Departament Rozwoju Miast i Mieszkalnictwa (2007) Innowacyjne koncepcje wodne: wykorzystanie wody użytkowej w budynkach. Ekologiczne planowanie urbanistyczne. Departament VI, ministerialne sprawy budowlane. Berliński Senacki Departament Rozwoju Miast i Mieszkalnictwa https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/download/index.shtml

18 Wytyczne DWA-M 277E (2017) Informacje dotyczące projektowania systemów do oczyszczania i ponownego wykorzystania szarej wody i częściowych przepływów szarej wody. Zbiór zasad DWA, Niemieckie Stowarzyszenie | DWA, Hennef. Październik 2017 roku

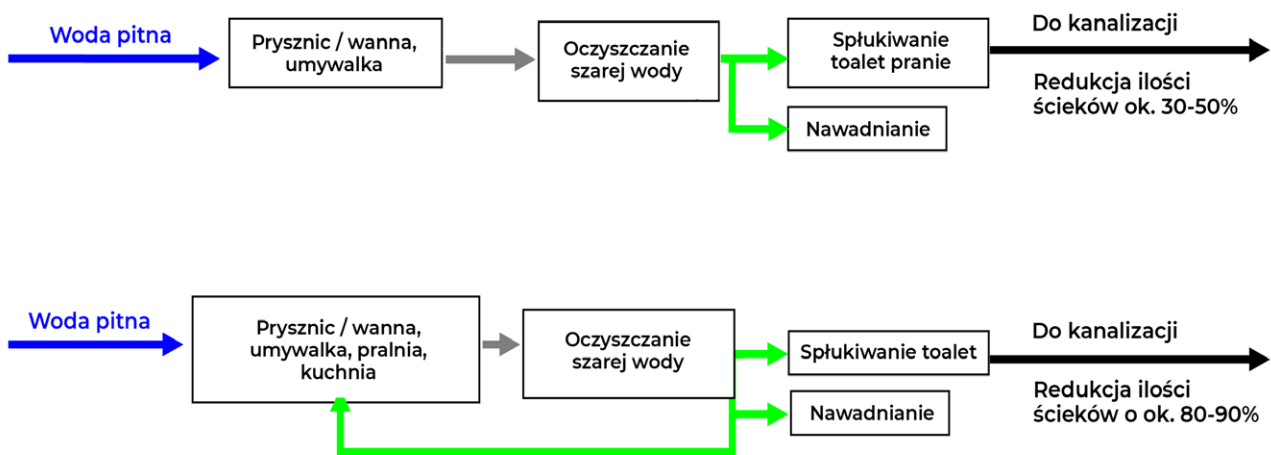
19 pr EN 16941-2:2017 (2017) On-site non-potable water systems - Part 2: Systems for the use of treated greywater [Systemy wody niezdatnej do picia instalowane na miejscu - Część 2: Systemy służące wykorzystaniu oczyszczonej szarej wody]. Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN). Wersja niemiecka i angielska prEN 16941-2:2017 (wersja robocza)



2.2. Właściwości i skład szarej wody

Szara woda stanowi największy objętościowo odsetek ścieków wytwarzanych w przeciętnym gospodarstwie domowym, odpowiadając za 50-75% całkowitego przepływu ścieków, a ponad 90% w przypadku stosowania toalet podciśnieniowych. Typowe ilości szarej wody wahają się od 60 do 120 l/os/d w zależności od standardu życia, zachowań użytkowników, struktury populacji, zwyczajów i przyzwyczajzeń, instalacji wodnych i dostępności wody. Wartości te mogą spadać do 20-30 l/os/d w krajach o niskich dochodach, w których występuje niedobór wody i podstawowego zaopatrzenia w wodę²⁰. Dzięki recyklingowi szarej wody, zapotrzebowanie na wodę pitną można łatwo zmniejszyć do 45 l/os/d (fbr, 2017).

W zależności od dostępnych źródeł szarej wody i wymaganych zastosowań ponownego wykorzystania szarej wody można osiągnąć różne potencjały recyklingu, które wahają się od 30 do 80% (Rys. 1).



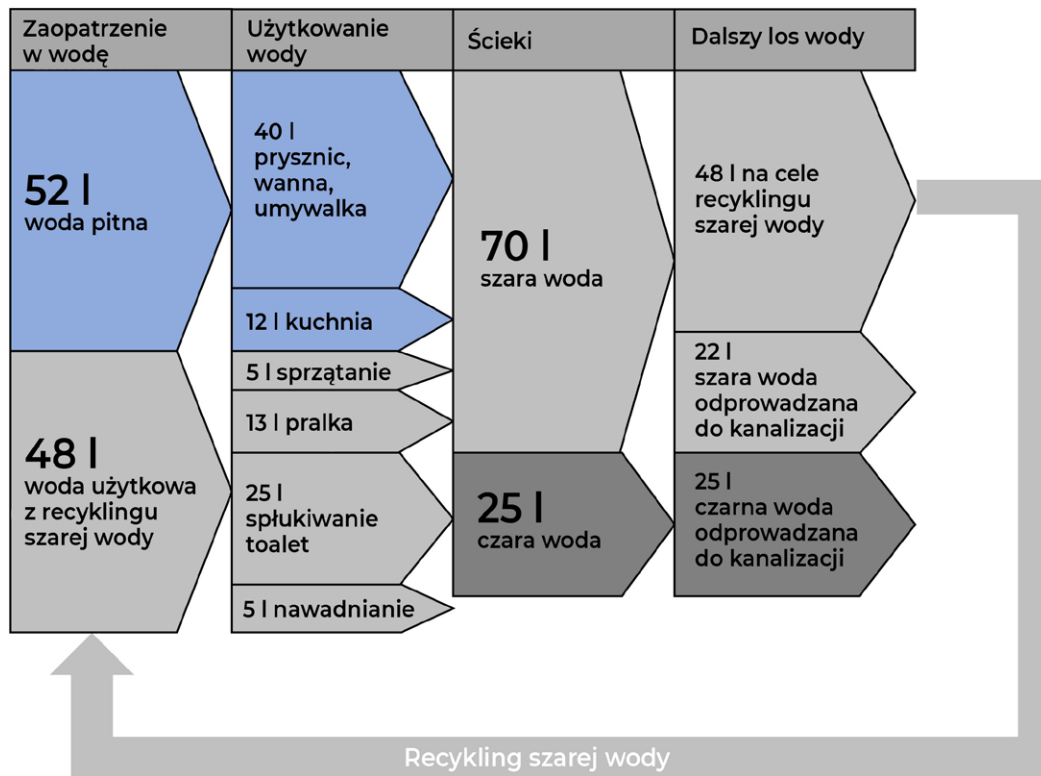
Rysunek 1: Potencjalna redukcja ilości ścieków w pojedynczym gospodarstwie domowym w zależności od włączenia poszczególnych źródeł szarej wody do recyklingu.

²⁰ Morel, A. i Diener, S. (2006) Greywater management in low and middle-income countries. Water and Sanitation in Developing Countries (Sandec). Eawag: Szwajcarski Federalny Instytut Nauki i Technologii Wodnej <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/947>



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2

Na Rysunku 2 przedstawiono średnie ilości cząstkowych przepływów wody generowanych przez różne czynności w prywatnych gospodarstwach domowych (litry na osobę dziennie) oraz potencjał recyklingu szarej wody²¹.



Rysunek 2: Średnie częściowe przepływy wody (l/os/d) w prywatnych gospodarstwach domowych w nowych i wyremontowanych budynkach (zaadaptowane z Mehlhart, 2001).

21 Mehlhart, G. (2001) Grauwasser auf dem Vormarsch. fbr Wasserspiegel 2/200, Seiten 14-16



Na Rysunku 3 przedstawiono źródła i średnie ilości szarej i czarnej wody wytwarzanej codziennie w przeciętnym niemieckim gospodarstwie domowym. Średnio 77 l wytworzonej szarej wody można oczyścić i ponownie wykorzystać do różnych zastosowań niespożywczych, w tym do splukiwania toalet, prania, nawadniania i sprzątnia.

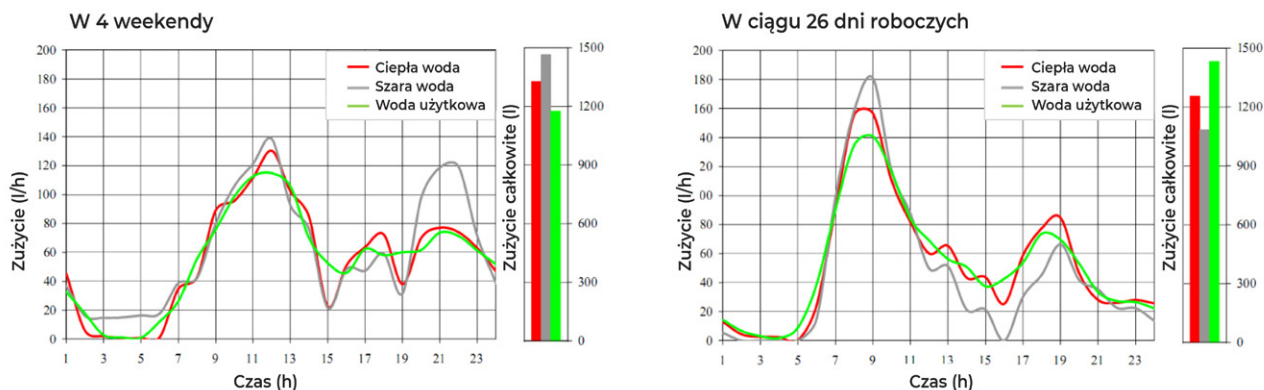


Rysunek 3: Źródła i ilości ścieków domowych w przeciętnym niemieckim gospodarstwie domowym (E.Nolde).

Jakość i ilość szarej wody różni się znacznie w zależności od typu budynku (jednorodzinny, wielopiętrowy), przyzwyczajzeń użytkowników, wykorzystania środków chemicznych w gospodarstwach domowych do mycia, sprzątnia i prania (tłuszcze, oleje, resztki mydła, detergenty itp.), podłączonych urządzeń i źródła szarej wody. Szara woda zwykle zawiera tylko połowę ładunku zanieczyszczeń organicznych obecnego w czarnej wodzie, ale wartość ta może być wyższa, jeśli w gospodarstwach domowych stosuje się środki i urządzenia oszczędzające wodę²².

Jakość i ilość wytwarzanej szarej wody nie są stałe w ciągu dnia, ale wykazują dużą zmienność w zależności od czynności wykonywanych w gospodarstwie domowym i liczby osób w nim przebywających. Na przykład prysznic i golenie mogą odbywać się rano, częste mycie rąk i splukiwanie toalety w ciągu dnia, a kąpiel i pielęgnacja skóry wieczorem. Rysunek 4 przedstawia wzorce zużycia wody i przyzwyczajenia użytkowników, a także średnie dzienne przepływy wody w okresie 4 tygodni (dni robocze i końcówki tygodnia) w budynku wielopiętrowym (45 mieszkańców), w którym szara woda z pryszniców i wanien jest wykorzystywana do splukiwania toalet.

22 Otterpohl, R., Braun, U. i Oldenburg, M. (2003) Innovative technologies for decentralised water, wastewater and biowaste management in urban and peri-urban areas. Water Science & Technology 48 (11/12): 23-32



Rysunek 4: Średnie dzienne przepływy wody i wzorce zużycia w okresie 4 tygodni w budynku wielopiętrowym, w którym zastosowano recykling szarej wody. Szara woda pochodzi z pryszniców i wanien (45 osób) i po oczyszczeniu jest ponownie wykorzystywana do splukiwania toalet (E. Nolde).

2.2.1. Zanieczyszczenia organiczne

Szara woda różni się znacznie składem, a w literaturze opublikowano szeroki zakres wartości ładunków organicznych i składników odżywczych. Szara woda pochodząca ze zlewów kuchennych, zmywarek do naczyń lub pralek zwykle zawiera więcej substancji organicznych niż ta pochodząca z pryszniców, wanien i umywalk. Szara woda z prania zawiera zwykle więcej soli, natomiast woda z kuchni więcej oleju i tłuszczu.

Szara woda zawiera zazwyczaj duże stężenie łatwo ulegających biodegradacji substancji organicznych, takich jak tłuszcz i olej z gotowania, resztki żywności, pozostałości mydeł, detergentów i innych środków czyszczących stosowanych w gospodarstwie domowym. Szara woda ze zlewu kuchennego i zmywarki do naczyń może odpowiadać za 40-60% ładunku głównych zanieczyszczeń organicznych w takiej wodzie.

Ładunek organiczny szarej wody, zwykle mierzony jako biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT) lub chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT), jest miarą stopnia zanieczyszczenia i może być nawet wyższy niż w przypadku czarnej wody, gdy w gospodarstwie domowym stosowane są środki i urządzenia służące oszczędzaniu wody.

W tabeli 5 przedstawiono ilości czarnej i szarej wody wytwarzanej w gospodarstwie domowym (w litrach na osobę dziennie) oraz procentową zawartość substancji organicznych i składników odżywczych w obu strumieniach ścieków. W porównaniu z czarną wodą, szara woda zawiera znacznie mniej azotu, fosforu i potasu, czyli trzech podstawowych składników odżywczych potrzebnych do wzrostu roślin i zapewnienia żyzności gleby.



Tabela 5: Objętości i ładunki dobowe materii organicznej i składników odżywczych w wodzie szarej i czarnej.

| | Całkowity strumień ścieków (ładunek dzienny) | Czarna woda | Szara woda |
|------------|--|---|------------|
| | | Kał + mocz + 30 litrów wody ze splukiwania toalet | |
| Objętość | 112 l/p/d | 31,3% | 68,7% |
| BZT | 117 g/p/d | 59,8% | 40,2% |
| Azot (N) | 12,9 g/p/d | 92,2% | 7,8% |
| Fosfor (P) | 2.0 g/p/d | 75,0% | 25,0% |
| Potas (K) | 4.2 g/p/d | 76,2% | 23,8% |
| Siarka (S) | 3,8 g/p/d | 23,7% | 76,3% |

Tabela 6 i Tabela 7 pokazują różnice w objętościach i ładunkach różnych parametrów szarej wody w europejskim badaniu opartym na danych dotyczących szarej wody z różnych krajów^{23,24}. 60% danych pochodzi z Niemiec, 20% ze Szwecji, 10% z Holandii, a pozostałe z innych krajów. 45% danych referencyjnych dotyczyło szarej wody o niskim ładunku zanieczyszczeń.

Tabela 6: Zmienność objętości i ładunku zanieczyszczeń (na osobę dziennie) w szarej wodzie dla różnych parametrów na podstawie europejskiego badania szarej wody (Sievers i in., 2014; Sievers oraz Londong, 2018).

| Parametr | n | Jednostka | Średnia | Sd | Mediana | Zakres |
|--------------------|----|-----------|---------|-----|---------|---------|
| Objętość | 43 | l/(c*d) | 82 | 23 | 74 | 33-150 |
| TTS | 25 | g/(c*d) | 26 | 24 | 13 | 1-71 |
| BZT ₅ | 28 | g/(c*d) | 17 | 6 | 18 | 4-27 |
| ChZT | 40 | g/(c*d) | 40 | 14 | 41 | 9-71 |
| TP | 41 | g/(c*d) | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,1-0,8 |
| TN | 40 | g/(c*d) | 1,1 | 0,5 | 0,9 | 0,4-2,9 |
| NH ₄ -N | 11 | g/(c*d) | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1-0,7 |

23 Sievers, J. i Londong, J. (2018) Characterization of domestic greywater and greywater-solids. Water Science & Technology 77 (5): 1196-1203

24 Sievers, J., Oldenburg, M., Albold, A. i Londong, J. (2014) Characterization of greywater - estimation of design values. IFAT 2014, XVII Międzynarodowe Sympozjum EWA, 07.05.2014 roku



Tabela 7: Różnice w stężeniach różnych parametrów szarej wody na podstawie badań europejskich (Sievers i in., 2014; Sievers i Londong, 2018).

| Parametr | n | Jednostka | Średnia | Sd | Mediana | Zakres |
|--------------------|----|-----------|---------|-----|---------|----------|
| TTS | 16 | mg/l | 158 | 154 | 92 | 23-570 |
| BZT ₅ | 30 | mg/l | 228 | 96 | 217 | 56-427 |
| ChZT | 47 | mg/l | 501 | 231 | 490 | 102-1583 |
| TP | 42 | mg/l | 6 | 4 | 5 | 0,5-15 |
| TN | 42 | mg/l | 17 | 10 | 13 | 17593 |
| NH ₄ -N | 27 | mg/l | 5,7 | 5,4 | 3,7 | 0,5-25 |

Wszystkie rodzaje szarej wody, w tym woda z kuchni i z prania, wykazały w praktyce dobrą podatność na biodegradację, co świadczy o tym, że szara woda może być oczyszczana w celu ponownego wykorzystania. Stosunek ChZT/BZT₅, który jest miarą podatności na biodegradację, jest zwykle wyższy niż w przypadku wody czarnej i wynosi od 2 do 3,6, przy czym jest on wyższy w przypadku wody szarej o niskim ładunku zanieczyszczeń, co wskazuje, że materia organiczna w tym strumieniu szarej wody jest mniej podatna na biodegradację²⁵.

2.2.2. Składniki odżywcze w szarej wodzie

Zawartość składników odżywczych w szarej wodzie jest na ogół niska w porównaniu ze zwykłymi ściekami. W niektórych przypadkach mogą występować wysokie stężenia fosforu, ale poziomy azotu są zawsze niskie. Fosfor pochodzi głównie z proszków do prania i mycia naczyń, gdzie jest stosowany do zmiękczenia wody. Jeśli w gospodarstwach domowych stosowane będą wyłącznie detergenty niezawierające fosforu, to jego zawartość zostanie zmniejszona do poziomu niższego niż normalnie spotykany w oczyszczonych ściekach.

Szara woda stanowi 10-30% całkowitego ładunku fosforu wprowadzanego do systemu kanalizacji ogólnospławnej, a jego stężenie zależy głównie od rodzaju stosowanych detergentów. Szara woda stanowi również mniej niż 10% całkowitej zawartości azotu w ściekach, a przed oczyszczeniem stężenie azotu w szarej wodzie jest często mniejsze niż 10 mg/l²⁶.

Pomimo niskich stężeń azotu i fosforu w szarej wodzie, wiele badań wykazało, że te niskie stężenia nie są ograniczające dla wzrostu bakterii i dlatego nie hamują procesu biologicznego oczyszczania szarej wody.

25 Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R. i Judd, S. (2004) Grey water characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. *Water Science and Technology*, 50 (2): 157-164

26 Vinnerås, B., Palmquist, H., Balmér, P. i Jönsson, H. (2006) The characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste - A proposal for new Swedish design values. *Urban Water Journal* 3 (1): 3-11



2.2.3. Patogeny w szarej wodzie

Szara woda uważana jest za raczej nieszkodliwą, chociaż nie można wykluczyć obecności w niej potencjalnych patogenów wynikającej z zanieczyszczenia fekaliami pochodzącymi z kąpieli pod prysznicem, w wannie lub prania pieluch, co stanowi główne ryzyko infekcji. Jednak zwykle zawiera ona mniej zanieczyszczeń kałowych niż czarna woda, zazwyczaj w zakresie 10^1 - 10^2 (fbr, 2017).

Wykrycie w szarej wodzie bakterii typu kałowego, takich jak bakterie grupy coli typu kałowego, a w szczególności E. coli, które normalnie nie powodują żadnych chorób, wskazuje na potencjalną obecność patogenów przenoszonych drogą kałową, takich jak Salmonella lub wirusy jelitowe^{27,28}. Średnie stężenia bakterii z grup wskaźnikowych w wodzie szarej są podobne do tych w ściekach wtórnie oczyszczonych. W szarej wodzie powszechnie odnotowuje się obecność bakterii coli typu kałowego, E. coli lub enterokoków, co świadczy o tym, że zanieczyszczenie wody szarej fekaliami nie jest zjawiskiem sporadycznym, lecz spodziewanym.

Występowanie dużej liczby bakterii typu kałowego w szarej wodzie może być spowodowane obecnością łatwo biodegradowalnych związków organicznych i panującymi wyższymi temperaturami, co sprawia, że szara woda jest idealnym środowiskiem dla rozwoju mikroorganizmów²⁹. Jednak skupienie się na obecności bakterii typu kałowego w szarej wodzie może prowadzić do przeszacowania ładunków kałowych, a tym samym ryzyka higienicznego. W takim przypadku należy zachować ostrożność przy interpretacji danych ze względu na możliwość ponownego rozwoju bakterii, co może spowodować przeszacowanie ryzyka mikrobiologicznego.

2.3. Wymagania dotyczące recyklingu szarej wody

2.3.1. Wymagania jakościowe

Ogólnie rzecz biorąc, szara woda po recyklingu powinna spełniać cztery kryteria pozwalające na jej ponowne wykorzystanie³⁰:

- Bezpieczeństwo higieniczne
- Estetyka (brak utraty komfortu i uciążliwości dla użytkownika)
- Tolerancja ekologiczna, oraz
- Ekonomiczna wykonalność.

Różne zastosowania obejmujące ponowne wykorzystanie szarej wody wymagają różnych wymagań dotyczących jakości wody, a tym samym różnych poziomów i technologii oczyszczania, od prostych procesów po bardziej zaawansowane. Wymagania fizyko-chemiczne i mikrobiologiczne wymienione w tabeli 4 zapewniają wysoką i bezpieczną pod względem higienicznym jakość wody użytkowej, jeśli są w pełni przestrzegane. Gwarantują one również, że woda użytkowa może być przechowywana przez dłuższy okres bez powstania nieprzyjemnych zapachów i utraty komfortu użytkowników oraz, że pozbawiona jest wszelkich zabarwień i/lub zawiesin i można ją stosować do celów niespożywczych.

27 Winward, G.P., Avery, L.M., Frazer-Williams, R., Pidou, M., Jeffrey, P., Stephenson, T., Jefferson, B. (2008a) A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse. *Ecological engineering* 32: 187-197

28 Ottoson, J. i Stenström, T.A. (2003) Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. *Water Research* 37 (3): 645-655

29 Lazarova, V., Hills S. i Birks R. (2003) Using recycled water for non-potable, urban uses. A review with particular reference to toilet flushing. *Water Science & Technology* 3 (4): 69-77

30 Nolde, E. (2005) Greywater recycling systems in Germany - results, experiences and guidelines. *Water Science & Technology* 51 (10): 203-210



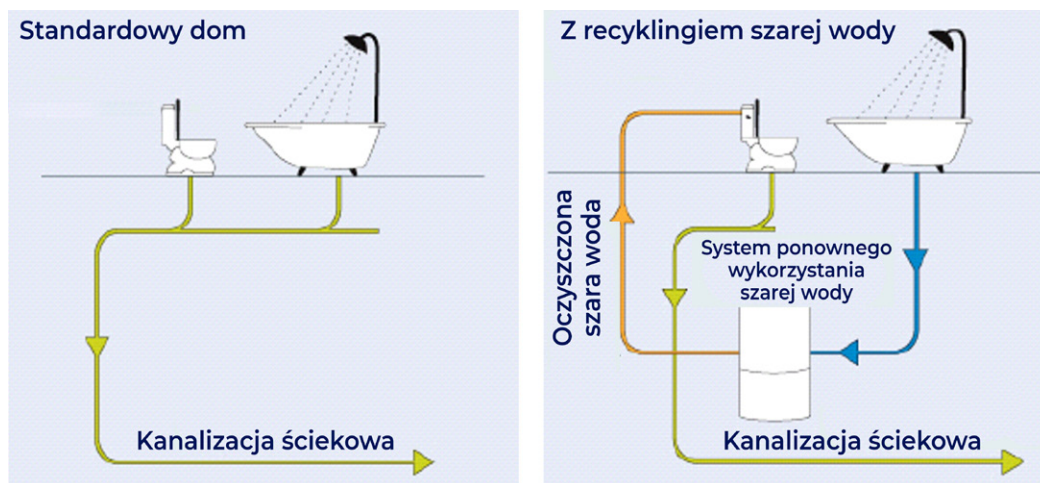
Oprócz bezpieczeństwa higienicznego, podczas planowania systemu recyklingu szarej wody należy również wziąć pod uwagę tolerancję ekologiczną wybranej technologii, np. niskie jednostkowe zapotrzebowanie na energię do oczyszczania szarej wody ($< 1,5 \text{ kWh/m}^3$), brak stosowania środków chemicznych i dezynfekcja promieniami UV zamiast chlorowania jako końcowy etap oczyszczania.

Technologia oczyszczania szarej wody powinna być ekonomicznie wykonalna i powinna zwracać się w rozsądnym okresie amortyzacji. Koszty nie powinny nadmiernie przekraczać kosztów konwencjonalnego systemu oczyszczania ścieków. Niższe koszty eksploatacji można osiągnąć, jeśli zainstalowane zostaną wysokiej jakości elementy systemu, o niskich wymaganiach konserwacyjnych i niskim zużyciu energii.

2.3.2. Wymagania techniczne

2.3.2.1. Instalacje dualne

Rozważając zastosowanie systemu recyklingu szarej wody w nowym budynku lub podczas remontu, należy zainstalować instalację dualną do oddzielnego zbierania dwóch głównych strumieni ścieków: czarnej wody (z toalet) i szarej wody. Szara woda z podłączonych źródeł (np. pryszniców, wanień, pralek, zlewów kuchennych) przepływa bezpośrednio przez sieć rur odprowadzających taką wodę do systemu recyklingu szarej wody. Należy również zainstalować oddzielny system sieci rur do dystrybucji wody użytkowej do różnych punktów poboru (Rys. 5). W celu przeprowadzenia rozdziału sieci należy zapoznać się z normą DIN EN 1717³¹.



Rysunek 5: Uproszczony schemat instalacji jednorurowej i dualnej w gospodarstwie domowym.

Podczas budowy należy upewnić się, że nie występują żadne połączenia krzyżowe między siecią wodociągową a siecią wody pitnej. Wszystkie przewody rurowe i armatura powinny być odpowiednio oznakowane i opatrzone etykietami. Z reguły poszczególne sieci przewodów rurowych powinny mieć oddzielne kolory, a punkty poboru wody użytkowej powinny być odpowiednio oznakowane, aby można je było odróżnić od instalacji wody pitnej. Należy również zadbać o to, aby szara woda z systemu ponownego wykorzystania szarej wody w żadnym miejscu nie przedostawała się do sieci wody pitnej. System szarej wody należy sprawdzić pod kątem połączeń krzyżowych przed jego uruchomieniem (np. za pomocą testu barwnikowego).

31 DIN EN 1717:2011-08 (2011) Protection against pollution of potable water installations and general requirements of devices to prevent pollution by backflow [Ochrona przed wtórnym zanieczyszczeniem wody w instalacjach wodociągowych i ogólne wymagania dotyczące urządzeń zapobiegających zanieczyszczeniu przez przepływ zwrotny]; niemiecka wersja normy EN 1717:2000; Technical rule of the DVGW. Beuth Publications



Systemy szarej wody powinny być również wyposażone w połączenie przelewowe z kanalizacją, umożliwiające odprowadzanie zebranej wody bezpośrednio do kanalizacji w okresach konserwacji lub awarii systemu. Należy również przewidzieć instalację zapobiegającą przepływowi zwrotnemu, która uniemożliwia cofnięcie się wody niezdatnej do picia do sieci wody pitnej.

2.3.2.2. Zapasowe źródło wody

Systemy powtórnego wykorzystania szarej wody muszą być wyposażone w automatyczny system zapasowego źródła wody zapewniający ciągłe dostawy wody użytkowej (wylot swobodny) (Rys. 6). Można stosować wodę pitną, deszczówkę lub inne źródła wody o odpowiedniej jakości.

Przełącznik pływakowy umieszczony wewnątrz zbiornika magazynowego uruchamia zapasowe źródło wody, gdy poziom wody w zbiorniku magazynowym osiągnie niski poziom. Przełącznik pływakowy wyłącza zapasowe zasilanie wodą po osiągnięciu zadanego poziomu wody tak, aby pozostawić miejsce na doptywającą wodę z recyklingu. W przypadku instalacji zapasowego źródła wody należy zapoznać się z normami DIN 1989-1:2002-04³² i DIN EN 1717:2011-08 (2011).



Rysunek 6: Schemat przedstawiający rezerwowe źródło wody (po lewej) oraz materiały użyte do oznakowania rurociągów i punktów poboru sieci wody użytkowej (fbr).

2.3.2.3. Pompy

Pompy powinny być odporne na korozję i zdolne do pompowania do wysokości wymaganej do napełnienia zbiornika magazynowego lub zapewnienia odpowiedniego przepływu w przypadku pompowania bezpośrednio do punktu poboru. Zazwyczaj stosowane są pompy zatapialne i zewnętrzne pompy samozasysające, przy czym zaleca się stosowanie pomp o niskim zużyciu energii, niskim poziomie hałasu i dużej wytrzymałości. Pompy powinny być dobierane z uwzględnieniem wysokości zasysania oraz strat na przepływie wody w rurach i zaworach. Sterownik pompy powinien sterować pompą zgodnie z zapotrzebowaniem, zabezpieczać pompę przed pracą na sucho, chronić silnik przed przegrzaniem i przeciążeniem elektrycznym oraz umożliwiać ręczne sterowanie. Pompy powinny być umieszczone w miejscu dobrze wentylowanym i chronionym przed ekstremalnymi temperaturami oraz zamocowane tak, aby nie były generowane żadne hałasy i wibracje.

32 DIN 1989-1:2002-04 (2002) Rainwater harvesting systems - Part 1: Planning, installation, operation and maintenance [Systemy zbierania wody deszczowej - Część 1: [Planowanie, montaż, eksploatacja i konserwacja]. Beuth publications.



2.3.2.4. Panel sterowania

Panel sterowania powinien wskazywać:

- Czy system działa prawidłowo
- Alarmy sygnalizujące awarię elementów systemu (np. pompy, kontroli poziomu, dezynfekcji promieniami UV)
- Poziomy we wszystkich zbiornikach
- Stan zasilania
- Przepływy wody
- Godziny pracy (zapisy cykli włącz/wyłącz w połączeniu z przepływami)
- Automatyczne sterowanie zapasowym źródłem wody w celu sprostania wahaniom podaży i popytu
- Parametry jakości wody, które można wykrywać w sposób ciągły (pH, T °C, zmętnienie, stężenie tlenu rozpuszczonego itp.)
- Wyniki monitorowania online w celu kontroli jakości oczyszczonej szarej wody.

2.3.3. Wymagania dotyczące instalacji

Instalacja systemów recyklingu szarej wody powinna być wykonywana przez wykwalifikowane osoby/ hydraulików, posiadające odpowiednie zezwolenia.

W przypadku instalacji w budynku wymagane jest podanie następujących danych wstępnych:

- Wymiary pomieszczenia montażowego
- Najmniejszy wymiar wolnej przestrzeni (drzwi)
- Nośność podłoża
- Inne znaczące czynniki, takie jak zwiększone pylenie, podwyższona temperatura w pomieszczeniu, napowietrzanie i wentylacja.

W przypadku instalacji w ziemi wymagane jest podanie następujących danych dotyczących:

- Objętości zabudowy
- Warunków glebowych
- Zwierciadła wód gruntowych
- Odległości od budynku.

Wymagana powierzchnia około 0,1 m² na osobę jest reprezentatywna dla systemów biologicznych stosowanych do oczyszczania szarej wody. Zależy to przede wszystkim od ładunku zanieczyszczeń szarej wody, wymaganej pojemności buforowej dla szarej wody i szczytowych przepływów wody użytkowej, a także od lokalnych wymagań dotyczących jakości wody użytkowej. Systemy powinny być instalowane w taki sposób, aby w celu ich konserwacji przez cały czas był możliwy dostęp do wszystkich części systemu.



2.3.4. Wymagania operacyjne

Aby system działał prawidłowo, należy wziąć pod uwagę następujące kryteria:

- System powinien być wytrzymały, odporny na wahania, a jego elementy trwałe
- Energia doprowadzana do systemu recyklingu szarej wody nie powinna być wyższa niż w przypadku konwencjonalnego systemu oczyszczania ścieków - możliwie mniej niż 1,5 kWh dla uzdatniania, w tym dystrybucji jednego metra sześciennego wody użytkowej
- Niskie koszty eksploatacji i konserwacji
- Należy unikać stosowania środków chemicznych do czyszczenia, obsługi i konserwacji.

2.3.5. Wymagania dotyczące konserwacji

Mogą one obejmować:

- Automatyczne i okresowe czyszczenie sit/filtrów
- Jeśli w strumieniu szarej wody uwzględnia się również przepływy bardziej zanieczyszczonej szarej wody (np. z kuchni i pralek), to wydatki na konserwację będą nieco wyższe niż w przypadku oczyszczania tylko szarej wody o niskim ładunku zanieczyszczeń
- Łatwy dostęp do elementów systemu (zbiorników, pomp, filtrów itp.) zapewniający bezpieczną i wydajną pracę
- Internetową jednostkę monitorującą, która pomaga zoptymalizować działanie systemu i obniżyć koszty konserwacji i eksploatacji.

2.4. Zastosowania szarej wody z recyklingu

Najczęstszym zastosowaniem szarej wody z recyklingu (wody użytkowej) jest splukiwanie toalet/pisuarów, które może samo w sobie zmniejszyć zapotrzebowanie na wodę w gospodarstwie domowym do 30%, a w biurach i budynkach komercyjnych przekroczyć 60%. Szara woda, po odpowiednim oczyszczeniu, jest uważana za odpowiednią do zastosowań niespożywczych, takich jak splukiwanie toalet, pranie, sprzątanie, podlewanie, mycie samochodów, ochrona przeciwpożarowa, systemy hydroponiczne, akwakultura, mycie ulic i ochrona terenów podmokłych. Wymagania dotyczące jakości wody zależą od miejsca i zastosowania, a poziom wymaganego oczyszczania - od jakości nieoczyszczonej szarej wody oraz planowanego sposobu ponownego wykorzystania, przy czym oba te czynniki mają wpływ na wybór technologii oczyszczania.

W przypadku zastosowań rolniczych, jakość wody użytkowej nie powinna stanowić zagrożenia dla zdrowia ludzi spożywających surową żywność wyprodukowaną w wyniku nawadniania szarą wodą z recyklingu. W większości przypadków zasolenie jest ważnym czynnikiem, który wymaga ścisłego monitorowania i kontroli podczas stosowania oczyszczonej szarej wody do nawadniania. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) opublikowała wytyczne dotyczące bezpiecznego wykorzystania szarej wody w rolnictwie³³.

Głównym zastosowaniem wody z recyklingu w przemyśle jest chłodzenie, zarówno w obiegach zamkniętych, jak i otwartych. W obiegach zamkniętych nie dochodzi do bezpośredniego kontaktu z ludźmi lub środowiskiem, natomiast w obiegach otwartych mogą powstawać aerozole, co prowadzi do zagrożeń związanych z obecnością bakterii *Legionella* spp. Prawidłowe zarządzanie powinno również zapobiegać korozji i powstawaniu osadów wapiennych, chroniąc przewody rurowe i zbiorniki.

33 WHO (2006) WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 4. Excreta and greywater use in agriculture. Wydanie 3. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO), Genewa, Szwajcaria.
<https://www.who.int/publications/i/item/9241546859>



2.5. Korzyści wynikające z recyklingu szarej wody

Z ponownym wykorzystaniem szarej wody wiąże się szereg korzyści, takich jak zwiększenie dostępności wody na miejscu oraz wkład w adaptację do zmiany klimatu. Należą do nich:

- Zmniejszone zapotrzebowanie na wodę pitną
- Zmniejszone obciążenie oczyszczalni ścieków lub systemów oczyszczania na miejscu (np. szamba)
- Zmniejszone zapotrzebowanie na energię do transportu wody
- Zmniejszona ilość emisji gazów cieplarnianych
- Zmniejszenie zależności od dostaw wody z sieci wodociągowej
- Niższe rachunki za wodę
- Ochrona zasobów wodnych
- Wykorzystanie składników odżywczych z odzysku, które w przeciwnym razie mogłyby zostać zmarnowane, jako cenne źródło dla kształtowania terenu i wzrostu roślin
- Certyfikacja kodeksu budownictwa ekologicznego.

2.6. Zagrożenia związane z recyklingiem szarej wody

Ryzyko związane z recyklingiem szarej wody jest minimalne, jeżeli przestrzegane są obowiązujące przepisy techniczne i regulacje dotyczące instalacji i eksploatacji systemów recyklingu szarej wody. Dzięki odpowiedniej technologii uzdatniania i konserwacji systemu można zagwarantować wysoką jakość wody użytkowej, która wykluczy wszelkie zagrożenia higieniczne i środowiskowe.



3. Gospodarowanie szarą wodą i jej oczyszczanie

Szara woda może zawierać duże ilości łatwo biodegradowalnych związków organicznych, które szybko ulegają rozkładowi i przekształcają środowisko w beztlenowe, skutkując powstaniem nieprzyjemnych zapachów. Dlatego głównym celem oczyszczania jest zmniejszenie poziomu zanieczyszczeń organicznych znajdujących się w szarej wodzie. Celem drugorzędym jest obniżenie poziomu potencjalnych patogenów i innych mikroorganizmów, które mogą znajdować się w szarej wodzie.

Końcowa jakość oczyszczonej szarej wody jest ważna ze względu na jej wpływ na ponowne wykorzystanie, a także na proces dezynfekcji, który jest zwykle stosowany jako końcowy etap oczyszczania. Ważne jest również usuwanie zawiesin w wodzie szarej, ponieważ cząstki stałe mogą osłaniać mikroorganizmy przed dezynfekcją³⁴.

Wybór technologii oczyszczania zależy głównie od:

- Poziomu zanieczyszczenia szarej wody (zastosowane źródła szarej wody)
- Zamierzonego zastosowania końcowego
- (Lokalne) wymagania jakościowe, które musi spełniać woda użytkowa.

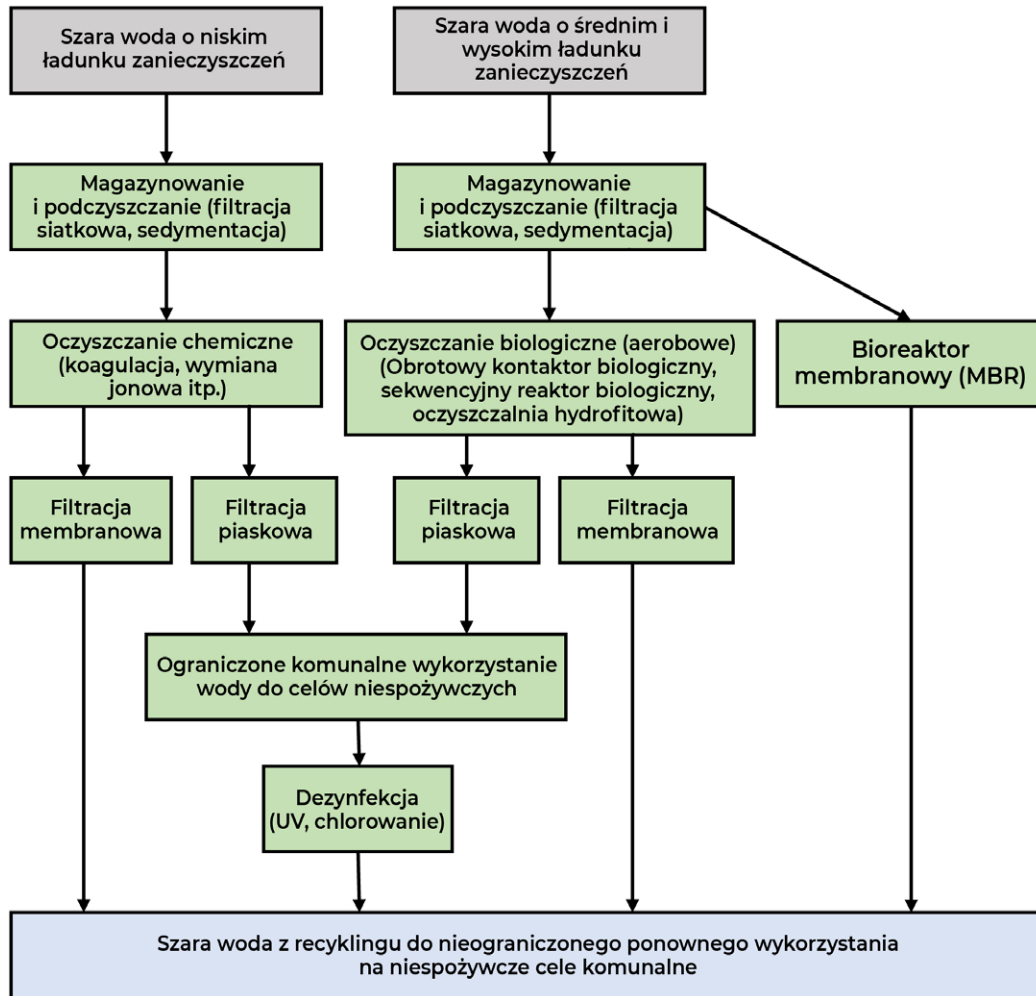
Inne czynniki, które również mogą mieć wpływ na wybór technologii, to planowany obiekt, dostępna przestrzeń oraz koszty inwestycji i konserwacji.

Obecnie wybór technologii oczyszczania szarej wody koncentruje się na systemach biologicznych jako głównym etapie oczyszczania, ponieważ jest mało prawdopodobne, aby same procesy fizyczne, takie jak filtracja zgrubna lub przesiewanie, pozwoliły na uzyskanie takiego stopnia oczyszczenia szarej wody, aby nadawała się ona do ponownego wykorzystania.

Szarą wodę można oczyszczać z wykorzystaniem szeregu różnych technologii, w tym procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych lub ich kombinacji. Na Rysunku 7 zaproponowano kilka schematów recyklingu szarej wody w oparciu o charakterystykę szarej wody na wlocie i wymagania dotyczące jakości wody użytkowej do zastosowań niespożywczych³⁵. Są to dobrze znane metody oczyszczania, które są również powszechnie stosowane w sektorze konwencjonalnego oczyszczania ścieków.

34 Winward, G.P., Avery, L.M., Stephenson, T. i B. Jefferson, B. (2008b) Ultraviolet (UV) disinfection of grey water: particle size effects. *Journal of Environmental Technology* 29 (2): 235-244.

35 Li, F., Wichmann, K. i Otterpohl, R. (2009) Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment* 407: 3439-3449.



Rysunek 7: Systemy recyklingu szarej wody do nieograniczonego ponownego wykorzystania na niespożywcze cele komunalne (zaadaptowane z Li i in. 2009).

3.1. Technologie oczyszczania szarej wody

Technologie oczyszczania szarej wody muszą solidnie i wydajnie radzić sobie ze zmianami w ładunkach organicznych i mikrobiologicznych w szarej wodzie oraz stale generować oczyszczone ścieki o wysokiej jakości i bezpieczne tak, aby spełnić wymagane normy dotyczące ponownego wykorzystania. Systemy od prostych systemów filtracji o niskim stopniu zaawansowania technologicznego po zaawansowane technologicznie systemy wielobarierowe obejmujące oczyszczanie biologiczne, filtrację membranową i dezynfekcję promieniami UV są uważane za najbardziej odpowiednie do oczyszczania szarej wody ze względu ich na skuteczność w usuwaniu związków organicznych³⁶.

Ogólnie rzecz biorąc, oczyszczanie szarej wody z gospodarstw domowych wymaga połączenia fizycznych i biologicznych procesów oczyszczania w celu usunięcia cząstek stałych i rozpuszczonych substancji organicznych. Procesy chemiczne, takie jak koagulacja, wymiana jonowa, fotokatalityczne utlenianie i granulowany węgiel aktywny, są zwykle wskazane w przypadku szarej wody o niskim ładunku zanieczyszczeń.

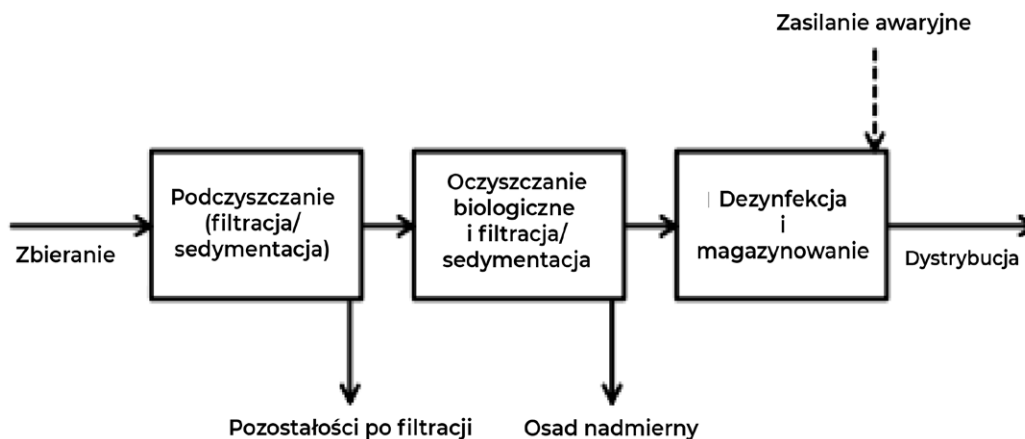
Procesy te wiążą się jednak z dużym zużyciem energii i materiałów oraz wytwarzaniem produktów ubocznych i generalnie nie są zalecane do recyklingu szarej wody.

36 Pidou, M., Memon, F.A., Stephenson, T. Jefferson, B. i Jeffrey, P. (2007) Greywater recycling: treatment options



Systemy szarej wody składają się zazwyczaj z następujących elementów (Rys. 8):

- Zbiornik wstępny/ buforowy do zbierania szarej wody
- System oczyszczania (biologiczny)
- Zbiornik posedymentacyjny
- Zbiornik do przechowywania oczyszczonej szarej wody
- System dezynfekcji
- System zasilania awaryjnego
- Pompa wspomagająca na cele dostarczania wody do punktów poboru.



Rysunek 8: Uproszczony schemat systemu recyklingu szarej wody.

Do oczyszczania szarej wody można z powodzeniem zastosować kilka systemów oczyszczania biologicznego w warunkach tlenowych, powszechnie stosowanych w konwencjonalnym oczyszczaniu ścieków, w tym obrotowe złoża biologiczne, sekwencyjne reaktory biologiczne, reaktory z ruchomym złożem biologicznym, bioreaktory membranowe i oczyszczalnie hydrofitowe.

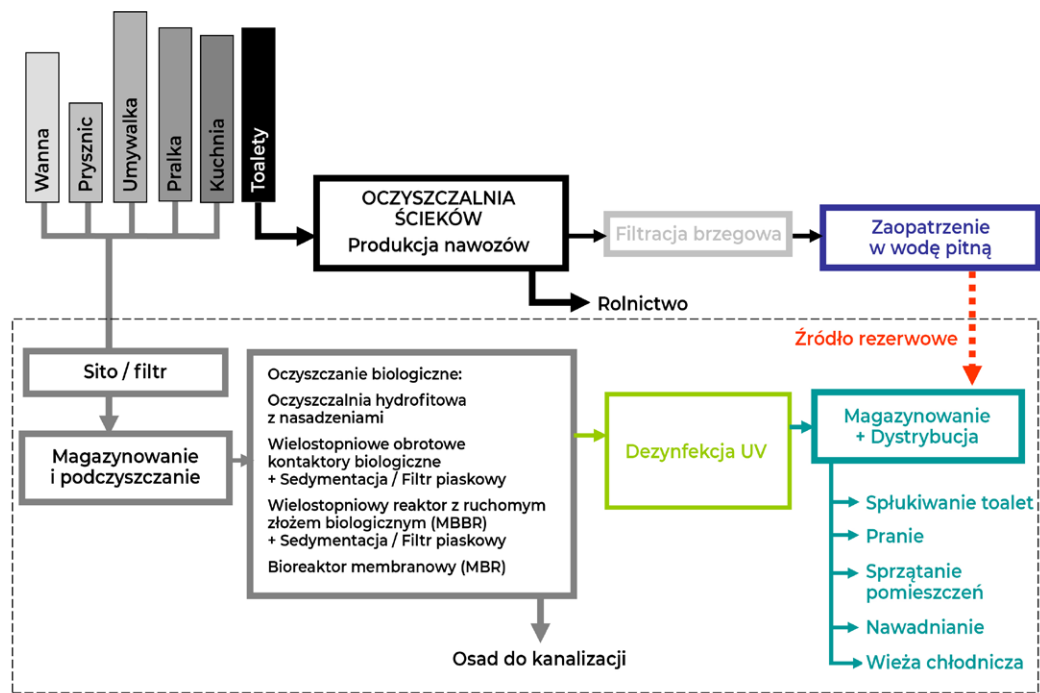
Systemy biologiczne są zwykle poprzedzone etapem filtracji zgrubej (oczyszczanie wstępne), a biologicznie oczyszczone ścieki są poddawane etapowi sedymentacji/filtracji (oczyszczanie końcowe) w celu usunięcia osadu. Niezbędny jest końcowy etap dezynfekcji w celu usunięcia mikroorganizmów. W tlenowych procesach biologicznych można osiągnąć bardzo dobre wskaźniki usuwania substancji organicznych i zmętnienia, co umożliwi przechowywanie oczyszczonej szarej wody przez dłuższy czas.

We wszystkich systemach zazwyczaj stosuje się etap oczyszczania wstępnego z wykorzystaniem samoczyszczących sit lub filtrów w celu usunięcia gruboziarnistego materiału (włosy, kłaczki, piasek i inne cząstki stałe). Jeśli szara woda z kuchni jest włączona do strumienia ścieków, zaleca się zainstalowanie separatora oleju/smaru i osadów.

Ponieważ w gospodarstwach domowych woda szara nie jest wytwarzana w sposób ciągły, zwykle wymagany jest buforowy zbiornik magazynujący, aby zapewnić względnie równomierny przepływ ścieków na wlocie w całym procesie oczyszczania.

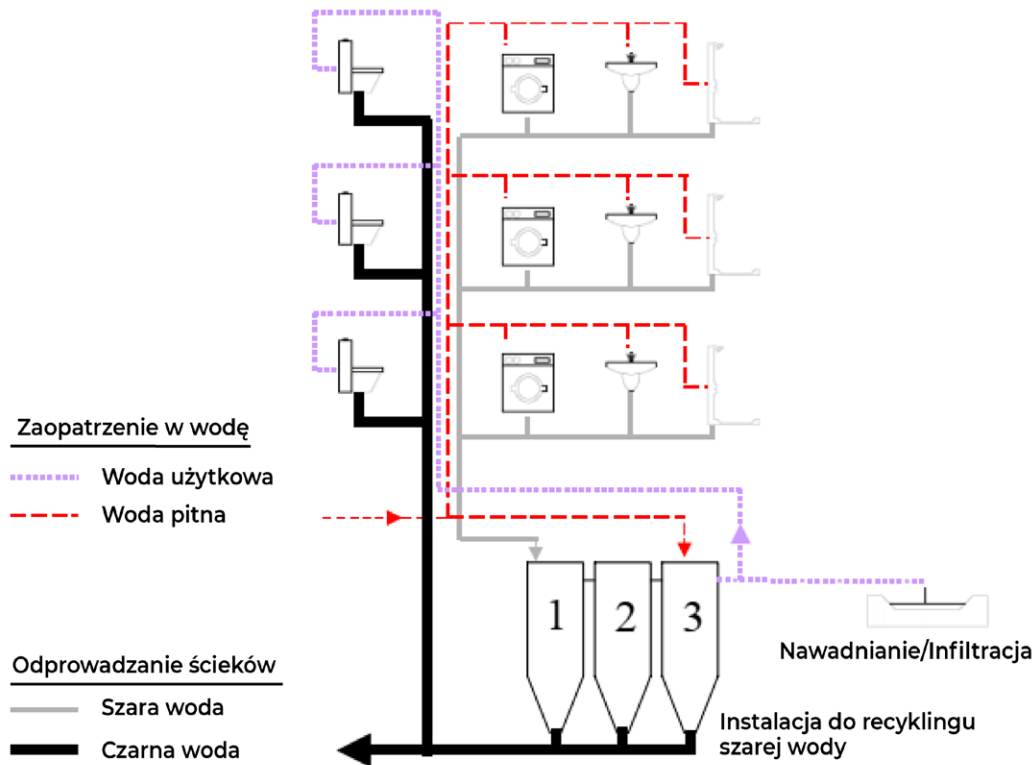


Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2



Rysunek 9: Schemat ideowy opcji recyklingu szarej wody dla różnych źródeł szarej wody (E. Nolde).

Rysunek 10 przedstawia schemat systemu recyklingu szarej wody w budynku wielopiętrowym, w którym woda użytkowa jest używana do spłukiwania toalet i/lub nawadniania/infiltracji. Podłączenie pralki do sieci wody użytkowej w celu wykorzystania wody użytkowej do prania zamiast wody pitnej pozostaje opcjonalne.



Rysunek 10: Schemat systemu recyklingu szarej wody dla budynków wielokondygnacyjnych: 1. Zbieranie, buforowanie i sedymentacja; 2. Oczyszczanie biologiczne; 3. Magazynowanie i dostarczanie (fbr)



3.1.1. Oczyszczanie fizyczne (podczyszczanie)

Podczyszczanie wody szarej jest konieczne w celu usunięcia zawiesin, tłuszczu i innych zanieczyszczeń, które mogą zatykać system lub skutkować powstaniem nieprzyjemnych zapachów. Fizyczne metody oczyszczania szarej wody obejmują filtrację i sedymentację (oddzielanie fazy stałej od ciekłej). Skuteczność technik filtracji zależy od wielkości cząstek zanieczyszczeń szarej wody i porowatości filtra. Filtracja jest zwykle stosowana jako metoda podczyszczania i/lub oczyszczania końcowego (np. przed dezynfekcją). Techniki filtracji obejmują sита i filtry, filtrację piaskową, filtrację żwirową i filtrację membranową. Stosowanie procesów fizycznych jako jedynej metody oczyszczania, z wyjątkiem filtracji membranowej, nie jest wystarczające do oczyszczania szarej wody, ponieważ nie zapewnia odpowiedniej redukcji substancji organicznych, składników odżywczych i innych zanieczyszczeń, z wyjątkiem sytuacji, w których zawartość substancji organicznych w szarej wodzie jest bardzo niska.

Filtracja membranowa, taka jak mikrofiltracja (MF), ultrafiltracja (UF) i nanofiltracja (NF), pozwala uzyskać wysokiej jakości oczyszczoną szarą wodę. Permeat uzyskany za pomocą membran NF jest najwyższej jakości, ponieważ usuwają one rozpuszczalne substancje organiczne, związki jonowe, patogeny, a nawet wirusy. Z systemami tymi wiąże się jednak większe zużycie energii oraz zatykanie i zamulanie membran, co ogranicza ich ekonomiczną opłacalność.

Filtracja piaskowa jest prostą i opłacalną technologią, ale stanowi ograniczoną opcję oczyszczania szarej wody, jeśli jest stosowana samodzielnie. Filtracja piaskowa jest jednak bardzo skuteczna, gdy stosuje się ją jako etap końcowego oczyszczania ścieków przed dezynfekcją promieniami UV.

3.1.2. Oczyszczanie chemiczne

Chemiczne systemy oczyszczania szarej wody obejmują koagulację i flokulację, elektrokoagulację, adsorpcję z wykorzystaniem granulowanego węgla aktywnego i zeolitów naturalnych, magnetyczną żywicę jonowymienną, sproszkowany węgiel aktywny oraz zaawansowane procesy utleniania, takie jak ozonowanie i fotokataliza. Po zastosowaniu tych metod następuje zwykle filtracja i/lub dezynfekcja. Systemy te są wydajne w przypadku stosowania szarej wody o niskim ładunku zanieczyszczeń, a w niektórych przypadkach również szarej wody z prania. W porównaniu z procesami fizycznymi stosowanymi do oczyszczania szarej wody, procesy chemiczne są w stanie do pewnego stopnia zredukować ładunek organiczny i mętność szarej wody, ale nie są wystarczające do spełnienia norm dotyczących ponownego wykorzystania wody niezdatnej do picia, zwłaszcza w przypadku mocno zanieczyszczonej wody szarej³⁷.

Ogólnie rzecz biorąc, wysokie zapotrzebowanie na energię i materiały w procesach oczyszczania chemicznego oraz powstające w ich wyniku produkty uboczne w postaci odpadów uzasadniają ich szerokie zastosowanie na dużą skalę.

37 Pidou, M., Avery, L., Stephenson, T., Jeffrey, P., Parsons, S.A., Liu, S., Memon, F.A., Jefferson, B. (2008) Chemical solutions for greywater recycling. *Chemosphere* 71: 147-155.



3.1.3. Oczyszczanie biologiczne

Systemy biologiczne do oczyszczania szarej wody różnią się pod względem mechanizmów oczyszczania, ale podstawowa zasada jest taka sama, jak w przypadku systemów biologicznych stosowanych do wtórnego oczyszczania ścieków komunalnych. W tych systemach bakterie są wykorzystywane do usuwania głównych zanieczyszczeń organicznych zawartych w szarej wodzie. Szara woda jest zwykle napowietrzana w celu przyspieszenia rozwoju bakterii i rozkładu materii organicznej. Niektóre systemy są całkowicie mechaniczne, inne zaś oparte w większym stopniu na naturze, np. oczyszczalnie hydrofitowe. Biofilm w tych systemach może przybierać różne formy, takie jak zawieszona biomasa lub przymocowany biofilm. Procesy biologiczne oparte na zawieszonej biomacie (np. proces osadu czynnego) są skuteczne w usuwaniu węgla organicznego i składników odżywczych. W systemach tych występują jednak problemy z osiadaniami osadu, koniecznością stosowania dużych reaktorów i osadników oraz recyklingu biomasy. Bioreaktory membranowe, które również bazują na procesie biomasy zawieszanej, są bardzo skuteczne w oczyszczaniu szarej wody przy zachowaniu wysokich standardów^{38,39}.

Systemy oparte na procesie przymocowanego biofilmu okazały się bardziej niezawodne w usuwaniu substancji organicznych i odżywczych i pozwoliły wyeliminować problemy występujące w procesie osadu czynnego. Należą do nich obrotowe złoża biologiczne^{40,41}, sekwencyjne reaktory biologiczne⁴² oraz reaktory z ruchomym złożem biofilmu⁴³. Oczyszczoną szarą wodę poddaje się końcowemu etapowi filtracji, na przykład z użyciem filtra piaskowego i/lub dezynfekcji, aby spełniała ona normy dotyczące ponownego wykorzystania wody do celów niespożywczych.

3.1.3.1. Obrotowe złoża biologiczne

Obrotowe złożo biologiczne to stacjonarny reaktor tlenowy z biofilmem, w którym medium jest mechanicznie zwijane i rozwijane w wodzie. Składa się ono z rozmieszczonych blisko siebie plastikowych okrągłych dysków zamontowanych na poziomym wale, który powoli obraca się prostopadle do kierunku przepływu ścieków, zanurzonych do połowy w zbiorniku ścieków. Biofilm, który rozwija się na obracającej się tarczy, jest okresowo zasilany wodą, co zwiększa stopień rozkładu substancji organicznych obecnych w szarej wodzie. Zwykle wymagany jest etap sedymentacji na cele oczyszczania końcowego, po którym następuje dezynfekcja. Obrotowe kontaktory biologiczne charakteryzują się wysokim stopniem usuwania biodegradowalnych zanieczyszczeń organicznych (do 95% BZT), a także niskim zapotrzebowaniem na energię.

Przy dobieraniu wielkości obrotowego kontaktora biologicznego dla oczyszczania wtórnego stosuje się zarówno kryteria hydrauliczne, jak i kryteria obciążenia organicznego. Prawdopodobnie zaprojektowane systemy obrotowych kontaktorów biologicznych są na ogół niezawodne ze względu na obecność dużej ilości masy biologicznej. Tak duża biomasa pozwala tym systemom lepiej znosić hydrauliczne i organiczne obciążenia udarowe.

38 Merz, C., Scheumann, R., Hamouri, B.E. i Kraume M. (2007) Membrane bioreactor technology for the treatment of greywater from a sports and leisure club. *Desalination* 215 (1-3): 37-43.

39 Fountoulakis, M.S., Markakis, Petousi, I. i Manios, T. (2016) Single house on-site grey water treatment using a submerged membrane bioreactor for toilet flushing. *Science of the Total Environment* 551-552: 706-711.

40 Nolde, E. (1999) Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings - over ten years' experience in Berlin. *Urban Water* 1: 275-284.

41 Friedler, E., Kovalio, R., Galil, N.I. (2005) On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings. *Water Science & Technology* 51 (10): 187-194.

42 Hernández-Leal, L., Temmink, H., Zeeman, G. i Buisman, C.J.N (2010) Comparison of three systems for biological greywater treatment. *Water* 2: 155-169.

43 Jabri, K.M., Fiedler, T., Saidi, A., Nolde, E., Ogurek, M., Geissen, S.U. i Bousselmi, L. (2019) Steady-state modeling of the biodegradation performance of a multistage moving bed biofilm reactor (MBBR) used for on-site greywater treatment. *Environmental Science & Pollution Research* 26:19047-19062.



Rysunek 11: Obrótowe złoża biologiczne w budynku wielopiętrowym. System pierwszej generacji do recyklingu wody szarej z 1995 roku (fot: E. Nolde).

Zalety:

- Krótki hydrauliczny czas retencji (HRT) dzięki dużej powierzchni czynnej
- Może działać przy dużych wahaniami przepływu i obciążenia
- Niskie ilości wytwarzanych osadów
- Niskie koszty operacyjne i zapotrzebowanie na energię
- Dobra kontrola procesu

Wady:

- Wymagana duża ilość miejsca
- Wysoki poziom wilgotności, który wymaga odpowiedniej wentylacji w pomieszczeniu instalacji
- Łożyska wału i napęd mechaniczny wymagają częstej konserwacji.

3.1.3.2. Reaktor z ruchomym złożem biologicznym (MBBR)

Reaktor z ruchomym złożem biologicznym (MBBR) jest wysoce skutecznym systemem oczyszczania biologicznego, opartym na procesie osadu czynnego (wzrost w zawiesinie) i procesie wzrostu w warstwie przymocowanej, służącym do usuwania substancji organicznych i odżywczych ze ścieków. Jest to aerobowy bioreaktor, utrzymywany w stałym ruchu przez mieszanie. W reaktorze MBBR stosuje się złożo nośników (kostki piankowe, HDPE itp.), które zapewnia dużą powierzchnię dla wzrostu biofilmu, co prowadzi do większej aktywności biologicznej w reaktorze. Biomasa w MBBR występuje w dwóch formach: jako zawiesina w medium oraz jako biofilm przytwierdzony do nośnika.



MBBR może pracować przy wysokich ładunkach organicznych, ponieważ jest mniej podatny na wahania ładunku⁴⁴. Nośnik odgrywa kluczową rolę w wydajności systemu. Zapewnia on dużą powierzchnię właściwą, która umożliwia mikroorganizmom przyczepianie się, wzrost i tworzenie biofilmu. Ponieważ nośniki są w ciągłym ruchu, biofilm wspomaga transport masy, zwiększając w ten sposób skuteczność oczyszczania.



Rysunek 12: Wielostopniowy reaktor z ruchomym złożem biologicznym (MBBR) do recyklingu szarej wody w budynku mieszkalnym (Fot: E. Nolde).



Rysunek 13: Napowietrzany reaktor z ruchomym złożem biologicznym (MBBR) (po lewej) i kostki z pianki jako nośnik (fot: E. Nolde).

44 Borkar, R.P., Gulhane, M.L. i Kotangale, A.J (2013) Moving Bed Biofilm Reactor - A New Perspective in Wastewater Treatment. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology & Food Technology (IOSR-JESTFT) Tom 6 (6): 15-21.



Zalety:

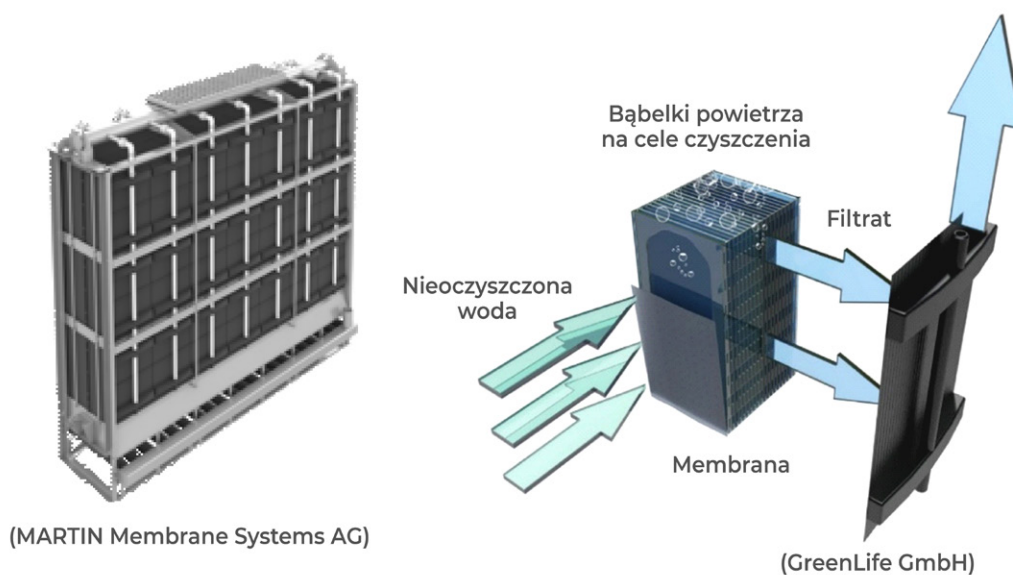
- Wysoka aktywność biologiczna i skuteczność oczyszczania
- Mniejsza podatność na wahania ładunku organicznego
- Usuwanie wszystkich cząstek stałych
- Ograniczenie ilości wytwarzanych osadów i lepsza charakterystyka procesu sedymentacji
- Niewielkie zapotrzebowanie na miejsce
- Niskie koszty utrzymania i eksploatacji
- Niskie zapotrzebowanie na energię
- Niewielkie gabaryty
- Brak wymogu stosowania środków chemicznych
- Nośniki nie wymagają wymiany ani czyszczenia (żywność ponad 15 lat)

Wady:

- Wysoki ładunek ChZT:BZT5 może skutkować pogorszeniem warunków procesu osiadania
- Przed opróżnieniem reaktora w celu przeprowadzenia prac konserwacyjnych wymagane jest wyjęcie nośnika

3.1.3.3. Bioreaktory membranowe (MBR)

Bioreaktory membranowe (MBR) łączą filtrację membranową i oczyszczanie biologiczne z wykorzystaniem procesu osadu czynnego (AS-MBR). W systemie MBR do oddzielania cząstek stałych od cieczy wykorzystuje się membrany mikroporowate (0,02 - 0,4 μm) zamiast osadników wtórnych. Oczyszczone ścieki przechodzą przez membranę pod ciśnieniem od 0,1 do 0,3 bara, podczas gdy osad jest zatrzymywany przez membranę zanurzoną, dzięki czemu uzyskuje się wysokiej jakości ścieki oczyszczone. Orientacyjna jakość ścieków oczyszczonych z zastosowaniem membran mikroporowatych: zawiesina < 1 mg/l, mętność < 0,2 NTU i zmniejszenie liczby wirusów o maks. 4 log (w zależności od nominalnej wielkości porów membrany). Skuteczność usuwania substancji organicznych i składników odżywczych z szarej wody z wykorzystaniem MBR zależy raczej od procesów biologicznych zachodzących w MBR niż od membran.



Rysunek 14: Filtry membranowe do oczyszczania szarej wody (po lewej) i ich mechanizm czyszczący.



MBR wymagają zastosowania etapu sedymentacji na cele oczyszczania wstępnego oraz mniejszej przestrzeni niż tradycyjne systemy osadu czynnego, ponieważ w tym przypadku hydrauliczny czas retencji (HRT) potrzebny do osiągnięcia wymaganego czasu retencji ciał stałych (SRT) jest krótszy. MBR są odpowiednie głównie do oczyszczania szarej wody o niskim ładunku zanieczyszczeń, a ich dodatkową zaletą jest to, że nie wymagają końcowego etapu filtracji lub sedymentacji ścieków w celu usunięcia biomasy. Bioreaktory membranowe wydają się być bardzo atrakcyjnym rozwiązaniem ze względu na wysoką jakość oczyszczonych ścieków. Mają one jednak również kilka wad, takich jak zamulanie i zatykanie się membran, a także wymagają czyszczenia i konserwacji podczas długotrwałej eksploatacji. W związku z tym, aby utrzymać wymagany przepływ, konieczne jest regularne płukanie zwrotne, płukanie i czyszczenie chemiczne.



Rysunek 15: Modułowy system (AQUALOOP) membranowego bioreaktora wykorzystującego ultrafiltrację do recyklingu szarej wody (Źródło: INTEWA).



Rysunek 16: Zanurzony system ultrafiltracyjny (AQQA®) do bioreaktorów membranowych, w którym płyty membranowe są ułożone w szkrzynce, którą można ustawiać jedna na drugiej (Źródło: Weise Water GmbH).

Zanieczyszczenie membrany

Zanieczyszczenie membran jest spowodowane złożonymi interakcjami fizycznymi i chemicznymi pomiędzy wodą zasilającą (szarą wodą) a powierzchnią membrany. Na prawidłowe funkcjonowanie membrany wpływa wiele zmiennych, takich jak jakość wody zasilającej, materiał membrany, wielkość porów i warunki pracy. Kontrola zamulania membrany poprzez optymalizację wszystkich tych zmiennych jest jednym z głównych tematów związanych z udoskonalaniem MBR w ostatnich latach.

Czyszczenie membran, które jest czaso- i materiałochłonne, może odbywać się mechanicznie, na przykład poprzez oczyszczanie powietrzem lub wprowadzanie wody pod wysokim ciśnieniem do membrany, lub chemicznie, z użyciem detergentów, środków żrących, kwasów, antyskalantów lub dyspergatorów. Zaleca się czyszczenie membrany co 3 - 4 miesiące.



Zalety:

- Wysoka i stabilna jakość ścieków przy zachowaniu wysokich standardów higienicznych
- Wysoki wskaźnik obciążenia organicznego
- Zmniejszona objętość reaktora
- Kompaktowa budowa i niewielkie zapotrzebowanie na miejsce
- Ograniczenie ilości wytwarzanych osadów netto
- Mniejsze gabaryty dzięki wyeliminowaniu wtórnych odstojników i procesów filtracji trzeciego stopnia

Wady:

- Wrażliwość na substancje chemiczne występujące w szarej wodzie
- Podatność na zanieczyszczenie i zatykanie membrany
- Wysokie nakłady inwestycyjne (moduły membranowe) i koszty eksploatacji
- Wymóg wstępnego oczyszczania szarej wody
- Wymagają środków chemicznych do czyszczenia
- Wysokie zapotrzebowanie na energię

3.1.3.4. Rozwiązania oparte na przyrodzie do oczyszczania szarej wody

Rozwiązania oparte na przyrodzie do oczyszczania szarej wody to systemy roślinne, które wykorzystują naturalne właściwości oczyszczające roślin i bakterii. Do głównych rodzajów NBS należą: oczyszczalnie hydrofitowe, żywe ściany i zielone dachy. Jeśli chodzi o oczyszczalnie hydrofitowe, mogą to być oczyszczalnie przepływem podpowierzchniowym lub ze swobodnym przepływem powierzchniowym, przy czym te ostatnie są zwykle stosowane jako etap końcowy. Oczyszczalnie z przepływem podpowierzchniowym składają się z wodoszczelnych zbiorników wypełnionych podłożem (żwirem lub piaskiem), w których hodowane są odpowiednie gatunki roślin. Szara woda przeznaczona do oczyszczenia wpływa do zbiornika przepływem poziomym lub pionowym, przechodzi przez medium, a następnie jest zbierana na dnie zbiornika za pomocą rury spustowej.



Rysunek 17: System z przepływem poziomym do separacji, oczyszczania i ponownego wykorzystania szarej wody do splukiwania toalet w dzielnicy mieszkalnej w Preganziol (TV - Włochy)⁴⁵.

⁴⁵ <http://www.irdra.eu/en/applicazioni-en/recupero-acque-grigie-en.html>



Rysunek 18: System z przepływem pionowym do oddzielania, oczyszczania i ponownego wykorzystania szarej wody do sputkiwania toalet na terenie kampusu politechniki, Pune (Indie)⁴⁵.

Zielone ściany lub żywe ściany są zazwyczaj wykonywane z modułów zawieszanych na ścianach, składających się z kilku doniczek wypełnionych podłożem, w którym hodowane są odpowiednie gatunki roślin wodnych. Woda jest doprowadzana do donic przez system zasilania szarą wodą, która przesącza się szeregowo przez donice, a następnie jest zbierana przez system drenażowy.

Zielone dachy to poziome powierzchnie porośnięte roślinnością, budowane na dachach budynków, izolowane od spodu warstwą nieprzepuszczalną, w których roślinność rośnie w warstwie substratu wegetacyjnego umieszczonego nad warstwą nieprzepuszczalną. Szara woda przechodzi przez warstwę substratu i jest zbierana na dnie przez system drenażowy.



Rysunek 19: Zielona ściana na cele ponownego wykorzystania oczyszczonej szarej wody w ogrodnictwie, plaża Margarita, Marina di Ragusa (RG - Włochy)⁴⁵.



Systemy te wykorzystują złożone interakcje między glebą, korzeniami roślin, wodą i atmosferą oraz prowadzą do zmniejszenia ilości zanieczyszczeń poprzez degradację biologiczną, adsorpcję, filtrację, wytrącanie i pobieranie przez rośliny. NBS cechują się dobrymi właściwościami usuwania zawieszin całkowitych, BZT, ChZT i zmętnienia, jeśli są zaprojektowane z uwzględnieniem odpowiedniego obciążenia hydraulicznego, hydraulicznego czasu retencji i wskaźnika obciążenia organicznego, ale wymagają odtłuszczacza na cele oczyszczania wstępного. Są one także dość skuteczne jeśli chodzi o usuwanie patogenów, jednak aby osiągnąć wartości graniczne dla ponownego użycia do celów niespożywczych, konieczny jest dodatkowy etap dezynfekcji.

Skuteczność oczyszczalni hydrofitowych w oczyszczaniu szarej wody jest już dobrze znana z zastosowań w praktyce na dużą skalę. Wykazano, że w połączeniu z odpowiednim etapem dezynfekcji (chlorowanie lub UV), oczyszczalnie hydrofitowe oczyszczają ścieki na tyle skutecznie, że można je wykorzystać do celów niespożywczych, przy czym redukcja BZT może sięgać 98% w przypadku systemów z bioreaktorami o przepływie pionowym z recyrkulacją⁴⁶.

Ostatnie prace przeglądowe potwierdzają skuteczność żywych ścian i zielonych dachów do oczyszczania i ponownego wykorzystania szarej wody, przy czym współczynniki usuwania BZT i ChZT sięgają 90-99%⁴⁷. Dlatego też NBS, jeśli są właściwie zaprojektowane oraz jeśli zastosuje się odpowiednie odtłuszczacze i systemy dezynfekcji, pozwalają otrzymać oczyszczone ścieki ze stężeniami mieszczącymi się w limitach obowiązujących dla większości zastosowań wody do celów niespożywczych.

Zalety:

- Wysoka wydajność oczyszczania i doskonała integracja z otoczeniem
- Odporność na wahania ładunku (oczyszczalnia hydrofitowa)
- Niskie koszty inwestycyjne i niskie koszty utrzymania (oczyszczalnia hydrofitowa) oraz prostsze utrzymanie w porównaniu do rozwiązań technologicznych (żywe ściany)
- Mniejsze wymiary powierzchni w porównaniu z oczyszczalnią hydrofitową (żywe ściany) (zielone dachy)
- Możliwość przebudowy fasad budynków (żywe ściany)
- Typowe dodatkowe korzyści zapewniane przez zielone dachy i żywe ściany (izolacja termiczna, poprawa jakości powietrza i estetyki budynków) (żywe ściany) (zielone dachy)
- Możliwe niskie zużycie energii (zasilanie grawitacyjne) (oczyszczalnia hydrofitowa) i brak potrzeby stosowania powietrza do usuwania zanieczyszczeń biologicznych (żywe ściany) (zielone dachy)

Wady:

- Wymagana jest odpowiednia powierzchnia (oczyszczalnia hydrofitowa)
- Innowacyjne rozwiązanie techniczne, wciąż w niewielkim stopniu sprawdzone w skali rzeczywistej (żywe ściany) (zielone dachy)
- Wysokie koszty budowy (zielone dachy) (żywe ściany) w porównaniu z oczyszczalnią hydrofitową
- Wymaga budynku o dużej nośności (zielone dachy) (żywe ściany)

⁴⁶ Arden, S. i Ma, X. (2018). Constructed wetlands for greywater recycle and reuse: A review. In Science of the Total Environment (Tom 630). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.218>

⁴⁷ Boano, F., Caruso, A., Costamagna, E., Ridolfi, L., Fiore, S., Demichelis, F., Galvão, A., PISOEIRO, J., RIZZO, A. i MASI, F. (2020). A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. In Science of the Total Environment (Tom 711). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>



3.2. Dezynfekcja

Przed ponownym wykorzystaniem oczyszczonej szarej wody (wody użytkowej) zaleca się jej dezynfekcję. Cząstki stałe/zawiesiny obecne w szarej wodzie ograniczają skuteczność dezynfekcji chlorem, światłem ultrafioletowym lub ozonem w wyniku osłaniania przez nie mikroorganizmów. Dlatego zaleca się zredukowanie mętności szarej wody do bardzo niskiego poziomu, aby zapewnić skuteczną dezynfekcję produktu końcowego.

Najczęściej zalecana jest dezynfekcja promieniami UV, ponieważ jest to bardzo skuteczna i niezawodna metoda, wymagająca niewielkiej konserwacji bez użycia jakichkolwiek środków chemicznych. Żywotność lampy UV wynosi ok. 8000 godzin, w zależności od typu emitera i warunków pracy.

Tabela 8: Różne metody dezynfekcji oczyszczonej szarej wody (wody użytkowej).

| Metoda | Zalety | Wady |
|------------------------------------|---|---|
| Chlorowanie | Wysoka skuteczność i szybkie działanie; znaczący efekt rezydualny; niższe koszty niż w przypadku innych metod dezynfekcji | Może reagować ze związkami organicznymi zawartymi w wodzie szarej, tworząc produkty uboczne, które są rakotwórcze (trihalometany, chloraminy) |
| Światło ultrafioletowe (UV) | Wysoka skuteczność; brak konieczności stosowania środków chemicznych; łatwość użycia; brak ryzyka przedawkowania | Brak efektu rezydualnego; na wydajność może wpływać zmętnienie szarej wody |
| Ozon | Wysoka skuteczność wobec wielu mikroorganizmów; ulega redukcji do tlenu; może być wytwarzany na miejscu | Niezbyt skuteczny w systemie otwartym; zmętnienie wody może zmniejszyć skuteczność |

3.3. Konserwacja

Wydatki na konserwację systemów recyklingu szarej wody zależą od rodzaju systemu i sposobu końcowego zastosowania oczyszczonej szarej wody. Na przykład bioreaktory membranowe wymagają więcej czynności konserwacyjnych i monitorowania niż inne systemy oczyszczania biologicznego. Ogólnie rzecz biorąc, dla każdego systemu recyklingu należy opracować harmonogram konserwacji, aby zapewnić bezproblemowy przebieg procesu oczyszczania i wysoką jakość wody użytkowej.

3.4. Właściwości użytkowe

Podobnie jak w przypadku systemów zbierania wody deszczowej, dobre planowanie, prawidłowe wymiarowanie i instalacja mają kluczowe znaczenie dla niezawodnego i trwałego działania systemu recyklingu wody szarej. Nowoczesne systemy oczyszczania szarej wody zwykle nie wykorzystują środków chemicznych i często są projektowane z mechanizmem zabezpieczającym przed awarią, który przerywa dopływ szarej wody i przełącza na zasilanie wodą sieciową, jeśli system nie działa prawidłowo. Bardziej zaawansowane systemy sterowania są wyposażone w mechanizmy natychmiastowego ostrzegania operatora lub użytkownika o awariach.



Wydajność systemu recyklingu wody ma również wpływ na harmonogram jego konserwacji. Wiele systemów szarej wody boryka się z problemami operacyjnymi i awariami, w wyniku czego są one szybko porzucane. Najczęściej spotykanym problemem eksploatacyjnym jest niska skuteczność oczyszczania systemu, prowadząca do powstawania nieprzyjemnych zapachów i bardzo niskiej jakości wody.

Pompy stosowane w systemach wody szarej są narażone na znaczne zużycie ze względu na mechaniczny charakter ich pracy. Gwarancja oferowana przez większość producentów wynosi jeden rok, jednak okres eksploatacji pomp może wynosić około 10 lat. Niektóre elementy oczyszczania, takie jak systemy membranowe i żarówki w urządzeniach do dezynfekcji UV, mają stosunkowo krótki okres eksploatacji i wymagają wymiany co rok lub dwa lata. Biologiczne systemy oczyszczania szarej wody są podatne na skażenie niektórymi substancjami chemicznymi, które mogą znajdować się w szarej wodzie, co może zmniejszyć zdolność do biodegradacji.

Recykling i ponowne wykorzystanie szarej wody nie powinny być postrzegane wyłącznie w kategoriach ekonomicznych, ale także w kategoriach korzyści społecznych i środowiskowych, jakie oferują, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju i optymalnego wykorzystania zasobów. Systemy szarej wody są bardziej opłacalne ekonomicznie, gdy są wykorzystywane do szerszego zakresu zastosowań, takich jak splukiwanie toalet, pranie, sprzątanie i nawadnianie ogrodów. Ogólnie rzecz biorąc, systemy biologicznego oczyszczania szarej wody są najbardziej wydajne i skuteczne w przypadku zastosowań wielomieszkaniowych, takich jak wielopiętrowe budynki mieszkalne i biurowe, hotele, obiekty sportowe itp., gdzie dzięki podłączeniu wielu użytkowników do systemu można uzyskać korzystniejsze wyniki w zakresie oszczędności i jakości szarej wody.

Zautomatyzowana praca instalacji może także zwiększyć wydajność systemu recyklingu szarej wody oraz obniżyć koszty jego eksploatacji i konserwacji.

3.5. Aspekty zdrowotne

Najważniejszym warunkiem akceptacji ponownego wykorzystania szarej wody jest bezpieczeństwo zdrowotne. Znajduje to odzwierciedlenie w nowo opracowywanych politykach rządowych i wytycznych regulacyjnych, które uwzględniają ponowne wykorzystanie szarej wody jako część ogólnej strategii zrównoważonej gospodarki wodnej. W praktyce okazało się, że zagrożenie dla zdrowia związane z ponownym wykorzystaniem szarej wody jest minimalne. Niemniej jednak szara woda może zawierać organizmy chorobotwórcze. Dlatego właściwe oczyszczanie, eksploatacja i konserwacja systemów recyklingu szarej wody jest niezbędną na cele przerwania ścieżek infekcji.

Należy podjąć pewne środki ostrożności, aby uniknąć zagrożeń dla zdrowia wynikających z ponownego wykorzystania szarej wody:

- Należy wykluczyć połączenia krzyżowe między instalacjami wodociągowymi wody pitnej i szarej wody. Najskuteczniejszym sposobem jest zastosowanie odrębnych kolorów i oznaczeń dla instalacji wodociągowych wody pitnej i szarej wody oraz punktów poboru wody
- Należy unikać przeciążenia systemu
- Szarej wody nie należy przechowywać w stanie nieoczyszczonym.



3.6. Wpływ na środowisko

Systemy szarej wody zapewniają znaczne oszczędności świeżej wody pitnej, a ponadto zmniejszają ilość wytwarzanych ścieków, odciążając tym samym środowisko naturalne. Ogólnie rzecz biorąc, systemy o niskim zużyciu energii powinny być preferowane w stosunku do systemów o wysokim zużyciu energii.

Systemy recyklingu szarej wody wykorzystują energię elektryczną do zasilania pomp, oczyszczania (np. napowietrzania), dezynfekcji i systemów sterowania. To bieżące zapotrzebowanie na energię operacyjną może mieć znaczący wpływ na cały cykl życia systemu. W jednym ze studiów przypadku odnotowano zużycie energii podczas recyklingu szarej wody na poziomie $1,9 \text{ kWh/m}^3$ ⁴⁸, co jest zgodne z danymi dotyczącymi systemów szarej wody stosowanych w Berlinie, które mieszczą się w przedziale $1,5\text{-}3 \text{ kWh/m}^3$.

3.7. Korzyści ekonomiczne

Ogólnie rzecz biorąc, projekty dotyczące ponownego wykorzystania wody są często niedoceniane w porównaniu z innymi projektami wodnymi ze względu na brak właściwej kwantyfikacji wszystkich korzyści płynących z ponownego wykorzystania, w tym korzyści społecznych i środowiskowych. Gdyby udało się skwantyfikować korzyści niepieniężne, obejmujące korzyści społeczne i środowiskowe, korzyści płynące z wielu projektów ponownego wykorzystania wody przewyższyłyby koszty i stałyby się ekonomicznie uzasadnione.

Całkowite koszty systemu recyklingu szarej wody są zwykle podzielone na następujące elementy:

- Instalacja dualna
- Technologia systemowa
- Koszty instalacji
- Koszty operacyjne (energia, koszty personelu, monitoring)
- Koszty konserwacji i napraw.

Technologie ponownego wykorzystania szarej wody wydają się być bardziej opłacalne ekonomicznie w przypadku budynków wielokondygnacyjnych ze względu na większe zapotrzebowanie na wodę i wytwarzane ilości ścieków. Instalacje zdecentralizowanych technologii recyklingu szarej wody w budynkach wielopiętrowych sprzyjają korzyści skali oraz ustalenia dotyczące podziału kosztów, w których koszt systemu jest dzielony między mieszkańców.

Recykling szarej wody nie jest jeszcze powszechnie akceptowany, częściowo ze względu na pozornie niewielkie korzyści ekonomiczne, szczególnie w budynkach komercyjnych, takich jak biura, gdzie codziennie produkuje się niewielkie ilości takich ścieków. Jednak wraz ze wzrostem kosztów wody i zwiększoną presją wywieraną na starzejącą się i niszczącą infrastrukturę wodociągową i kanalizacyjną, rozwiązania zmniejszające zapotrzebowanie na wodę pitną, takie jak recykling szarej wody, stają się bardziej opłacalne finansowo. Biorąc pod uwagę, że okres użytkowania infrastruktury technicznej stworzonej w celu obsługi budynków wynosi zazwyczaj 20-40 lat, należy poważnie rozważyć i wdrożyć systemy, które obecnie mogą być nieznacznie droższe, ale w przyszłości przyniosą znaczne korzyści. W zależności od lokalnych kosztów wody, dostępności wody pitnej i zastosowanej technologii recyklingu, przy użyciu dostępnych na rynku systemów recyklingu szarej wody można dziś zazwyczaj uzyskać okres amortyzacji poniżej 10 lat.

48 Brewer, D., Brown, R. i Stanfield, G. (2001) Rainwater and greywater in buildings. Projekt report and case studies BSRIA Technical Note TN 7/2001

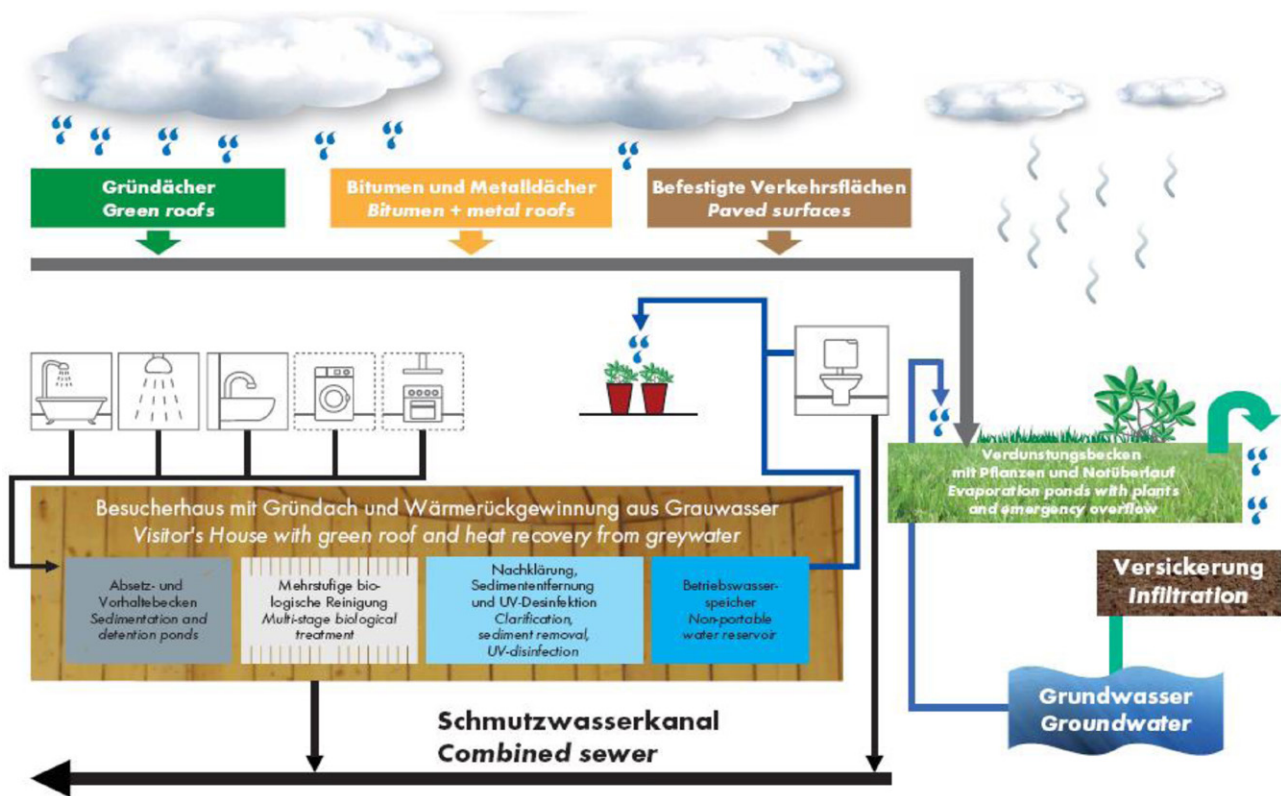


4. Najlepsze praktyki

4.1. Zintegrowana koncepcja wodna „Block 6”

Zintegrowana koncepcja wodna „Block 6” obejmuje zarówno zarządzanie wodami opadowymi, jak i recykling szarej wody na poziomie miejskim, mieszkaniowym. Szara woda o niskim i wysokim ładunku zanieczyszczeń z 71 mieszkań jest oczyszczana i ponownie wykorzystywana do sputkiwania toalet i nawadniania przez około 250 osób w wielopiętrowym bloku mieszkalnym w centrum Berlina⁴⁹.

Po przebudowie i optymalizacji w 2006 roku szara woda jest oczyszczana w wielostopniowym reaktorze z ruchomym złożem biologicznym (MBBR), a odzyskane ścieki są ponownie wykorzystywane do sputkiwania toalet i nawadniania w trzech budynkach mieszkalnych. Wysokiej jakości oczyszczone ścieki są ostatecznie dezynfekowane za pomocą promieni UV, zanim zostaną przepompowane do miejsc ich wykorzystania. Oprócz szarej wody pochodzącej z wanien, pryszniców i umywalek, system oczyszcza również wodę szarej o wysokim ładunku zanieczyszczeń ze zlewów kuchennych i prania, i wykazuje się wysoką wydajnością i stabilnością od 2006 roku.

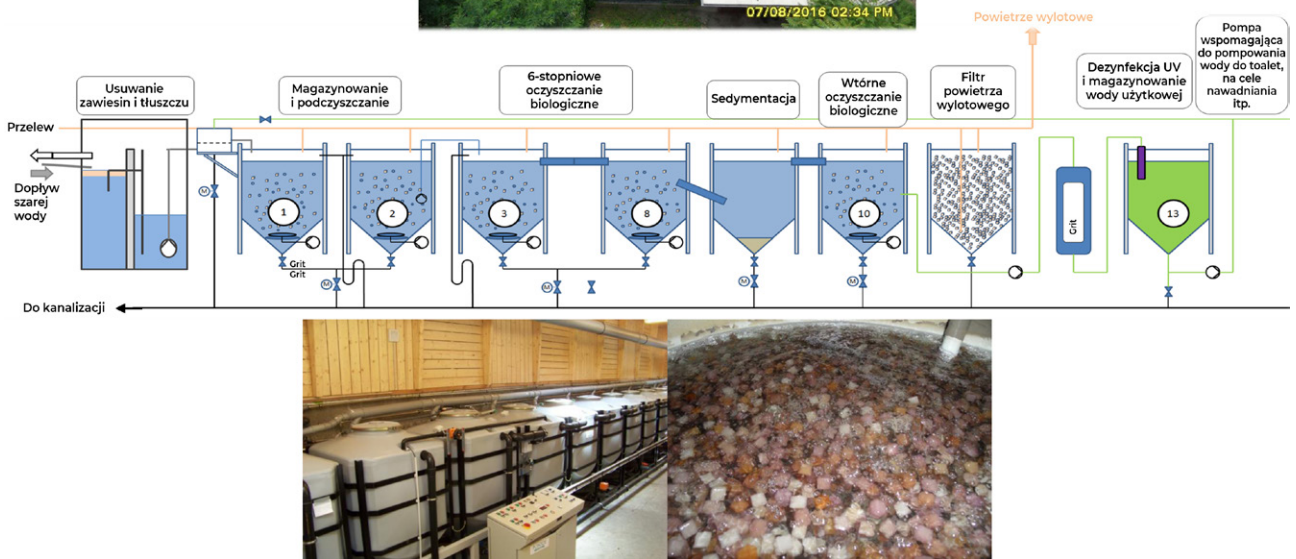


Rysunek 20: Schemat zintegrowanej koncepcji wodnej „Block 6” w centrum Berlina.

49 Senat Berlina. Block 6: Zintegrowana koncepcja wodna - Ekologiczna koncepcja zintegrowana. Berliński Senacki Departament Rozwoju Miast i Mieszkalnictwa. https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/flyer_block6_engl.pdf



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2



Rysunek 21: Stacja uzdatniania wody z systemem recyklingu szarej wody (powyżej) oraz schemat poszczególnych etapów oczyszczania MBBR. Napowietrzany MBBR z nośnikiem (poniżej po prawej).



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2

Tabela 8: Różne metody dezynfekcji oczyszczonej szarej wody (wody użytkowej).

| Zintegrowana koncepcja wodna „Block 6”: 1987 - 1993 | | |
|--|---|--|
| Faza I | Gospodarka wodami opadowymi | Recykling szarej wody |
| Opis lokalizacji | 3-piętrowy blok wielomieszkalny z ok. 250 mieszkańcami w centrum Berlina | |
| Infrastruktura | Instalacja dualna, armatura i środki oszczędzania wody, liczniki wody; odłączenie od kanalizacji komunalnej (opłaty za wodę deszczową nie są pobierane) | |
| Potrzebna ilość miejsca | 100 m ² na cele nasadzenia trzciny + staw na wody opadowe | 900 m ² na cele nasadzenia trzciny |
| Projekt systemu | Staw na wodę deszczową graniczący z oczyszczalnią hydrofitową, obszar nasadzeń trzciny, ewaporacja | Oczyszczalnia hydrofitowa: 790 m ² właściwej części oczyszczalni + 110 m ² staw doczyszczający |
| Źródła wody deszczowej / wody szarej i sposoby jej ponownego wykorzystania | 2 350 m ² powierzchni dachu 650 m ² powierzchni nieprzepuszczalnych | Umywalki, prysznice, wanny, kuchnia i pralki Ponowne wykorzystanie: sputkiwanie toalet i nawadnianie |
| Problemy | | Wysokie tempo ewaporacji, masowy wzrost glonów, zatykanie. Oczyszczalnia hydrofitowa została zamknięta w 1993 roku z powodu wysokich kosztów operacyjnych |
| Zintegrowana koncepcja wodna „Block 6”: od roku 2006 | | |
| Faza II* | Gospodarka wodami opadowymi | Recykling szarej wody |
| Potrzebna ilość miejsca | 1 000 m ² | 50 - 100 m ² w miejsce starego stawu doczyszczającego |
| Projekt systemu | Staw na wodę deszczową i mulda z nasadzeniami; ewaporacja, obszar nasadzeń trzciny | Oczyszczanie biologiczno-mechaniczne z wykorzystaniem wielostopniowego reaktora z ruchomym złożem biologicznym a następnie dezynfekcją UV Dzienna wydajność oczyszczania: 10 m ³ |
| Źródła wody deszczowej / wody szarej i sposoby jej ponownego wykorzystania | 2 350 m ² powierzchni dachu 650 m ² powierzchni nieprzepuszczalnych | Umywalki, prysznice, wanny, kuchnia i pralki. Ponowne wykorzystanie: sputkiwanie toalet i nawadnianie |
| Zalety | | Wymaga mniejszej ilości miejsca, wyższa stabilność procesu, wysoka jakość wody użytkowej, niskie koszty utrzymania i operacyjne; roczne oszczędności wody pitnej: 3 mln litrów |

*Po likwidacji systemu szarej wody pierwszej generacji i przebudowie.



| Dane techniczne | |
|--|--|
| Stężenie ChZT ścieków na dopływie | 500 - 1000 mg/l |
| Podczyszczanie | Piaskownik/sito do usuwania tłuszczu i piasku |
| Reaktor z ruchomym złożem biologicznym | 10 zbiorników, każdy o pojemności 1,5 m ³ |
| Oczyszczanie końcowe | Filtr piaskowy |
| Urządzenie do dezynfekcji promieniami UV | 50 Watt |
| Inne urządzenia | Pompa wspomagająca, zapasowe źródło wody z sieci |
| Cena wody użytkowej | 3,50 euro/m ³ |

W innym projekcie⁵⁰ wodę szarą i czarną oczyszczoną w stacji uzdatniania wody wykorzystano w szklarni eksperymentalnej o powierzchni 50 m² w zintegrowanym systemie akwaponicznym (połączona hodowla ryb i roślin) i hydroponicznym (bezglębowa uprawa roślin) w modułach do produkcji żywności miejskiej (ryby i warzywa). Otrzymane produkty zostały poddane testom, które wykazały ich wysoką i bezpieczną jakość, nadającą się do spożycia przez ludzi.



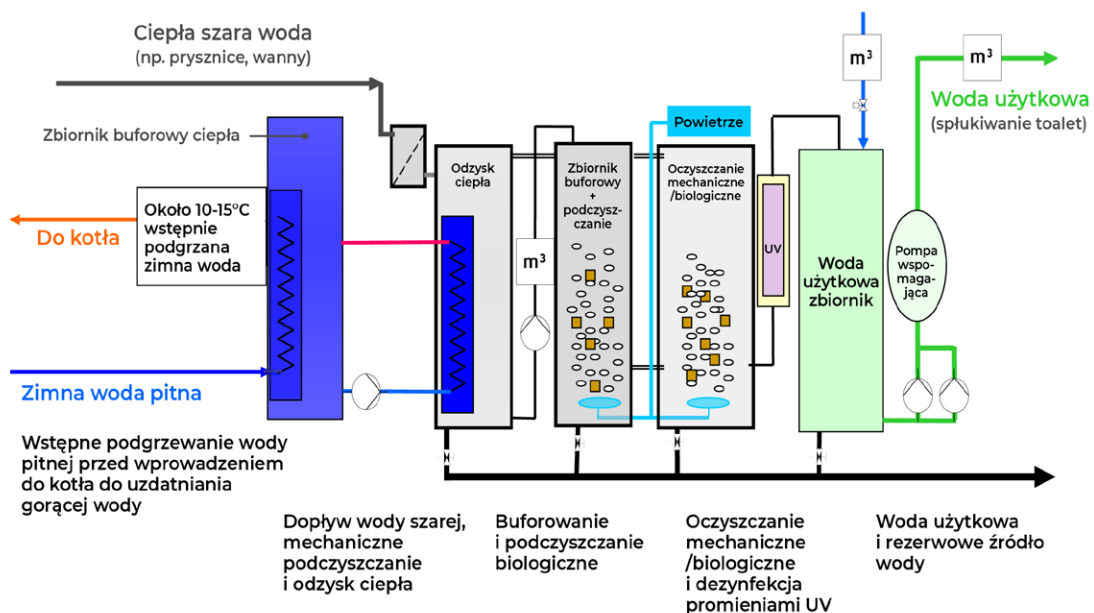
Rysunek 22: Miejskie systemy akwaponiczne i hydroponiczne wykorzystujące oczyszczoną szarą wodę i ścieki w projekcie Block 6.

50 <http://www.roofwaterfarm.com/>



4.2. Arnimplatz

W wielopiętrowym budynku w Berlinie, w którym mieszka 123 lokatorów, w 2011 roku zainstalowano system recyklingu szarej wody połączony z odzyskiem ciepła z szarej wody, który dostarcza mieszkańcom 3 - 4 m³ wysokiej jakości wody użytkowej do splukiwania toalet dziennie. Koszty inwestycyjne systemu, w tym koszty instalacji, wyniosły 11,38 €/m² powierzchni mieszkalnej. Oszczędności na rok 2019: 1 300 m³ wody pitnej i 14 MWh energii cieplnej.



Rysunek 23: Schemat systemu recyklingu szarej wody (MBBR) na Arnimplatz, w połączeniu z odzyskiem ciepła z szarej wody.



Rysunek 24: System recyklingu wody szarej, w tym odzysk ciepła z wody szarej w piwnicy budynku.

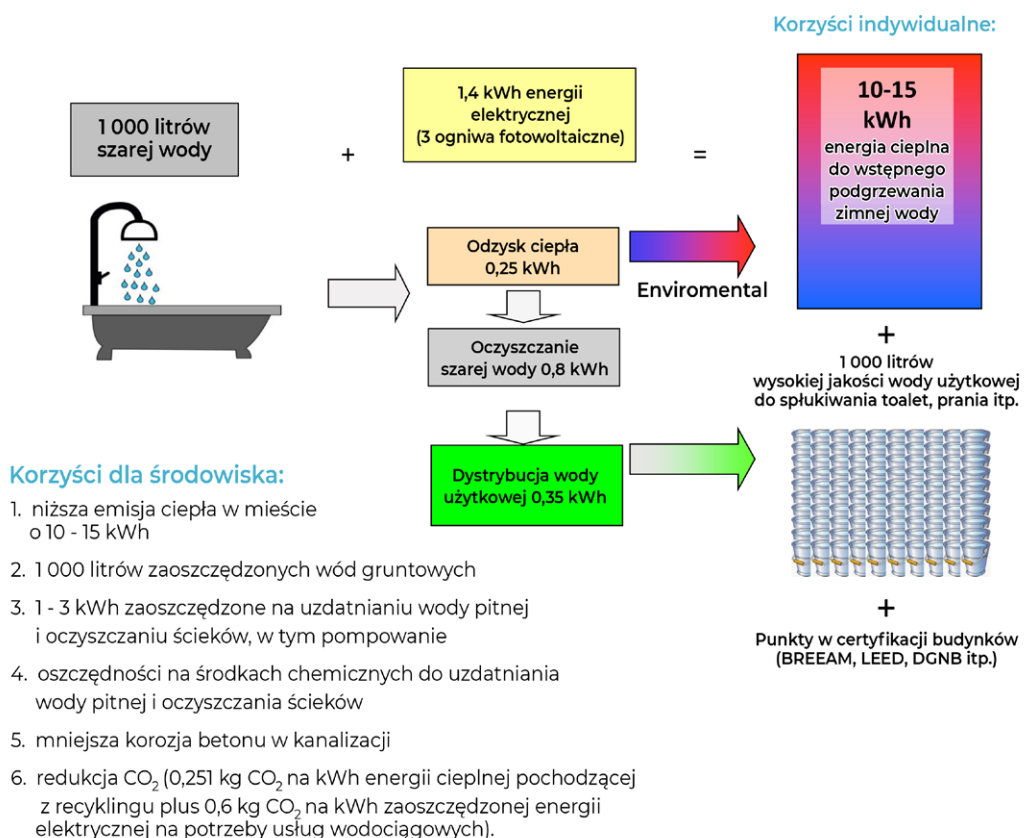
Tabela 10: Dane projektowe dla Arnimplatz.

| | | | |
|--|---|---|--|
| Powierzchnia mieszkalna | 4 600 m ² | Liczba lokatorów | 123 |
| Liczba mieszkań | 41 | Obszar komercyjny | 650 m ² |
| Parking podziemny | 23 | Ultraviolet light (UV) | 4 |
| Powierzchnia terenu | 2083 m ² | Powierzchnia użytkowa brutto | 6 620 m ² |
| Izolacja cieplna | 26 cm | Powierzchnia ogrodu | 1 100 m ² |
| Ogrzewanie pomieszczeń | 73 400 kWh / mieszk. | Ogrzewanie ciepłej wody | 18 000 kWh / mieszk. |
| Recykling szarej wody i odzysk ciepła | | | |
| Recykling szarej wody | 3m ³ /d (1000 m ³ /mieszk.) | Odzysk ciepła z szarej wody | 12,5 kWterm./m ³ Ok. 13 000 kWh/ mieszkanie |
| Jakość wody BZT7 | < 3 mg/l | Jakość wody: pomiar mętności | < 1-2 NTU |
| Jakość wody: higiena | Zgodnie z wytycznymi unijnymi dotyczącymi wody w kąpieliskach | | |
| Łączne miejsce zajmowane przez instalację do recyklingu szarej wody i odzysku ciepła | 9m ² | Łączne koszty instalacji (w tym instalacja i podatki) na m ² powierzchni mieszkalnej | 11,30 €/m ² |



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2

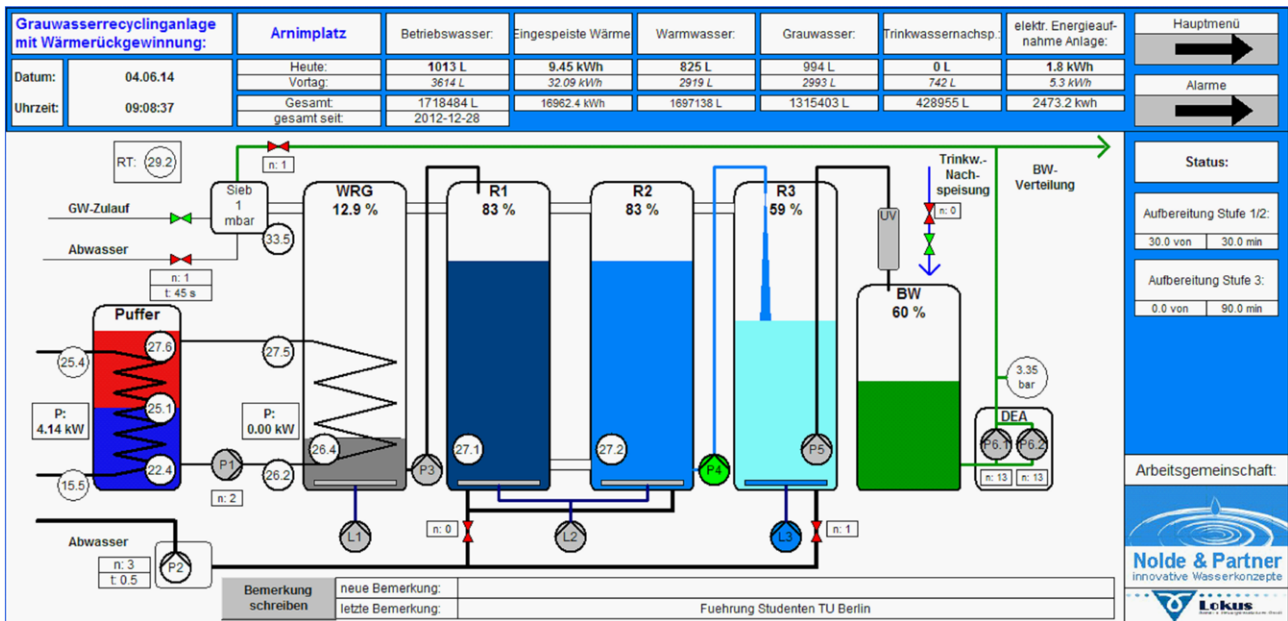
| Dane techniczne | |
|---|--|
| Stężenie ChZT ścieków na dopływie | Ok. 200 mg/l |
| Podczyszczanie | Sito |
| Reaktor z ruchomym złożem biologicznym | 3 zbiorniki, każdy o pojemności 1 m ³ |
| Oczyszczanie końcowe | Wbudowana sedymentacja w bioreaktorze końcowym |
| Urządzenie do dezynfekcji promieniami UV | 50 Watt |
| Inne urządzenia | Pompa wspomagająca, zapasowe źródło wody z sieci |
| Zapotrzebowanie na energię elektryczną (szara woda + odzysk ciepła) | 2 300 kWh |
| Cena wody użytkowej | 3,50 euro/m ³ |



Rysunek 25: Szacowane korzyści indywidualne i środowiskowe z recyklingu szarej wody w połączeniu z odzyskiem ciepła na Arnimplatz.



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2



Rysunek 26: Sterowanie i monitorowanie recyklingu szarej wody i odzysku ciepła przy użyciu inteligentnego systemu pomiarowego i telemetrycznego.

Tabela 11: Korzyści środowiskowe i finansowe z recyklingu szarej wody i odzysku ciepła w 2020 r.

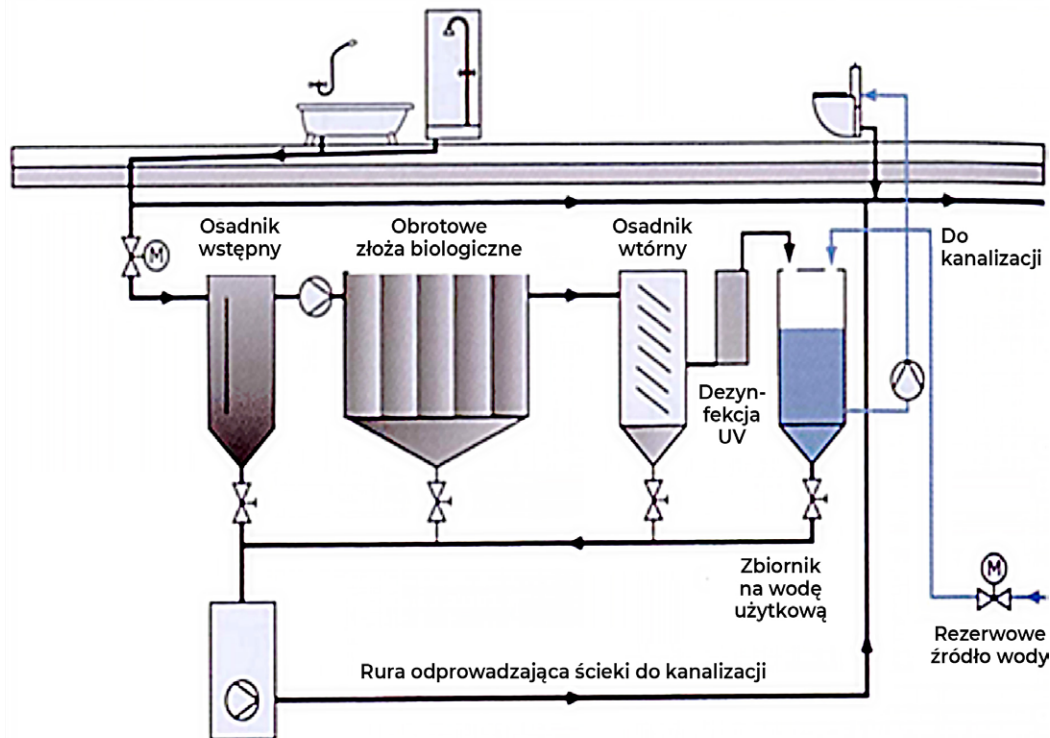
| Korzyści dla środowiska na Arnimplatz (recykling szarej wody wraz z odzyskiem ciepła) | |
|--|--|
| OSZCZĘDNOŚCI w 2020 roku | |
| 1.152,856 | Litry wody pitnej |
| 1.152,856 | Litry ścieków (które zostały poddane recyklingowi) |
| 0 | Substancje chemiczne stosowane do uzdatniania wody |
| 0 | kWh _{elek.} Brak dodatkowych nakładów na energię elektryczną w porównaniu z konwencjonalnym uzdatnianiem wody |
| 15,345 | kWh _{term.} ograniczenie globalnego ocieplenia |
| 1,534 | m ³ gazu ziemnego w wyniku odzysku ciepła z szarej wody* |
| 3,713 | w wyniku odzysku ciepła unika się emisji kg CO ₂ w porównaniu z ogrzewaniem wody gazem ziemnym* |

* Współczynnik energii pierwotnej (ENEV) = 1,1; 0,22 kg CO₂ / kWh; 10 kWh/m³ gazu ziemnego



4.3. Hotel Arabella-Sheraton w Offenbach

Szara woda z wanien i pryszniców z 221 pokoi hotelowych jest gromadzona w zbiornikach wstępnych. Po wstępnej sedymentacji szara woda jest oczyszczana w 6-stopniowych obrotowych złożach biologicznych (RBC). Tlen potrzebny do degradacji biologicznej jest dostarczany przez obracające się wirniki w zbiornikach RBC. Nadmierny osad jest odprowadzany bezpośrednio do kanalizacji. Ścieki końcowe są dezynfekowane promieniami UV i przechowywane w zbiorniku wody użytkowej, skąd są pompowane w celu ponownego wykorzystania do splukiwania toalet i nawadniania terenów otwartych. System wody szarej został zaprojektowany na wydajność 20 m³/dobę⁵¹.



Rysunek 27: Schemat systemu RBC w hotelu Arabella-Sheraton (E.Nolde).

51 Werner, C. i in. (2006) Greywater recycling in Hotel ArabellaSheraton Am Büsing Palais in Offenbach, Germany - Data sheets for ecosan Projekts. Sustainable Sanitation alliance <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/1989?pgrid=1>



Rysunek 28: System recyklingu szarej wody z 6 modułami RBC i osadnikiem wtórnym.

Tabela 12: Dane projektowe dla systemu szarej wody w hotelu.

| Recykling szarej wody w 4-gwiazdkowym hotelu Arabella-Sheraton w Offenbach | |
|--|--|
| Opis | Pierwsza generacja biologicznych systemów recyklingu szarej wody w Niemczech |
| System oczyszczania | Wielostopniowe obrotowe złoża biologiczne (RBC) |
| Początek działania | 01/1996 |
| Wydajność w zakresie sprzątnia | 20 m ³ /d (221 pokoi, 380 łóżek) |
| Wymagane miejsce | 2 parkingi, 5,7 m x 6,7 m = 38 m ² |
| Źródła szarej wody | Prysznice i wanny |
| Możliwości ponownego wykorzystania | Splukiwanie toalet, nawadnianie |
| Całkowite zapotrzebowanie na energię | 1,35 kWh/m ³ z uwzględnieniem dystrybucji wody użytkowej |
| Oszczędność wody | 5 000 m ³ /rok; okres zwrotu inwestycji < 7 lat |
| Dane techniczne | |
| Rury do zbierania szarej wody | DN150 x 2 |
| Zbiorniki i osadniki wstępne | 6,8 m ³ łącznie |
| Obrotowe złoża biologiczne | 6 x 1 m ³ Całkowity HRT: 8 godz. |
| Zbiornik sedymentacyjny | 2,4 m ³ |
| Urządzenie do dezynfekcji UV | 50 W |
| Zbiorniki wody użytkowej | 6,8 m ³ łącznie |
| Stacja pomp wspomagających | 3 x 1 kW pompy, 5 bar |



| | | Łączne koszty roczne (euro/rok) |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|
| Początkowa inwestycja | | |
| System oczyszczania, w tym planowanie | 72 tys. € | |
| Instalacja dualna, w tym planowanie | Ok. 100 tys. € | |
| Koszty operacyjne | | 5 680 |
| Koszty energii | Zapotrzebowanie na energię: 1,35 kWh/m ³ oczyszczonej szarej wody. Cena energii elektrycznej: 0,3 €/kWh | 2 000 |
| Koszty wewnętrznego utrzymania | | 1 040 |
| Konserwacja przez producenta | | 1200 |
| Koszty naprawy | | 1 440 |
| Oszczędności | | |
| Ograniczenie zużycia wody pitnej | 5 tys. m ³ wody pitnej na rok (cena wody pitnej: 6 €/m ³) | 30 000 |

4.4. Recykling szarej wody przy użyciu bioreaktora membranowego w budynku mieszkalnym

W wielopiętrowym budynku w Berlinie bioreaktor membranowy (MBR) oczyszcza wodę szarą generowaną przez 123 osoby, z wydajnością 4 m³ dziennie.

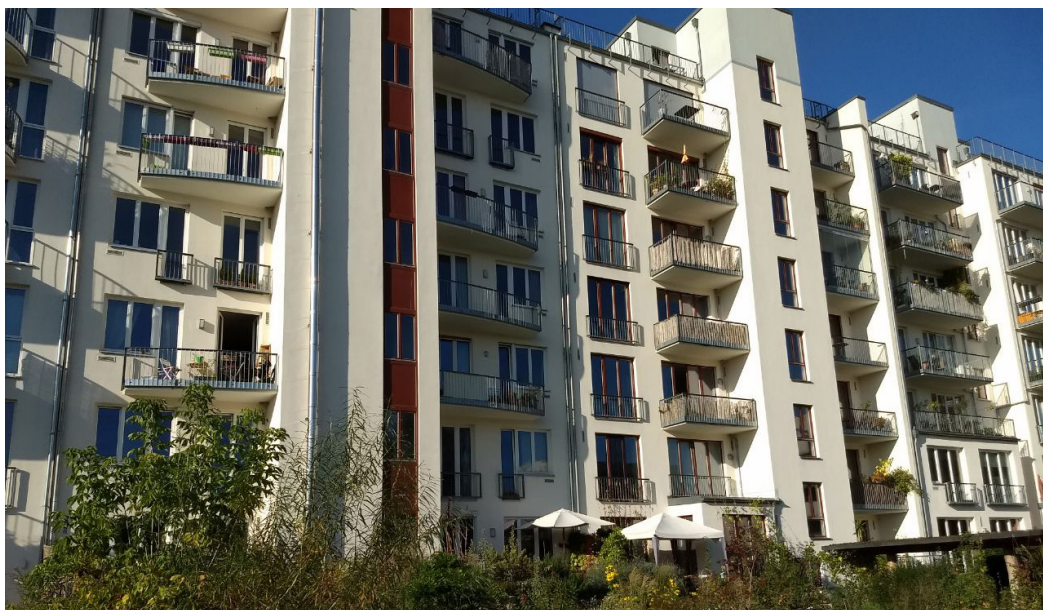




Tabela 13: Dane projektu

| Recykling szarej wody przy użyciu bioreaktora membranowego | |
|--|---|
| Opis lokalizacji | <ul style="list-style-type: none">Budynek wielokondygnacyjny w BerlinieSzara woda zbierana z 55 mieszkańŹródła szarej wody: wyłącznie prysznice i wannyWoda z recyklingu wykorzystywana w 63 mieszkaniach do splukiwania toalet |
| Rok uruchomienia | 2018 |
| Zapotrzebowanie na miejsce | 3 m ² |
| Zbieranie szarej wody | Szara woda gromadzona na zewnątrz w zbiorniku o pojemności 5 m ³ |
| Konstrukcja systemu | Szara woda jest oczyszczana wewnątrz (piwnica) w bioreaktorze membranowym; zespół pompy wspomagającej również znajduje się w piwnicy |
| Wydajność oczyszczania | 4 m ³ /d |
| Zużycie energii | 1,5 kWh/m ³ przez MBR 2,3 kWh/m ³ na cele pracy całego systemu |
| Działanie | <ul style="list-style-type: none">2015-2018: początkowe problemy z zamulaniem i zatykaniem się membranPrzebudowa i montaż nowej membranyOd maja 2018 roku po wymianie membrany i montażu nowego urządzenia elektronicznego bezproblemowa praca oraz wysokiej jakości oczyszczone ścieki |

4.5. Keracoll „GreenLab” koło Sassuolo, Włochy

Centrum badawcze Keracoll „GreenLab” w Sassuolo wykorzystuje naturalne systemy filtracji do odzyskiwania wody deszczowej, która jest następnie ponownie wykorzystywana do nawadniania i chłodzenia bioklimatycznego. Szara woda z toalet i przebieralni jest zbierana oddzielnie i oczyszczana w kompaktowym systemie wykorzystującym sekwencyjny reaktor biologiczny zainstalowany wewnątrz budynku. Systemy nawadniania terenów zielonych są zasilane zarówno nadwyżką oczyszczonej szarej wody, która nie jest ponownie wykorzystywana w toaletach, jak i wodą deszczową odzyskiwaną z dachów i filtrowaną w ogrodach deszczowych. Zebrana woda deszczowa jest również wykorzystywana do zasilania otwartego zbiornika wodnego, zaprojektowanego do celów bioklimatycznych. Ponadto w różnych punktach poboru stosuje się urządzenia oszczędzające wodę (elektroniczne baterie umywalkowe w łazienkach, termostatyczne baterie do pryszniców w szatniach, spluczki toaletowe z podwójnym przyciskiem i suche pisuary).

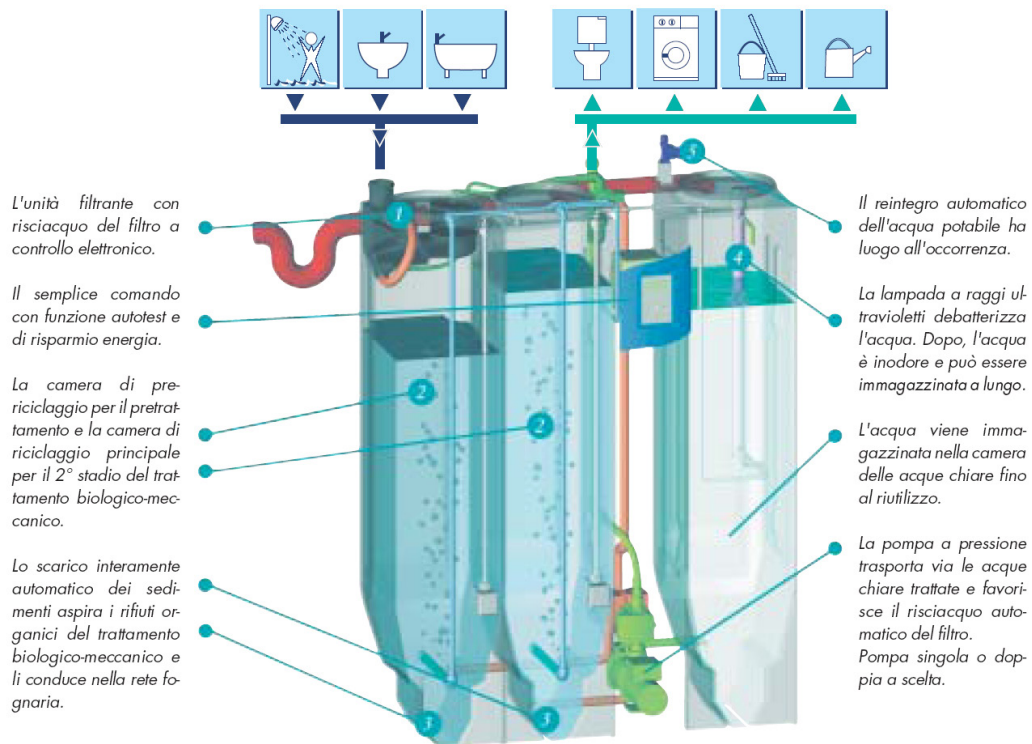
Pozwala to na znaczne zmniejszenie ilości wody pobieranej z akweduktu. W przypadku wykorzystania wody wyłącznie do splukiwania toalet można zaoszczędzić ok. 3 m³/dzień, co odpowiada ok. 700 m³/rok, natomiast aż 700-800 m³/rok wody można zaoszczędzić wykorzystując zbiorniki do nawadniania terenów zielonych (ok. 3000 m²) i mycia podwórek.



Katalog tematyczny 2 - CZĘŚĆ 2



Rysunek 29: Widok na Kerakoll „Green Lab” (po lewej), otwarty zbiornik na wodę i ogród deszczowy (po prawej). Źródło: Bios IS Srl (www.bios-is.it) oraz IRIDRA Srl (www.iridra.com).



Rysunek 30: System SBR zastosowany do oczyszczania szarej wody w Kerakoll „Green Lab” (Źródło: Bios IS Srl www.bios-is.it).



Tabela 14: Dane projektowe dla Keracoll „GreenLab”.

| Recykling szarej wody w Keracoll GreenLab | |
|---|---|
| Opis | Centrum badawcze |
| Liczba pracowników | 100 |
| Źródła wody deszczowej | Parking i ogród deszczowy na dachu budynku |
| Źródła szarej wody | Toalety i szatnie |
| Opcje ponownego wykorzystania | Toalety, nawadnianie i chłodzenie bioklimatyczne |
| Oszczędności wody | 700 m ³ /rok w przypadku toalet 700-800 m ³ /rok w przypadku nawadniania |
| Dane techniczne | |
| System oczyszczania | Sekwencyjny reaktor biologiczny |
| Potencjał oczyszczania | 300 l/dzień |
| Maksymalna moc | 4,5 KW |
| Średnie zużycie prądu | 3,2 kWh/gg |



5. Bibliografia dodatkowa

DWA (2019) DWA-Topics BIZ-11.4 E: Non-Potable Water Reuse - Development, Technologies and International Framework Conditions for Agricultural, Urban and Industrial Uses. Niemieckie stowarzyszenie DWA, Hennef.

DWA (2014) Working Paper DWA-A 272E: Principles for the planning and implementation of New Alternative Sanitation Systems (NASS). Niemieckie stowarzyszenie DWA, Hennef.

Li, Z., Boyle, F. i Reynolds, A. (2010) Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. *Desalination* 260: 1-8.

Parkes, C., Kershaw, H., Hart, J., Sibille, R. i Grant, Z. (2014) Energy and carbon implications of rainwater harvesting and greywater recycling. Raport SC090018. Agencja Ochrony Środowiska, UK. <https://www.gov.uk/government/publications/energy-and-carbon-implications-of-rainwater-harvesting-and-greywater-recycling>

Ridderstolpe, P. (2004) Introduction to greywater management. Seria publikacji EcoSanRes. Report 2004-4. EcoSanRes Programme. Stockholm Environment Institute (SEI).

USEPA (2012) Guidelines for Water Reuse. EPA/600/R-12/618. US Environmental Protection Agency Washington, Cincinnati.

WHO (2006) Overview of Greywater Management: Health Considerations. World Health Organisation (WHO), Regional Office of the Eastern Mediterranean, Centre for Environmental Health Activities (CEHA), Geneva.

WHO (2006) Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. World Health Organisation.

Volume 1: Policy and regulatory aspects

<https://www.who.int/publications/i/item/9241546824>

Volume 2: Wastewater use in agriculture

<https://www.who.int/publications/i/item/9241546832>

Volume 3: Wastewater and excreta use in aquaculture

<https://www.who.int/publications/i/item/9241546840>

Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture

<https://www.who.int/publications/i/item/9241546859>

WWDR (2017) Wastewater - The Untapped Resource. The United Nations World Water Development Report 2017. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2017/>

Zimmermann, M., Felmeden, J. i Michel, B. (2018) Integrated Assessment of Novel Urban Water Infrastructures in Frankfurt am Main and Hamburg, Germany. *Water* 10, 211. doi:10.3390/w10020211. <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/2/211/html>



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

Narzędzia do zarządzania wodą deszczową

Aneks



| ARKUSZ INFORMACYJNY: RÓW INFILTRACYJNY | |
|--|---|
| OPIS | Rów infiltracyjny to liniowy, płytki wykop wypełniony przepuszczalnym materiałem granulowanym (np. żwirem/kamykami) lub skrzynkami rozsączającymi, które zbierają spływy wód powierzchniowych z powierzchni nieprzepuszczalnych i filtrują je stopniowo do gruntu. Spływ jest magazynowany w pustych przestrzeniach, dzięki czemu powoli infiltruje przez matrycę glebową, działając w ten sposób jako tymczasowy podziemny zbiornik retencyjny. |
| FUNKCJA | Redukcja przepływu szczytowego oraz czasowe magazynowanie i oczyszczanie spływu, a następnie jego stopniowa infiltracja do gruntu |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Stosuje się w przypadku gleb o niskiej lub zmiennej przepuszczalności• Zaleca się ich umieszczenie wzdłuż lub w sąsiedztwie powierzchni nieprzepuszczalnych, takich jak drogi lub parkingi• Są one zazwyczaj ograniczone do stosunkowo płaskich terenów• Ze względu na wąski kształt można je łatwo wkomponować w teren, przy minimalnym zapotrzebowaniu na miejsce.• Nie należy ich umieszczać w bezpośrednim sąsiedztwie budynków, krzewów lub drzew |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Dobrze oczyszcza wodę poprzez sedimentację, filtrację i biodegradację |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Maksymalna powierzchnia zlewni dla rowu infiltracyjnego powinna być mniejsza niż 5 hektarów• Rowy infiltracyjne mają zwykle 1-2 m głębokości i są wypełnione kruszywem kamiennym. Współczynnik pustej przestrzeni kruszywa wypełniającego powinien być wystarczająco wysoki, aby umożliwić odpowiednią infiltrację i zmniejszyć ryzyko zatkania (o średnicy 40 - 60 mm)• Wielkość podziemnej warstwy drenażowej zależy od przepuszczalności gruntu, wielkości przepływu dławionego, który ma być odprowadzony, oraz od całkowitej objętości materiału wypełniającego (wypełnienie żwirowe ma objętość pustą 40%; materiał wypełniający z tworzywa sztucznego 95%)• Rozmiar: 300 - 400 m³/ha (w zależności od kf gleby)• Zazwyczaj wyścielane włókniną geotekstylną (górze, boki i dno), aby zapobiec przedostawaniu się osadów do warstwy drenażowej skutkujących jej zatkaniami• Perforowana rura odwadniająca (minimalna średnica wewnętrzna 100 mm) powinna być ułożona wzdłuż długości rowu• Objętość oczyszczona powinna całkowicie przesączyć się przez dno rowu w ciągu 24 godzin• Nachylenie podłużne nie powinno przekraczać 2%, aby usprawnić ponowne przemieszczanie się zanieczyszczeń i sedimentację• Maksymalne nachylenie brzegów powinno wynosić 1:3 |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|---|
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Możliwość zastosowania na terenach mieszkalnych, handlowych i przemysłowych• Rowy infiltracyjne są zazwyczaj przeznaczone do zbierania i infiltrowania odpływu z niewielkiego obszaru, takiego jak parking lub powierzchnie dachowe• Zwykle stosuje się je do oczyszczania powierzchni o niskim obciążeniu osadami, takich jak dachy zielone i niemetalowe, parkingi i powierzchnie przeznaczone dla pieszych. W przypadku innych powierzchni konieczne jest wstępne podczyszczanie wody deszczowej (np. muldy, pasy buforowe)• Rowy infiltracyjne są również idealne do stosowania wokół boisk, terenów rekreacyjnych i otwartych przestrzeni publicznych |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Zapewnienie tymczasowego magazynowania wody• Zmniejszenie objętości odpływu i przepływu szczytowego• Zwiększenie infiltracji i sedymentacji• Zapewnienie oczyszczania spływu poprzez filtrację i adsorpcję• Większe zasilanie wód podziemnych• Niewielkie zapotrzebowanie na miejsce |
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">• Możliwość zatykania w obszarach o dużym obciążeniu osadami• Potencjalne zanieczyszczenie podziemne• Problemy operacyjne nie zawsze widoczne na pierwszy rzut oka• Należy rozważyć możliwość odnowienia rowu infiltracyjnego raz na 5 lat ze względu na zatykanie• Słaba dostępność do wykopu dla potrzeb konserwacji• Nie zapewniają żadnych korzyści estetycznych |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | W połączeniu z systemami zbierania wody deszczowej lub muldami z roślinnością (system łączony mulda chłonna+row) lub inne metody podczyszczania |
| KONSERWACJA | Wymagane są regularne kontrole i konserwacja w celu usuwania śmieci z terenu. Inne potrzeby w zakresie konserwacji: kontrola i czyszczenie wlotów, wylotów i punktów kontrolnych pod kątem oznak zatkania, usuwanie mułu z elementów służących podczyszczaniu oraz kontrola i usuwanie mułu ze studzienek i rur, zgodnie z wymaganiami. Prace naprawcze obejmują wymianę kamyków z warstwy drenażu filtracyjnego, wymianę zatkanej geowłókniny i przywrócenie stanu pierwotnego Żywotność wynosi 5-10 lat w zależności od konserwacji |
| KOSZTY | Rowy infiltracyjne wymagają znacznych ilości surowców, mogą wymagać zastosowania tony kamyków na 3 m rowu. Koszty konserwacji i wymiany mogą być wysokie. Koszty budowy rowów infiltracyjnych różnią się w zależności od głębokości i warunków panujących w danym miejscu. System jest zwykle umiarkowanie opłacalny kosztowo. Koszty inwestycyjne mieszczą się w zakresie od 70 do 90 €/m ³ magazynowanego spływu |



| WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Średnie |
| Spowolnienie spływu | Niskie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Średnie |
| Jakość oczyszczania wody | Średnie |
| Magazynowanie wody | Średnie |
| Zasilanie wód gruntowych | Wysokie |
| Różnorodność biologiczna | Niskie |
| Potencjał estetyczny | Niskie |

Odniesienia

Anglian Water. Towards sustainable water stewardship. Sustainable drainage systems (SUDS) adoption manual. Anglian Water Services Limited.

https://www.anglianwater.co.uk/siteassets/developers/aw_suds_manual_aw_fp_web.pdf

Minnesota Stormwater Manual. Minnesota pollution Control Agency.

https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Main_Page

Sieker - Die Regenwasserexperten: <https://www.sieker.de/de/home.html>

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott T., Ashley, R. i Kellagher, R. (2015) The SuDS Manual. Department for Environment, Food and Rural Affairs. CIRIA 2015, https://www.susdrain.org/resources/SuDS_Manual.html



| ARKUSZ INFORMACYJNY: POLDERY PRZECIWPOWODZIOWE | |
|--|--|
| OPIS | Poldery przeciwpowodziowe to suche, porośnięte roślinnością zagłębienia terenu przeznaczone do tymczasowego magazynowania spływu wody i umożliwienia jej infiltracji do gruntu lub odpływu w kontrolowanym tempie. Są one zazwyczaj projektowane jako elementy krajobrazu, które po wyschnięciu umożliwiają inne zastosowania, takie jak plac zabaw, obiekt sportowy lub tworzenie siedlisk |
| FUNKCJA | Kontrola szczytowego natężenia spływu poprzez tymczasowe magazynowanie wody deszczowej i powolne jej uwalnianie po ustąpieniu zagrożenia powodziowego |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Poldery przeciwpowodziowe wymagają dużej dostępnej i stosunkowo płaskiej powierzchni• Nie należy ich umieszczać na niestabilnym podłożu• Powinny być wkomponowane w projekt terenu, aby zapewnić korzyści wizualne, społeczne, a także bioróżnorodność oraz wartościową przestrzeń krajobrazową |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Dobry potencjał oczyszczania dzięki sedymentacji, adsorpcji i procesom biologicznym |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Poldery przeciwpowodziowe powinny być zaprojektowane tak, aby przyjmować spływy wolne od mułu o niskim ładunku zanieczyszczeń• Spływ powinien spływać do zbiornika jako kontrolowany przepływ powierzchniowy, aby ograniczyć ryzyko erozji• Poldery przeciwpowodziowe powinny mieć stosunek długości do szerokości od 2:1 do 5:1, aby zapewnić maksymalną sedymentację na wlocie i filtrację spływu• Typowa głębokość: 3 - 5 m• Typowy rozmiar: ok. 500 - 5000 m³ w zależności od obszaru zlewni, z której wody mają być oczyszczone• Wymagany jest łagodny spadek w kierunku wylotu, wynoszący około 1 na 100, w celu zapewnienia grawitacyjnego spływu powierzchniowego• Nachylenie brzegów zbiornika powinno wynosić maksymalnie 1:3• Poldery wymagają przelewu, aby umożliwić odprowadzenie nadmiaru wody wynikającego z przekroczenia projektowanej wartości lub zablokowania wylotu• trawa lub roślinność łąkowa o wysokości 75-100 mm zapewnia lepsze oczyszczanie oraz odporną powierzchnię do użytku nieformalnego |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Szerokie zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym, komercyjnym i przemysłowym• Poldery przeciwpowodziowe nie powinny być zabudowywane, ale mogą być wykorzystywane do uprawiania sportów i rekreacji i stanowić część otwartej przestrzeni publicznej |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|---|
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">Niewielkie zmniejszenie objętości spływuMetoda wymagająca dużej dostępności terenu, ograniczająca wykorzystanie gruntów na obszarach o wysokiej gęstości zaludnienia |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Idealne połączenie z wcześniejszymi elementami zrównoważonego systemu drenażu (ZSD) zmniejszającymi ilość mułu przedostającego się do polderu |
| KONSERWACJA | Regularna konserwacja obejmuje usuwanie śmieci, czyszczenie wlotu i wylotu, zarządzanie roślinnością oraz monitorowanie i usuwanie osadów w razie potrzeby |
| KOSZTY | Podobne do stawów retencyjnych |

| WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE | |
|--------------------------------|-----------------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Średnie |
| Zmniejszenie objętości | Niskie |
| Spowolnienie spływu | Wysokie |
| Zatrzymywanie zawieszin | Średnie |
| Jakość oczyszczania wody | Średnie |
| Magazynowanie wody | Wysokie |
| Zasilanie wód gruntowych | Brak do Wysokie |
| Różnorodność biologiczna | Wysokie |
| Potencjał estetyczny | Średnie |

Odniesienia

Anglian Water. Towards sustainable water stewardship. Sustainable drainage systems (SUDS) adoption manual. Anglian Water Services limited.

https://www.anglianwater.co.uk/siteassets/developers/aw_suds_manual_aw_fp_web.pdf

Rural Sustainable Drainage Systems (RSuDS) (2012) Environment Agency, UK [Agencja Środowiska, Wielka Brytania].

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291508/scho0612buwh-e-e.pdf

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott T., Ashley, R. i Kellagher, R. (2015) The SuDS Manual. Department for Environment Food and Rural Affairs (Departament Środowiska, Żywności i Spraw Wiejskich). https://www.susdrain.org/resources/SuDS_Manual.html



| ARKUSZ INFORMACYJNY: PASY BUFOROWE | |
|------------------------------------|--|
| OPIS | Pasy (strefy) buforowe to łagodnie nachylone, porośnięte roślinnością fragment (pas) terenu, które powoli odprowadzają i infiltrują spływy w postaci powierzchniowego spływu warstwowego. Zazwyczaj stanowią one pierwszy etap zagospodarowania wody deszczowej |
| FUNKCJA | Woda deszczowa spływa warstwowo przez strefę buforową, która spowalnia przepływ wody oraz zatrzymuje muł i zanieczyszczenia podczas infiltracji wody do gruntu |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Pasy buforowe powinny być zlokalizowane bezpośrednio przy ich zlewni tak, aby mogły umożliwić przyjmowanie nadpływającego strumienia wody• Wymagają dobrze zdrenowanego podłoża• Odpowiednie dla małych zlewni (do 2 ha) |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Dobrze sprawdzają się w przypadku oczyszczania mało zanieczyszczonych spływów i usuwaniu mułu |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Wymiarowanie wynosi ok. 10% powiązanych powierzchni• Zaleca się przynajmniej 1 m długości pasa buforowego na każde 6 m długości zlewni (CIRIA, 2007)• Odpowiednie nachylenie dla pasa buforowego z nasadzeniami wynosi 2-5%. Bardziej strome zbocza stwarzają ryzyko erozji i kanalizowania przepływów, natomiast na płytszych zboczach mogą występować zastoiska wody• Pasy buforowe są zaprojektowane jako przepuszczalne, chociaż ze względu na krótki czas retencji infiltracja będzie prawdopodobnie niewielka• Ograniczającym czynnikiem projektowym jest długość przepływu kierowanego do pasa buforowego• Szerokość pasów buforowych powinna wynosić co najmniej 6 m. W przypadku bardziej stromych zboczy wymagane są szersze strefy buforowe, ponieważ prędkości będą prawdopodobnie większe• Maksymalna długość spływu przed pasem buforowym nie powinna przekraczać 50 m (CIRIA, 2007) |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Zwykle stosowany jako pierwszy etap zrównoważonego systemu drenażu, czyli zasilanie, np. do muldy lub stawu• Najlepiej nadają się do oczyszczania spływu ze stosunkowo niewielkich zlewni, takich jak parking, powierzchnia drogi, rura odwadniająca na dachu lub małe pole• Pasy buforowe są często wkomponowane w otaczający je teren, np. otwartą przestrzeń publiczną lub skraje dróg |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|--|
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Skuteczna metoda podczyszczania• Zwiększenie odparowywania• Zapewnienie wody o dobrej jakości• Filtracja i sedimentacja zawiesin• Możliwość łatwego wkomponowania w architekturę krajobrazu• Zapewnienie korzyści estetycznych• Łatwe i tanie w budowie• Solidny system |
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">• Nieodpowiednie w przypadku stromych miejsc• Ograniczony udział w zasilaniu wód podziemnych ze względu na krótki czas retencji wody• Niewielkie zmniejszenie ryzyka powodziowego• Brak znaczącego potencjału magazynowania• Zagęszczenie gleby zmniejsza skuteczność |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Jako system wstępnego oczyszczania przed innymi elementami ZSD, takimi jak muldy chłonne i rowy infiltracyjne lub jako pojedyncza metoda oczyszczania wody deszczowej |
| KONSERWACJA | Ekonomiczna. Regularne przeglądy i konserwacja są ważne dla efektywnego działania. Regularna konserwacja obejmuje usuwanie śmieci i odpadów oraz koszenie trawy. Z mniejszą częstotliwością należy przeprowadzać ponowne obsiewanie obszarów, na których rośliny słabo wzrastają, naprawę obszarów zerodowanych lub uszkodzonych oraz usuwanie osadów i innych zanieczyszczeń |
| KOSZTY | Koszty inwestycyjne różnią się znacznie w zależności od projektu, gęstości i zróżnicowania roślinności oraz zastosowania materiałów substratowych, takich jak żwir, w celu zwiększenia efektywności. Koszty konserwacji również różnią się znacznie w zależności od konstrukcji |



| ARKUSZ INFORMACYJNY: ZIELONE DACHY | |
|------------------------------------|---|
| OPIS | Dach pokryty trawą lub roślinami rosnącymi na naturalnych materiałach warstwowych, do stosowania na tarasach, dachach i powierzchniach poziomych. Roślinność pomaga w zatrzymywaniu zanieczyszczeń i zmniejszaniu prędkości spływu wód opadowych. |
| FUNKCJA | Zielone dachy łagodzą efekt miejskiej wyspy ciepła i pomagają kontrolować temperaturę wewnątrz budynku. Spowolnienie spływu powierzchniowego i późniejsze wykorzystanie wody do nawadniania roślin |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Odpowiednie dla budynków i infrastruktury z odpowiednim obciążeniem użytkowym podłogi• Można stosować na powierzchniach płaskich i z nachyleniem• Najlepiej stosować na obszarach miejskich |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Dobra i naturalna skuteczność oczyszczania biologicznego dzięki przechodzeniu wody przez warstwę gleby. Średnia jakość oczyszczania wody. Trawy oraz rośliny wieloletnie i krzewy mogą pomóc w pochłanianiu zanieczyszczeń powietrza |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Trawnik, łąka, trawy, zioła, byliny, rozchodnik, krzewy, drzewa• System nawadniania• Bogata mieszanka glebowa• Intensywna mieszanka glebowa• Tkanina separacyjna• Drenaż w formie granulatu lub płyty drenażowe• Mata ochronna / membrana wodoodporna• Ekstensywne: minimum 8 cm, ciężar 90 - 180 kg/m²• Intensywne: minimum 20 cm, ciężar > 180 kg/m² |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Szerokie zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym, komercyjnym i przemysłowym, gdzie najczęściej stosowane są nawierzchnie betonowe, metalowe lub asfaltowe• Dla małych lub dużych obszarów, bardzo elastyczny system• Odpowiednie dla budynków publicznych i prywatnych |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Dobrze usuwają zanieczyszczenia dzięki przemyślanemu doborowi roślin• Zmniejszenie natężenia i objętości odpływu z istniejącego systemu odwadniania• Łatwa konserwacja• Doskonałe wkomponowanie nowych i istniejących budynków w krajobraz i otwarte przestrzenie publiczne• Nieograniczone możliwości wyboru roślinności i wzornictwa• Zapewnienie siedlisk dla owadów zapylających oraz zwiększenie różnorodności biologicznej i przyrodniczej• Podniesienie estetyki i wartości budynków i obszarów miejskich• Zwiększenie izolacji termicznej w okresie zimowym i letnim• Zwiększanie ewapotranspiracji |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|--|
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">• Niski udźwig istniejącego dachu• Dach stromo nachylony• Dach dostępny lub niedostępny (różne rozwiązania techniczne) |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Zbieranie wody deszczowej lub szarej wody z recyklingu; zielone fasady |
| KONSERWACJA | Średnie lub minimalne wymagania pielęgnacyjne w zależności od doboru roślin. Trwałość prawidłowo wykonanych i regularnie konserwowanych zielonych dachów jest bardzo długa. Cele utrzymania obejmują utrzymanie gęstej i zdrowej pokrywy trawiastej/roślinnej. Inne czynności konserwacyjne obejmują okresowe zwalczanie chwastów |
| KOSZTY | Technologia średnio- lub wysokonakładowa. Koszty inwestycyjne i utrzymania mogą być różne w zależności od projektu zieleni, wyboru roślin i zmienności podpór dachowych Koszty utrzymania różnią się w zależności od projektu zieleni i rodzaju roślinności i obejmują ponowne nasadzenia roślin, kontrole i usuwanie chwastów w razie potrzeby |

| WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Średnie |
| Spowolnienie splywu | Wysokie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Wysokie |
| Jakość oczyszczania wody | Średnie |
| Magazynowanie wody | Średnie |
| Zasilanie wód gruntowych | Niskie |
| Różnorodność biologiczna | Wysokie |
| Potencjał estetyczny | Wysokie |

Odniesienia

European Federation Green Roofs & Walls. <https://efb-greenroof.eu/>

Green Roof Technology. <http://www.greenrooftechnology.com/greenroof-system>

Optigrün. <https://www.optigruen.de/produkte/>



| ARKUSZ INFORMACYJNY: ZIELONE ŚCIANY/FASADY | |
|--|--|
| OPIS | Zazielenianie elewacji budynku za pomocą roślin pnących nasadzanych w gruncie lub w donicach, z wykorzystaniem konstrukcji wsporczych i nawadniania wodą deszczową. Jako roślinność nasadzoną w podłożu wykorzystuje się głównie rośliny pnące, takie jak winobluszcz pięciolistkowy, bluszcz pospolity lub pnąca hortensja, natomiast w drugim przypadku rośliny nasadzone są w donicach, wiszących kubłach lub innych modułowych konstrukcjach, a następnie nawadniane i pielęgnowane |
| FUNKCJA | Wykorzystanie roślin do zmniejszenia szczytowych przepływów spływu, zwiększenia ewapotranspiracji i poprawy klimatu miejskiego, także do chłodzenia budynków oraz jako element projektu architektonicznego |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Niewielkie zapotrzebowanie na miejsce• Podstawowe wymagania roślin dotyczące światła, gleby i klimatu są ważne dla wszystkich rodzajów zieleni fasadowej i muszą być zapewnione przez cały rok• Wymaga profesjonalnego doboru roślin oraz odpowiedniej i niezawodnej technologii zazieleniania• Wymagana jest czysta woda deszczowa o $pH < 7$ |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Dobra i naturalna skuteczność oczyszczania biologicznego dzięki przechodzeniu wody przez warstwę gleby. Średnia jakość oczyszczania wody. Dobry wkład w redukcję zanieczyszczenia powietrza dzięki wychwytywaniu zanieczyszczeń powietrza przez rośliny |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Główne elementy systemu to: rośliny, podłoże (substrat), konstrukcje podtrzymujące i mocujące rośliny do elewacji oraz system nawadniania (źródłem wody może być woda deszczowa).• Parametr projektowy: $0,5 - 0,8 \text{ l/m}^2/\text{d}$ dla zielonej powierzchni fasady, w zależności od ekspozycji i gatunku roślin• Wybór roślin ma kluczowe znaczenie• Zaleca się połączenie nawadniania z ciągłym monitorowaniem zużycia wody |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | Szerokie zastosowanie dla wszystkich typów budynków |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Zmniejszenie natężenia i objętości spływu• Zwiększenie izolacji termicznej w okresie zimowym i letnim• Zwiększanie ewapotranspiracji• Zwiększenie efektywności energetycznej budynków• Zmniejszenie efektów wysp ciepła• Ochrona budynków przed promieniowaniem słonecznym i nadmiarem ciepła• Zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza poprzez pobieranie przez rośliny drobnych cząstek stałych• Redukowanie hałasu• Zwiększenie jakości przestrzeni otwartej i różnorodności biologicznej• Podniesienie estetyki i wartości budynków na obszarach miejskich |



| | |
|---------------------|--|
| OGRANICZENIA | Wysokie koszty inwestycji, eksploatacji i konserwacji |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Z systemami recyklingu szarej wody w budynkach do celów nawadniania |
| KONSERWACJA | <p>Wymagana jest regularna konserwacja systemu nawadniania oraz pielęgnacja roślinności</p> <p>Nasadzenia w gruncie: 1-2 razy w roku, w tym przycinanie, wyprowadzanie pnączy, utrzymywanie roślinności z dala od niektórych części budynku, usuwanie obumarłych części roślin oraz, w razie potrzeby, nawożenie i zwalczanie szkodników</p> <p>Nasadzenia w donicach: należy je przeprowadzać 5-10 razy w roku i obejmują one działania pielęgnacyjne, takie jak przycinanie, utrzymywanie roślinności z dala od niektórych części budynku, wymianę uszkodzonych roślin, konserwację systemu zaopatrzenia w wodę i składniki odżywcze, ochronę systemu nawadniania przed mrozem, a także nawożenie i zwalczanie szkodników</p> <p>W przypadku roślin pnących konieczna jest coroczna kontrola budynku i usuwanie z okien i rynien wszystkich korzeni, rozłogów, wijących się pędów i innych części roślin, aby zapobiec ich uszkodzeniu</p> |
| KOSZTY | Koszty inwestycji, eksploatacji i konserwacji są stosunkowo wysokie, zwłaszcza w przypadku systemowego zazieleniania elewacji. Zużycie zasobów jest niskie, zwłaszcza w przypadku zazieleniania roślinami nasadzonymi w gruncie |

WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE

| | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Średnie |
| Zmniejszenie objętości | Średnie |
| Spowolnienie splywu | Średnie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Wysokie |
| Jakość oczyszczania wody | Wysokie |
| Magazynowanie wody | Średnie |
| Zasilanie wód gruntowych | Niskie |
| Różnorodność biologiczna | Wysokie |
| Potencjał estetyczny | Wysokie |

Odniesienia

Hermy M., Schauvliege M. oraz Tijsskens G. (2005) Groenbeheer - een verhaal met toekomst; Velt i.s.m. afdeling Bos oraz Groen, Berchem.

Köhler (2012) ((Hsg.) Handbuch Bauwerksbegrünung - Planung, Konstruktion, Ausführung. Verlags-gesellschaft Rudolf Müller, Köln.

SenStadt (2010) Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung: Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin. http://www.gebaeudekuehlung.de/SenStadt_Regenwasser_dt_gross.pdf



| ARKUSZ INFORMACYJNY: NIECKI INFILTRACYJNE | |
|---|---|
| OPIS | Niecki infiltracyjne to naturalne lub zbudowane płytkie, porośnięte roślinnością zagłębienia, które tymczasowo, przez kilka dni, magazynują i infiltrują spływy burzowe do otaczającej je przepuszczalnej gleby. Generalnie zbierają one spływy wód powierzchniowych z niewielkich obszarów i zazwyczaj są suche, z wyjątkiem okresów intensywnych opadów |
| FUNKCJA | Kontrola zrzutu szczytowego, magazynowanie, oczyszczanie i infiltracja wody deszczowej przez kilka dni. Mogą one pełnić inne funkcje, np. rekreacyjne |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Zbiorniki infiltracyjne można łatwo wkomponować w otaczający je teren i otwarte przestrzenie publiczne• Nie należy ich umieszczać na niestabilnym podłożu, a stabilność gruntu należy sprawdzić przed rozpoczęciem budowy• Wymagany jest duży obszar, który jest stosunkowo płaski• Wymagane jest podczyszczanie (np. pas buforowy lub mulda) w celu oczyszczenia wody z mułu i zanieczyszczeń, w ten sposób zapobiegając utwardzaniu się powierzchni• Nachylenie terenu powinno być mniejsze niż 20% |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Wysoka wydajność oczyszczania w połączeniu z podczyszczaniem. Bardzo skuteczne w usuwaniu zanieczyszczeń |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Ogólnie rzecz biorąc, niecki infiltracyjne są przeznaczone do oczyszczania wody z małych zlewni, zwykle obejmujących kilka posesji. Zazwyczaj są one stosowane do obsługi zlewni o powierzchni do 20 hektarów• Powinny one być zaprojektowane w taki sposób, aby przechwytywały 85% rocznej objętości spływu• Powinny one zostać do połowy opróżnione w ciągu 24 godzin, aby uniknąć narażenia roślinności na niekorzystne warunki• Maksymalna głębokość magazynowania powinna być ograniczona do 0,8 m, aby zmniejszyć wpływ ciśnienia wody na roślinność• Ze względów bezpieczeństwa nachylenie zboczy powinno wynosić maksymalnie 1:3• Należy przewidzieć przelew na wypadek intensywniejszych opadów |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Dla obszarów mieszkalnych, handlowych i przemysłowych: ograniczone w mieście• Niecki infiltracyjne mogą być wbudowane w nowe inwestycje• Idealne do wykorzystania na boiskach, terenach rekreacyjnych lub otwartych przestrzeniach publicznych |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Kontrola zrzutów szczytowych• Zmniejszenie natężenia i objętości odpływu• Zapewnienie wody o dobrej jakości• Przyczyniają się do zasilania wód gruntowych• Zwiększanie ewapotranspiracji na obszarach miejskich• Zapewnienie siedlisk dla dzikich zwierząt |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|---|
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Wzbogacenie naturalnego krajobrazu• Proste i ekonomiczne w budowie |
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">• Stosunkowo wysokie zapotrzebowanie na miejsce• Potencjalnie wysoki wskaźnik awaryjności z powodu niewłaściwego umiejscowienia, słabego oznakowania i braku konserwacji, zwłaszcza jeśli nie zastosowano odpowiedniego podczyszczania• Zagrożenie utwardzaniem gleby w obszarach o dużym obciążeniu osadami• Ryzyko powstania zastoisk wody w przypadku gleb słabo przepuszczalnych w miejscach, gdzie poziom wód gruntowych jest zbyt wysoki |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Z metodami wstępnego oczyszczania, takim jak pasy buforowe i muldy |
| KONSERWACJA | Wymagają niewielu zabiegów konserwacyjnych. Wymagają koszenia co miesiąc, sporadycznego usuwania osadów z wszystkich elementów podczyszczania, coroczną naprawę uszkodzonej roślinności, wertykulacji i aeracji oraz usuwania osadów zgodnie z wymaganiami (zwykle co 5 lat) |
| KOSZTY | Wymagają niewielkich nakładów kosztowych. Koszty budowy mogą się znacznie różnić w zależności od konfiguracji, lokalizacji, warunków panujących w danym miejscu itp. |

WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE

| | |
|--------------------------------|-----------------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Wysokie |
| Spowolnienie spływu | Wysokie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Wysokie |
| Jakość oczyszczania wody | Średnie/Wysokie |
| Magazynowanie wody | Wysokie |
| Zasilanie wód gruntowych | Średnie |
| Różnorodność biologiczna | Średnie |
| Potencjał estetyczny | Średnie |

Odniesienia

Anglian Water. Towards sustainable water stewardship. Sustainable drainage systems (SUDS) adoption manual. Anglian Water Services limited.

https://www.anglianwater.co.uk/siteassets/developers/aw_suds_manual_aw_fp_web.pdf

NWRM. Natural Water Retention Measures (NWRM). Dyrekcja Generalna ds. Środowiska UE.
<http://nwrp.eu/measure/infiltration-basins>

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott T., Ashley, R. i Kellagher, R. (2015) The SuDS Manual. Department for Environment, Food and Rural Affairs. CIRIA 2015,
https://www.susdrain.org/resources/SuDS_Manual.html



| ARKUSZ INFORMACYJNY: OGRODY DESZCZOWE (SYSTEMY BIORETENCJI) | |
|---|---|
| OPIS | Ogród deszczowy to płytkie zagłębienie terenu, w którym wykorzystuje się zmodyfikowaną wierzchnią warstwę gleby i rodzimą roślinność do wychwytywania i naturalnego oczyszczania spływów z utwardzonych powierzchni, takich jak dachy, parkingi i podjazdy. Ogród deszczowy napętnia się wodą i tworzy tymczasowy „staw” o wysokim współczynniku infiltracji. Gatunki roślin powinny dobrze znosić zarówno okresowe zalewanie, jak i suszę |
| FUNKCJA | Zbieranie, infiltracja i oczyszczanie wody deszczowej z małych zlewni, takich jak osiedla mieszkaniowe i parkingi |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Powinny być one zlokalizowane w miejscach, w których spływ z powierzchni nieprzepuszczalnych może być do nich kierowany przez spływ powierzchniowy lub rurę• Gleba powinna być przepuszczalna |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Duży potencjał oczyszczania spływu dzięki przenikaniu przez glebę. Bardzo skuteczne w oczyszczaniu wody deszczowej i usuwaniu zanieczyszczeń |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Powierzchnia płaskiego dna (powierzchnia podstawy) stanowi miarę wielkości ogrodu deszczowego. Do powierzchni podstawowej dodaje się powierzchnię wymaganą do wykonania spadków bocznych i taką łączną powierzchnię bierze się pod uwagę przy projektowaniu ogrodu deszczowego w danej lokalizacji• Powierzchnia podstawowa powinna wynosić co najmniej 5% powierzchni nieprzepuszczalnej zlewni, z której spływają wody• Podłoże ogrodu deszczowego pokrywa się jednolitymi warstwami ściółki, podłoża uprawowego i kamyków drenażowych• Zazwyczaj wymagana jest warstwa drenażowa z perforowaną rurą i przelewem do kanalizacji• Woda powinna spływać w ciągu 24 godzin, tak aby ogród mógł przyjąć wodę z kolejnych opadów• Nachylenie brzegów: maksymalne nachylenie 3:1• Maksymalna głębokość zatrzymywanej wody: 15 cm• Głębokość gleby na cele nasadzeń: 30 - 45 cm• Warstwa ściółki: ok. 8 cm |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Szerokie zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym, komercyjnym i przemysłowym• Łatwe do wkomponowania w krajobraz i otwarte przestrzenie publiczne• Zapewniają skuteczne odprowadzanie wody z powierzchni dachów, chodników, poboczy dróg i parkingów• Stosunkowo proste w projektowaniu i utrzymaniu, dające się wkomponować w wiele różnych przestrzeni miejskich |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Zmniejszenie przepływu szczytowego i objętości odpływu• Bardzo skuteczne w oczyszczaniu wody deszczowej i usuwaniu zanieczyszczeń• Przyczyniają się w znacznym stopniu do parowania i infiltracji |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|--|
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">Elastyczność i różnorodność konstrukcyjnaMogą zwiększyć wartość nieruchomości |
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">Większość ogrodów deszczowych jest stosunkowo mała, ponieważ budowa i utrzymanie dużych ogrodów deszczowych stają się trudneSpływ do nich trafiający powinien być czysty |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | W połączeniu z metodami podczyszczania, takimi jak pasy buforowe lub muldy, lub z systemami zbierania wody deszczowej, w których przelew zbiornika można podłączyć do ogrodu deszczowego |
| KONSERWACJA | <p>Ogrody deszczowe wymagają rutynowej konserwacji. Należy regularnie sprawdzać, czy nie są zatkane, oraz usuwać śmieci i nadmiar ziemi. Oczyszczanie wpustów, wylotów i przelewów, przycinanie i ogólna pielęgnacja</p> <p>Okazjonalnie, w zależności od potrzeb: usuwanie mułu z konstrukcji podczyszczającej; wymiana ściółki co 3 lata. Prace naprawcze obejmują: pogłębienie do wymaganego poziomu w związku z erozją lub uszkodzeniem oraz naprawę i wymianę wlotów, wylotów lub konstrukcji przelewowych, zgodnie z wymaganiami</p> <p>Nasadzenia w ogrodach deszczowych wymagają pielęgnacji i podlewania do czasu ich zakorzenienia, czyli zazwyczaj przez pierwszy rok do dwóch lat po zakończeniu budowy.</p> |
| KOSZTY | Jest to ekonomiczna metoda kontroli spływu wód opadowych. Koszty zależą od kilku czynników, takich jak wielkość, lokalizacja, warunki glebowe, projekt i rodzaj zastosowanych roślin. Ogrody deszczowe wymagające drenażu są zazwyczaj droższe niż ogrody deszczowe wykorzystujące glebę jako jedyny czynnik infiltracyjny |

WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE

| | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Wysokie |
| Spowolnienie spływu | Średnie |
| Zatrzymywanie zawieszin | Wysokie |
| Jakość oczyszczania wody | Wysokie |
| Magazynowanie wody | Wysokie |
| Zasilanie wód gruntowych | Wysokie |
| Różnorodność biologiczna | Średnie |
| Potencjał estetyczny | Średnie |

Odniesienia

Bray, B., Gedge, D., Grant, G i Leuthvilay, L. Rain Garden Guide. Thames Water, Wielka Brytania.
<https://raingardens.info/>

NWRM. Natural Water Retention Measures (NWRM). Dyrekcja Generalna ds. Środowiska UE.
<http://nwrp.eu/measure/rain-gardens>

Rain Garden Alliance. <http://raingardenalliance.org/what/faqs>



| ARKUSZ INFORMACYJNY: ZBIERANIE WODY DESZCZOWEJ | |
|--|---|
| OPIS | Woda deszczowa z dachów i innych nieprzepuszczalnych powierzchni jest kierowana do beczek lub zbiorników na wodę deszczową, w których jest magazynowana i które służą jako źródło wody pitnej lub nieprzeznaczonej do spożycia. System rezerwowego źródła wody z sieci zapewnia dostawę wody w okresach suszy |
| FUNKCJA | Kontrola źródeł i osłabianie odpływu, magazynowanie i oczyszczanie wody deszczowej. Poprawa zaopatrzenia w wodę |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Preferowane są mało zanieczyszczone i gładkie powierzchnie dachowe• Zbiorniki umieszczone nad ziemią są łatwiejsze w obsłudze i konserwacji• Przelew zbiornika powinien być podłączony do systemu infiltracji na miejscu, nie należy go kierować do kanalizacji |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Wysoka wydajność czyszczenia dzięki zastosowaniu specjalnych sit i filtrów oraz regularnej konserwacji systemu |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Dobór wielkości systemu zbierania wody deszczowej polega na zbilansowaniu ilości wody deszczowej, którą można zebrać z określonej powierzchni, z zapotrzebowaniem na wodę w gospodarstwie domowym• W przypadku domów prywatnych i mieszkań zazwyczaj wystarczające są szacunki. Orientacyjną wartością jest zapewnienie 1000 litrów pojemności zbiornika na 20 m² powierzchni spływu lub takie zwymiarowanie zbiornika, aby zapewnić ilość wody wystarczającą na 3 - 4 tygodnie suszy• W przypadku większych systemów konieczna jest symulacja danych dotyczących opadów (dane z ostatnich 20 lat, dzienne/miesięczne) oraz danych dotyczących zużycia wody przy użyciu modelu komputerowego |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Szerokie zastosowanie w budownictwie jednorodzinny, mieszkaniowym, komercyjnym i budynkach przemysłowych• W nowych i odnowionych budynkach• Jako woda pitna po odpowiednim uzdatnieniu• Do stosowania wewnątrz i na zewnątrz budynków w celu zastąpienia wody pitnej w zastosowaniach niewymagających wody zdatnej do spożycia, takich jak splukiwanie toalet, sprzątanie, pranie, nawadnianie, gaszenie pożarów, wieże chłodnicze lub jako woda technologiczna w przemyśle |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Zmniejszenie natężenia i objętości spływu• Zapewnienie niezawodnego i odnawialnego źródła wody• Zmniejszone zapotrzebowanie na zasoby wody pitnej i odprowadzanie wód gruntowych• Oszczędność ilości detergentów używanych do prania, ponieważ woda deszczowa jest wodą miękką• Niższe rachunki za wodę• Niższe koszty energii potrzebnej do pompowania i uzdatniania wody |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|--|
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none"> • Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczenia powietrza • Zwiększenie autarchii (samowystarczalności) w okresach suszy • Większe oszczędności wody |
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none"> • W istniejących budynkach wykonalne tylko po renowacji i instalacji systemu dwururowego • Materiał, z którego wykonany jest dach, może mieć wpływ na końcowe wykorzystanie zebranej wody |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Połączenie z dalszymi systemami infiltracji, takimi jak mulda chłonna lub rów do odprowadzania nadmiaru wody |
| KONSERWACJA | Regularne czyszczenie systemów zbierania, gromadzenia i dystrybucji wody. Należy często czyścić rynny dachowe, rury spustowe i gęste kratki rur z liści i innych zanieczyszczeń, aby ograniczyć przedostawanie się zanieczyszczeń i osadów do zbiornika na wodę (2-3 razy w roku). Filtry powinny być czyszczone 1-2 razy w roku, w zależności od obciążenia zanieczyszczeniami. Raz w roku zaleca się wizualną kontrolę zbiornika; w razie potrzeby należy usuwać nadmiar osadu |
| KOSZTY | Całkowity koszt budowy w przypadku domu jednorodzinnego wynosi od 2500 do 5000 euro, w zależności od nakładu pracy, wielkości zbiornika retencyjnego i jakości produktu. Koszty utrzymania wynoszą ok. 100 € rocznie. |

| WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE | | |
|--------------------------------|--|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | | Średnie |
| Zmniejszenie objętości | | Średnie |
| Spowolnienie spływu | | Średnie |
| Zatrzymywanie zawiesin | | Średnie |
| Jakość oczyszczania wody | | Wysokie |
| Magazynowanie wody | | Wysokie |
| Zasilanie wód gruntowych | | Niskie |
| Różnorodność biologiczna | | Dobra |
| Potencjał estetyczny | | Dobra |

Odniesienia

DIN EN 16941-1 (2018) On-site non-potable water systems - Part 1: Systems for the use of rainwater [Systemy instalacji wody nienadającej się do spożycia - Część 1: Systemy wykorzystania wód opadowych]. Beuth Verlag

DIN 1989-100 (2020) Rainwater harvesting systems - Part 100: Regulations in connection with DIN EN 16941-1(Draft version) [DIN 1989-100 (2020) Systemy zbierania wody deszczowej - Część 100: Przepisy związane z normą DIN EN 16941-1 (wersja robocza)]

fbr-Hinweisblatt H 101 (2016) Kombination der Regenwassernutzung mit der Regenwasserversickerung. Hrsg.: fbr. DIN-A 4, 32 Seiten, ISBN: 978-3-9811727-6-8



| ARKUSZ INFORMACYJNY: STAWY RETENCYJNE | |
|---------------------------------------|---|
| OPIS | Stawy retencyjne to podmokłe stawy przeznaczone do trwałego zatrzymywania określonej ilości wody i tymczasowego magazynowania spływu |
| FUNKCJA | Woda deszczowa jest tymczasowo magazynowana i uwalniana powoli, gdy minie ryzyko powodzi, co zmniejsza przepływ szczytowy podczas ulewnych deszczów |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Stawy powinny być zlokalizowane na końcu systemu gospodarki wodnej tak, aby do stawu wpływała czysta woda w sposób kontrolowany• Powierzchnia wymagana dla stawu retencyjnego wynosi zazwyczaj 1 - 3% jego zlewni• Gleba na dnie stawu powinna być wystarczająco nieprzepuszczalna, aby zapobiec wysychaniu.• Wymagane jest odpowiednie źródło dopływu w celu utrzymania stałego lustra wody |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Wysoka zdolność oczyszczania spływających zanieczyszczeń w wyniku procesów biologicznej degradacji, adsorpcji roślinnej i sedymentacji |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Stawy retencyjne mają zazwyczaj nieregularne kształty z wypami i łachami i są projektowane z uwzględnieniem zmiennej głębokości dna• Powinny one być tak zwymiarowane, aby mogły oczyścić odpowiednią ilość wód i, jeśli to konieczne, łagodziły szczytowe natężenie spowodowane intensywniejszymi opadami• Może istnieć konieczność zastosowania wyściółki w celu utrzymania stałego poziomu wody w stawie• Należy przewidzieć co najmniej jeden zbiornik wstępny na cele zbierania osadów gruboziarnistych, zapobiegania nadmiernemu gromadzeniu się osadów, minimalizowania erozji spowodowanej napływem i ułatwienia konserwacji• Głębokość stawu właściwego powinna wynosić od 1,2 m do 1,8 m; w głębszych stawach może występować stratyfikacja i mogą w nich panować warunki beztlenowe• Nachylenie zboczy nie powinno przekraczać 1:3 tak, aby zapewnić bezpieczeństwo ludzi i dostęp na cele konserwacji• Zalecany czas retencji w celu efektywnego usunięcia zanieczyszczeń to 20 dni |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Głównie na cele poprawy jakości spływów miejskich z dróg, parkingów, obszarów mieszkalnych, przemysłowych i handlowych• Skuteczne w magazynowaniu spływu z małych i średnich zlewni• Mogą być stosowane w połączeniu z innymi elementami ZSD, które zmniejszają obciążenie osadami, takimi jak pasy buforowe z roślinnością i muldy chłonne |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|--|
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Ograniczenie sptywu szczytowego poprzez magazynowanie i kontrolowane uwalnianie odpływu, a tym samym zmniejszenie zagrożenia powodziowego• Zapewnienie wysokiej jakości oczyszczania i filtracji zanieczyszczeń• Zapewnienie dodatkowej pojemności magazynowej przy niskich kosztach• Duże potencjalne korzyści ekologiczne, estetyczne i rekreacyjne• Długa żywotność |
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">• Brak zmniejszenia objętości sptywu, ponieważ nie zachodzi infiltracja• Sptywy powinny być wolne od mułu (konieczne jest wstępne oczyszczenie)• Brak regularnego dopływu wody może prowadzić do wystąpienia warunków beztlenowych• Mogą nie być odpowiednie w przypadku terenów o dużym nachyleniu, ze względu na wymóg zastosowania wysokich nasypów• Metoda wymagająca dużej dostępności terenu, ograniczająca wykorzystanie gruntów na obszarach o wysokiej gęstości zaludnienia |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Połączenie ze elementami stosowanymi przed stawami, takimi jak mniejsze poldery przeciwpowodziowe i muldy chłonne, w których woda jest wstępnie oczyszczana |
| KONSERWACJA | Regularne kontrole i konserwacja są ważne dla skutecznego działania, np. usuwanie śmieci i odpadków, pielęgnacja roślinności, kontrola i konserwacja wlotu/wylotu oraz usuwanie osadu ze zbiornika wstępnego |
| KOSZTY | Niskie koszty utrzymania: coroczne inspekcje, comiesięczne koszenie zboczy, coroczne oczyszczanie brzegów i pielęgnacja roślin, usuwanie osadów z osadnika co 3-7 lat; usuwanie osadów ze stawu głównego co 20 lat Wysokie koszty związane z budową stawów retencyjnych i wartością gruntów wynikające z dużego zapotrzebowania terenu. Ogólne koszty krańcowe są jednak niskie ze względu na długi okres eksploatacji (ponad 20 lat) |



| WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE | |
|--------------------------------|-----------------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Niskie |
| Spowolnienie spływu | Wysokie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Średnie |
| Jakość oczyszczania wody | Wysokie |
| Magazynowanie wody | Wysokie |
| Zasilanie wód gruntowych | Brak do niskich |
| Różnorodność biologiczna | Wysokie |
| Potencjał estetyczny | Wysokie |

Odniesienia

Anglian Water. Towards sustainable water stewardship. Sustainable drainage systems (SUDS) adoption manual. Anglian Water Services Limited.

https://www.anglianwater.co.uk/siteassets/developers/aw_suds_manual_aw_fp_web.pdf

Rural Sustainable Drainage Systems (RSuDS) (2012) Environment Agency, UK [Agencja Środowiska, Wielka Brytania].

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291508/scho0612buwh-e-e.pdf

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott T., Ashley, R. i Kellagher, R. (2015) The SuDS Manual. Department for Environment Food and Rural Affairs (Departament Środowiska, Żywności i Spraw Wiejskich). https://www.susdrain.org/resources/SuDS_Manual.html



| ARKUSZ INFORMACYJNY: OCZYSZCZALNIA HYDROFITOWA Z PRZEPLYWEM POWIERZCHNIOWYM | |
|---|--|
| OPIS | Oczyszczalnie hydrofitowe to systemy roślinno-błotne, które w sposób ciągły zatrzymują pewną ilość wody. Są to stawy z płytkimi obszarami, które umożliwiają wzrost roślin. Oczyszczalnie hydrofitowe osłabiają szczytowy spływ wód powierzchniowych, a roślinność zapewnia ich oczyszczanie |
| FUNKCJA | Oczyszczalnie hydrofitowe zapewniają tymczasowe magazynowanie spływu i zmniejszają prędkość przepływu, umożliwiając sedymentację. Znaczna część składników pokarmowych jest usuwana przez sedymentację i aktywność biologiczną w wyniku interakcji woda - roślinność - gleba |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Odpowiednie dla obszarów mieszkalnych• Odpowiednie dla miejsc o łagodnym nachyleniu i stabilnym podłożu• W przypadku braku zastosowania wyściółki, gleba pod oczyszczalnią hydrofitową powinna słabo przepuszczalna tak, aby utrzymać nasycenie wodą i uniknąć wysychania• Nie za blisko zwierciadła wód gruntowych, aby uniknąć skażenia |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Zadowalający stopień oczyszczania wody dzięki sedymentacji, filtracji, adsorpcji, rozkładowi mikrobiologicznemu i absorpcji przez rośliny Rozległe oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem powierzchniowym są również stosowane w USA jako pojedynczy etap oczyszczania przelewów kanalizacji ogólnospławnej |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Całkowita powierzchnia oczyszczalni hydrofitowej powinna wynosić około 1 - 2% powierzchni powiązanej zlewni• Stosunek długości do szerokości ścieżki przepływu powinien wynosić co najmniej 3:1 (optymalnie 4:1 lub 5:1)• Maksymalna głębokość nie powinna przekraczać 2 m• Maksymalna głębokość tymczasowego magazynowania przekraczająca poziom stawu właściwego nie powinna przekraczać 0,5 m• Sugeruje się łagodne zbocza, tj. o nachyleniu 1:3, 1:4• Głębokość wierzchniej warstwy gleby oczyszczalni hydrofitowej: 400 - 450 mm w przypadku krzewów i roślin zielnych, 100 - 150 mm w przypadku siewu traw i dzikich kwiatów• Warstwa podłoża gruntowego lub żwiru, zazwyczaj o głębokości 50-150 mm |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Obszary mieszkalne i niemieszkalne• Duże obszary otwartej przestrzeni, ale małe oczyszczalnie hydrofitowe mogą być również wkomponowane w krajobraz miejski• Nowe inwestycje i przebudowy |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Dobre usuwanie zanieczyszczeń• Redukcja przepływu szczytowego• Zmniejszenie natężenia spływu• Zwiększenie różnorodności biologicznej• Zwiększenie estetyki i wartości terenu |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|--|
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none"> • Ryzyko ponownego napływu osadów, jeśli oczyszczalnia hydrofitowa jest zbyt płytka w pobliżu wylotu • Ryzyko zakwitów glonów w miesiącach letnich • Ryzyko wysychania w miesiącach letnich • Niska temperatura obniża aktywność biologiczną • Bardziej odpowiednie dla obszarów podmiejskich, gdzie są dostępne większe obszary |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | <p>Ze wstępnym zbiornikiem umożliwiającym sedymentację i zmniejszającym przepływ na wlocie</p> <p>Z systemem oczyszczalni hydrofitowej z przepływem podpowierzchniowym w celu zwiększenia wydajności oczyszczania</p> |
| KONSERWACJA | <p>Skuteczność oczyszczania zależy w dużej mierze od regularnych konserwacji i przeglądów oczyszczalni hydrofitowej</p> <p>Usuwanie śmieci i odpadków raz na miesiąc, usuwanie mułu ze zbiornika wstępnego raz na 1 - 5 lat</p> |
| KOSZTY | Zmienne koszty inwestycyjne, zależne od lokalizacji, zmienności terenu i wyboru roślin. Niskie koszty eksploatacji i konserwacji |

WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE

| | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Wysokie |
| Spowolnienie spływu | Wysokie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Wysokie |
| Jakość oczyszczania wody | Średnie |
| Magazynowanie wody | Wysokie |
| Zasilanie wód gruntowych | Brak |
| Różnorodność biologiczna | Wysokie |
| Potencjał estetyczny | Wysokie |

Odniesienia

Kadlec, Robert & Wallace, Scott (2009) Treatment Wetlands. 10.1201/9781420012514.

Rizzo, A., Tondera, K., Pálffy, T.G., Dittmer, U., Meyer, D., Schreiber, C., Zacharias, N., Ruppelt, J.P., Esser, D., Molle, P., Troesch, S., Masi F. (2020) Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment: A state-of-the-art review. Science of The Total Environment, s.138618

Tondera, Katharina & Blecken, Godecke & CHAZARENC, FLORENT & Tanner, Chris (2018) Ecotechnologies for the Treatment of Variable Stormwater and Wastewater Flows. 10.1007/978-3-319-70013-7.

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott T., Ashley, R. i Kellagher, R. (2015) The SuDS Manual. Department for Environment Food and Rural Affairs (Departament Środowiska, Żywności i Spraw Wiejskich). CIRIA 2015,
<https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/filtration/filter-strips.html>



| ARKUSZ INFORMACYJNY: OCZYSZCZALNIA HYDROFITOWA Z PRZEPLYWEM PODPOWIERZCHNIOWYM | |
|--|---|
| OPIS | <p>Oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem podpowierzchniowym to systemy, w których woda burzowa przepływa przez porowate podłoże o wybranym rozmiarze (zwykle piasek lub żwir).</p> <p>Dobrze znanym zastosowaniem oczyszczalni hydrofitowej z przepływem podpowierzchniowym do oczyszczania wód opadowych jest oczyszczalnia z przepływem pionowym z warstwą piasku pełniącym rolę materiału filtracyjnego (do którego dodaje się 20-30% obj. CaCO₃), warstwy drenażowej ze żwiru i rur drenażowych zainstalowanych poniżej właściwej części oczyszczalni, oczyszczających wody opadowe przed ich odprowadzeniem do jednolitej części wód. Oczyszczalnia z przepływem pionowym jest uszczelniona membraną, która chroni znajdujące się poniżej warstwy gleby i wody gruntowe przed zanieczyszczeniem. Jest ona obsadzona trzcina, aby uniknąć utwardzania się powierzchni</p> |
| FUNKCJA | Redukcja przepływów szczytowych i oczyszczanie wód opadowych poprzez filtrację, adsorpcję i biodegradację zanieczyszczeń w części z przepływem pionowym |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | Odpowiednie dla miejsc o łagodnym nachyleniu i stabilnym podłożu |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | <p>Wysoka zdolność oczyszczania zanieczyszczeń w wyniku procesów biodegradacji, adsorpcji roślinnej i sedymentacji. Bardzo dobrze oczyszczają wodę</p> <p>Oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem podpowierzchniowym w tym oczyszczalnie z przepływem pionowym, mogą być również z powodzeniem stosowane do oczyszczania przelewów kanalizacji ogólnospławnej, w których woda burzowa miesza się ze ściekami</p> |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Wymagana powierzchnia dla oczyszczalni z przepływem pionowym wynosi ok. 2% powiązanej powierzchni nieprzepuszczalnej obszaru zlewni• Częstotliwość przepelnienia: $n = 0,1/a$ (przy oczyszczaniu pełnoprzepływowym); obciążenie wstępne przez strukturę rozdzielającą na wlocie etapu wstępnego• Dławione natężenie przepływu w oczyszczalni z przepływem pionowym jest dobierane w zależności od celu oczyszczania i wynosi zwykle od 0,01 do 0,05 l/s na m² powierzchni oczyszczalni z przepływem pionowym |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Ze względu na wysoką skuteczność oczyszczania oczyszczalnie hydrofitowe z przepływem podpowierzchniowym są z reguły stosowane tam, gdzie najważniejsza jest jakość wody• Duże obszary otwartej przestrzeni, ale małe oczyszczalnie hydrofitowe mogą być również wkomponowane w krajobraz miejski• Nowe inwestycje i przebudowy |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Wysoka skuteczność usuwania zanieczyszczeń• Redukcja przepływu szczytowego• Podniesienie jakości przestrzeni otwartych |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|--|
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">Bardziej odpowiednie dla obszarów podmiejskich, gdzie są dostępne większe obszary |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | <ul style="list-style-type: none">System z przepływem podpowierzchniowym można łączyć z oczyszczalnią hydrofitową o przepływie powierzchniowym, zwłaszcza jeśli celem jest osiągnięcie innych korzyści ubocznych (np. zwiększenie różnorodności biologicznej, miejsca rekreacji, zmniejszenie objętości przepływu) |
| KONSERWACJA | Skuteczność oczyszczania zależy w dużej mierze od regularnych konserwacji i inspekcji oczyszczalni hydrofitowej Czyszczenie elementów służących podczyszczaniu (np. usuwanie piasku, jeśli jest stosowane) raz w roku Wycinka trzciny (2 - 3 lata po uruchomieniu) i pielęgnacja zieleni raz w roku |
| KOSZTY | Zużycie zasobów i koszty (inwestycyjne i eksploatacyjne) są stosunkowo niskie ze względu na duży obszar powiązany Niskie koszty utrzymania |

WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE

| | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Niskie |
| Spowolnienie spływu | Wysokie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Średnie |
| Jakość oczyszczania wody | Wysokie |
| Magazynowanie wody | Niskie |
| Zasilanie wód gruntowych | Brak |
| Różnorodność biologiczna | Średnie |
| Potencjał estetyczny | Średnie |

Odniesienia

MUNLV 2015, Retentionsbodenfilter. Handbuch für Planung, Bau und Betrieb. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen. 2 Auflage.

https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/retentionbodenfilter_handbuch.pdf

KURAS. Konceptje zagospodarowania miejskiej wody deszczowej, systemów odwadniających i kanalizacyjnych. Projekt badawczy: 2013-2016. Finansowane przez niemieckie Federalne Ministerstwo Edukacji i Badań Naukowych w ramach działania „Inteligentne i wielofunkcyjne systemy infrastrukturalne dla zrównoważonego zaopatrzenia w wodę, kanalizacji i zarządzania wodami opadowymi” (INIS).

http://www.kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumenten_Verwaltung/pdf/Steckbrief_12_Retentionsbodenfilter.pdf



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

Langergraber, G., Dotro, G., Nivala, J., Rizzo, A., & Stein, O. R. (red.) (2020) Wetland Technology: Practical Information on the Design and Application of Treatment Wetlands. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781789060171>

Rizzo, A., Tondera, K., Pálffy, T.G., Dittmer, U., Meyer, D., Schreiber, C., Zacharias, N., Ruppelt, J.P., Esser, D., Molle, P., Troesch, S., Masi F. (2020) Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment: A state-of-the-art review. Science of The Total Environment, s.138618



| ARKUSZ INFORMACYJNY: INFILTRACJA PRZEZ SYSTEM MIESZANY MULDA CHŁONNA+RÓW INFILTRACYJNY | |
|--|---|
| OPIS | Połączenie retencji powierzchniowej i oczyszczania w muldzie chłonnej z nasadzeniami oraz retencji podziemnej w rowie wypełnionym kamieniami. Woda przedostaje się przez górną warstwę gleby do przepuszczalnej strefy rowu, gdzie jest infiltrowana do głębszych warstw lub odprowadzana do jednolitej części wód powierzchniowych albo kanalizacji. W przypadku wyczerpania pojemności muldy, można wykonać przelew z kanału bezpośrednio do rowu |
| FUNKCJA | Redukcja przepływu szczytowego i oczyszczanie spływu poprzez infiltrację, czasowe magazynowanie pod ziemią, adsorpcję i biodegradację w glebie |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Nadaje się do miejsc, w których przestrzeń jest ograniczona• Systemy mieszane mulda chłonna+row infiltracyjny zajmują mniej miejsca niż systemy infiltracji powierzchniowej lub przez muldę, około 10% powierzchni zlewni• Odpowiednie dla miejsc o niskiej przepuszczalności gleby, takich jak gleba gliniasta ($K_f < 10^{-6}$ m/s) |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Zapewnienie dobrego oczyszczania wody deszczowej poprzez przenikanie wody do podłoża gruntowego i żwirowego |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Warstwa wierzchniej warstwy gleby (30 cm) i warstwa żwiru (5 cm) między rowem infiltracyjnym a muldą chłonną• Rów jako zbiornik retencyjny wypełniony żwirem (wielkość ziaren 16/32 mm) lub skrzynkami z tworzywa sztucznego i rurą odwadniającą• Studzienka dławiąca, z elementem dławiącym na końcu rury odwadniającej• Podczas szczytowego obciążenia hydraulicznego przelew awaryjny z kanału ściekowego do rowu może odciążyć muldę chłonną• Na końcu rury odwadniającej znajduje się urządzenie dławiące, które zapewnia opóźniony odpływ wody deszczowej z rowu do kanalizacji deszczowej• Zwykle osiąga się 50% współczynnik infiltracji, przy czym 10% wody deszczowej odparowuje, a 40% jest odprowadzane z przepływem dławionym do kanalizacji deszczowej• Rura odwadniająca powinna mieć minimalną średnicę 15 cm |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Na terenach mieszkalnych, handlowych i przemysłowych, gdzie przestrzeń jest ograniczona |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Kontrola przepływu szczytowego i objętości spływu• Zapewnienie tymczasowego magazynowania spływu• Dobre oczyszczanie wody• Zwiększenie zasilania wód podziemnych• Zwiększone możliwości ewaporacji dzięki roślinności• Poprawa jakości przestrzeni otwartych i architektury krajobrazu |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|---|
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">• Potencjalne niepowodzenie z powodu niewłaściwej lokalizacji, projektu i braku konserwacji, zwłaszcza jeśli w projekcie nie uwzględniono oczyszczania wstępnego• Podatne na zatykanie przez osady, jeśli nie są dobrze zaprojektowane• W zależności od warunków glebowych, zagospodarowania terenu i głębokości wód gruntowych może wystąpić ryzyko zanieczyszczenia wód gruntowych |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Możliwość połączenia z systemami zbierania wody deszczowej |
| KONSERWACJA | Wydatki na utrzymanie są podobne jak w przypadku muld chłonnych i rowów. Ważne jest, aby utrzymywać powierzchnię infiltracyjną i wloty w czystości, bez śmieci, osadów i innych materiałów. Jeśli zdolność infiltracji spada, trawę należy spulchnić. Rów nie wymaga wielu zabiegów konserwacyjnych, jeśli uwzględni się odpowiednie oczyszczanie wstępne (osadnik, pas buforowy). W regularnych odstępach czasu (co najmniej raz w roku) należy kontrolować studzienki pod kątem zatkania, a w razie potrzeby oczyścić je i przepłukać system rur odwadniających |
| KOSZTY | Zużycie zasobów znajduje się w średnim przedziale, podczas gdy koszty inwestycyjne są niskie |

WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE

| | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Średnie |
| Spowolnienie spływu | Niskie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Wysokie |
| Jakość oczyszczania wody | Wysokie |
| Magazynowanie wody | Średnie |
| Zasilanie wód gruntowych | Wysokie |
| Różnorodność biologiczna | Niskie |
| Potencjał estetyczny | Niskie |

Odniesienia

Ingvertsen, S. T., Sommer, H., Cederkvist, K., Régent, Y., Jensen, M.B. and Magid, J. Infiltration and treatment of urban stormwater: how well do swale-trench systems work? NOVATECH 2010. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1005.3950&rep=rep1&type=pdf>

Sieker, H (2018) Planungshilfe für eine dezentrale Strassenentwässerung. <https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/wasser/download/planungshilfe.pdf>



| ARKUSZ INFORMACYJNY: MULDY CHŁONNE Z NASADZENIAMI | |
|---|--|
| OPIS | Otwarte, szerokie i płytkie kanały, zwykle porośnięte trawą, które odprowadzają wodę deszczową z powierzchni uszczelnionych, oczyszczają ją, filtrują i infiltrują do gruntu. Roślinność pomaga w zatrzymywaniu zanieczyszczeń i zmniejszaniu prędkości spływu wód opadowych. |
| FUNKCJA | Czasowe magazynowanie spływu i późniejsza infiltracja powierzchniowa przez wierzchnią warstwę gleby porośniętą roślinnością |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Odpowiednie dla obszarów, gdzie nie ma wystarczającej ilości miejsca na infiltrację powierzchniową• Muldy chłonne są zwykle odpowiednie dla małych zlewni z nieprzepuszczalnymi nawierzchniami• Odpowiednie dla miejsc, które nie są płaskie lub w których występują strome nachylenia• Najlepiej umiejscawiać je blisko źródła• Wymagana jest gleba o dobrej przepuszczalności: współczynnik infiltracji (K_f) do 1×10^{-6} m/s |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Dobra i naturalna skuteczność oczyszczania biologicznego dzięki przenikaniu wody przez podłoże. Dobra jakość oczyszczania |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Decydującym parametrem jest powiązany obszar zlewni. Zasadą jest, że całkowita powierzchnia muldy chłonnej powinna wynosić około 10-20% powierzchni, z której spływ jest odprowadzany do muldy.• Maksymalna głębokość muldy: 30 cm• Maksymalne nachylenie zbocza 1:2• Muldy chłonne z nasadzeniami należy projektować z dnem o szerokości 0,5 - 2 m, aby umożliwić płytkie przepływy i odpowiednie oczyszczanie wody• Projektowane objętości przyjętego spływu powinny zostać w połowie odprowadzone w ciągu 24 godzin, aby uniknąć gromadzenia się wody• Zaleca się stosowanie spadków podłużnych od 1% do 4%• Wierzchnia warstwa gleby z podłożem (zwykle trawą): > 10 cm. Aby uzyskać dobrą wydajność oczyszczania zalecane jest ok. 30 cm |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Szerokie zastosowanie na terenach mieszkalnych, handlowych i przemysłowych, gdzie ze względu na ograniczoną przestrzeń nie ma możliwości zastosowania infiltracji powierzchniowej• Szczególnie nadaje się do stosowania w podłożu o dobrej i umiarkowanej przepuszczalności• Zapewnienie skutecznego odwodnienia spływów z dachów, dróg liniowych, chodników, autostrad i parkingów |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Zmniejszenie przepływu szczytowego do jednolitej części wód• Zmniejszenie natężenia i objętości odpływu• Dobre usuwanie zanieczyszczeń• Niskie koszty utrzymania i nakłady techniczne• Łatwe do wkomponowania w krajobraz i otwarte przestrzenie publiczne |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|---|
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none"> • Zapewnienie siedlisk dla dzikiej fauny i flory oraz wzbogacenie naturalnego krajobrazu • Zwiększenie estetyki i wartości terenu |
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none"> • Problemy z zastosowaniem w gęstej zabudowie miejskiej, gdzie przestrzeń jest ograniczona • Zasadniczo służą do usuwania zanieczyszczenia podczas częstych, niezbyt intensywnych opadów; w przypadku intensywnych opadów mogą być niepraktyczne • Należy podjąć starania w celu uniknięcia erozji |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Z metodami wstępnego oczyszczania, takim jak pasy buforowe. W przypadku podłoży o niskim potencjale infiltracji możliwe jest połączenie z systemem rowów infiltracyjnych |
| KONSERWACJA | Minimalne wymagania w zakresie konserwacji. Trwałość odpowiednio zaprojektowanych i regularnie pielęgnowanych muld chłonnych z nasadzeniami jest bardzo długa. Cele konserwacyjne obejmują utrzymanie wydajności hydraulicznej i usuwania zanieczyszczeń oraz utrzymanie gęstej i zdrowej pokrywy trawiastej. Inne czynności związane z utrzymaniem obejmują okresowe koszenie, odchwaszczanie, usuwanie śmieci/odpadów i zatorów |
| KOSZTY | Technologia niskonakładowa. Koszty inwestycyjne i utrzymania mogą się różnić w zależności od konstrukcji muldy i zmienności terenu |

WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE

| | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Średnie |
| Spowolnienie spływu | Wysokie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Wysokie |
| Jakość oczyszczania wody | Średnie |
| Magazynowanie wody | Niskie |
| Zasilanie wód gruntowych | Średnie |
| Różnorodność biologiczna | Średnie |
| Potencjał estetyczny | Średnie |

Odniesienia

Anglian Water. Towards sustainable water stewardship. Sustainable drainage systems (SUDS) adoption manual. Anglian Water Services limited.

https://www.anglianwater.co.uk/siteassets/developers/aw_suds_manual_aw_fp_web.pdf

NWRM. Natural Water Retention Measures (NWRM). Dyrekcja Generalna ds. Środowiska UE. <http://nwrp.eu/>

Sieker - Die Regenwasserexperten: <https://www.sieker.de/de/home.html>

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott T., Ashley, R. i Kellagher, R. (2015) The SuDS Manual. Department for Environment, Food and Rural Affairs. CIRIA 2015, https://www.susdrain.org/resources/SuDS_Manual.html



| ARKUSZ INFORMACYJNY: NAWIERZCHNIE PRZEPUSZCZALNE | |
|--|--|
| OPIS | Infiltracja powierzchniowa przez przepuszczalne lub porowate nawierzchnie umożliwiające infiltrację wody deszczowej do gruntu przez kilka warstw różnych drobnoziarnistych materiałów. Do najczęściej stosowanych materiałów należą beton przepuszczalny, asfalt porowaty, kostka brukowa i betonowe płyty ażurowe |
| FUNKCJA | Zmniejszenie szczytowego natężenia spływu poprzez infiltrację i tymczasowe magazynowanie wody deszczowej przed przesiąknięciem w głąb gleby |
| MIEJSCE I KRYTERIA WYBORU | <ul style="list-style-type: none">• Najskuteczniejsze, gdy są stosowane na początku ciągu ZSD• Lokalizacja powinna uwzględniać bliskość istniejących elementów, takich jak prywatne źródła wody i otwarte kanały• Poszczególne rodzaje nawierzchni przepuszczalnych różnią się łatwością budowy i kosztami instalacji |
| WYDAJNOŚĆ OCZYSZCZANIA | Wydajność oczyszczania umiarkowana do wysokiej |
| WYMIAROWANIE | <ul style="list-style-type: none">• Konstrukcja różni się znacznie w zależności od rodzaju użytego materiału oraz od tego, czy w danym miejscu dozwolona jest infiltracja. Aby zwiększyć objętość spływu, który może być kierowany do kostki brukowej, można pod nimi zastosować rurę odwadniającą i warstwę drenażową• Projekt hydrauliczny musi zapewniać magazynowanie wody w oparciu o zależność między opadem a odpływem w czasie opadów• Zlewnia nawierzchni przepuszczalnej to na ogół obszar samej nawierzchni, ponieważ przechwytyuje ona deszcz, który spada bezpośrednio na nią, np. na parking lub drogę• Obszar zlewni do nawierzchni przepuszczalnych nie powinien przekraczać dwukrotnej powierzchni ostatecznej nawierzchni |
| OBSZARY ZASTOSOWAŃ | <ul style="list-style-type: none">• Najczęściej stosowane na drogach, podjazdach, parkingach, chodnikach, kortach tenisowych, placach zabaw i nawierzchniach ulic o małym natężeniu ruchu• Coraz częściej stosowane na obszarach miejskich, gdzie tereny pod zabudowę są przeważnie utwardzone, a nieprzepuszczalne nawierzchnie można zastąpić nawierzchniami przepuszczalnymi w celu zwiększenia infiltracji |
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Kontrola wód opadowych u źródła i zmniejszenie przepływu szczytowego• Poprawa jakości wody poprzez filtrowanie zanieczyszczeń podczas przenikania wody przez podpowierzchniowe warstwy gleby• Zapewnienie tymczasowego magazynowania wody na potrzeby przepływów szczytowych• Nawierzchnia przepuszczalna stanowi zazwyczaj pierwszy etap zarządzania spływem, przechwytyując spływ bezpośrednio z obszarów nieprzepuszczalnych lub o niskiej przepuszczalności. W związku z tym nie jest wymagane podczyszczanie |



Katalog tematyczny 2 - ANEKS

| | |
|---------------------|---|
| KORZYŚCI | <ul style="list-style-type: none">• Utrzymanie dostępu dla pojazdów i ruchu pieszego i odpowiedniej wytrzymałości na taki ruch• Nie jest wymagane pozyskanie terenu, ponieważ nawierzchnia przepuszczalna zastępuje powierzchnię nieprzepuszczalną |
| OGRANICZENIA | <ul style="list-style-type: none">• Tam, gdzie istnieje obawa zanieczyszczenia wód gruntowych, należy zastosować nieprzepuszczalną membranę, a oczyszczone wody opadowe odprowadzić do odpowiedniego systemu odwadniającego• Nie zaleca się stosowania w miejscach, gdzie przepuszczalność gleby jest niska, a poziom wód gruntowych wysoki (poniżej 1 m) |
| MOŻLIWOŚCI ŁĄCZENIA | Możliwość połączenia z przyległą muldą chłonną lub niecką infiltracyjną |
| KONSERWACJA | Ich skuteczność, zwłaszcza podczas i po intensywnych opadach deszczu, zależy w dużej mierze od przeprowadzania regularnych przeglądów i konserwacji; monitorowanie nawierzchni pod kątem wzrostu chwastów i gromadzenia się osadów; naprawa uszkodzonych płyt i wyściółek. Czyszczenie systemu raz w roku, aby zapobiec zatykaniu i utrzymanie porowatości materiału |
| KOSZTY | Koszty inwestycyjne są bardzo zróżnicowane, co wynika z różnorodności podejść projektowych i dostępnych materiałów budowlanych. Koszty ponoszone na nawierzchnie przepuszczalne w całym cyklu życia są niższe niż w przypadku tradycyjnych nawierzchni z uwagi na to, że wyższe koszty inwestycyjne są rekompensowane przez dużo niższe koszty utrzymania (od 1 do 5 €/m ² /rok). Koszty inwestycyjne są bardzo zróżnicowane (od 40 do 90 €/m ²), w zależności od podejścia projektowego i materiałów budowlanych. Koszty można znacznie obniżyć przez wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu. |

WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE

| | |
|--------------------------------|---------|
| Redukcja przepływu szczytowego | Wysokie |
| Zmniejszenie objętości | Średnie |
| Spowolnienie sptywu | Wysokie |
| Zatrzymywanie zawiesin | Średnie |
| Jakość oczyszczania wody | Średnie |
| Magazynowanie wody | Średnie |
| Zasilanie wód gruntowych | Średnie |
| Różnorodność biologiczna | Niskie |
| Potencjał estetyczny | Niskie |



Odniesienia

Dierkes, C. Lucke, T. i Helmreich, B. (2015) General Technical Approvals for Decentralised Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) - The Current Situation in Germany. Sustainability 2015, 7: 3031-3051.

Rural Sustainable Drainage Systems (RSuDS) (2012) Environment Agency, UK [Agencja Ochrony Środowiska, Wielka Brytania].

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291508/scho0612buwh-e-e.pdf

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott T., Ashley, R. i Kellagher, R. (2015) The SuDS Manual. Department for Environment Food and Rural Affairs (Departament Środowiska, Żywności i Spraw Wiejskich). CIRIA 2015, https://www.susdrain.org/resources/SuDS_Manual.html



Katalog tematyczny 3
Inteligentne narzędzia do zarządzania sprzyjające
stosowaniu zamkniętego obiegu wody w miastach



Spis treści

| | |
|---|------------|
| 1. WPROWADZENIE | 194 |
| 2. SYSTEM USTALANIA CEN WODY | 195 |
| 2.1. TARYFY ZA WODĘ I ŚCIEKI | 196 |
| 2.2. REGULACJE I GŁÓWNI INTERESARIUSZE | 198 |
| 2.3. PROJEKTOWANIE TARYF ZA WODĘ I ŚCIEKI | 198 |
| 2.3.1. Opłata stała | 200 |
| 2.3.2. Taryfa stała zależna od wielkości zużycia | 200 |
| 2.3.3. Taryfy progresywne | 201 |
| 2.3.4. Taryfy degresywne | 203 |
| 2.4. PRZYKŁAD: PROJEKT NOWEJ TARYFY W BOLONII BLUEAP | 204 |
| 3. PROGRAMY OCHRONY ZASOBÓW WODNYCH | 207 |
| 3.1. DOBROWOLNY PROGRAM METER-SAVE W CHICAGO | 207 |
| 3.2. WSPÓLPROJEKTOWANIE Z OBYWATELAMI - START PARK, PRATO - WŁOCHY | 208 |
| 3.3. PODEJŚCIE DO MODELOWANIA PARTYCYPACYJNEGO NA POTRZEBY ZRÓWNOWAŻONEGO ZARZĄDZANIA WODĄ W MIEŚCIE, EBBSFLEET GARDEN CITY, UK | 209 |
| 4. MONITOROWANIE OBIEGU WODY | 213 |
| 4.1. INTELIGENTNE PODEJŚCIE DO MONITOROWANIA ZBIERANIA WODY DESZCZOWEJ | 214 |
| 4.2. JAKOŚĆ WODY W SYSTEMACH ZBIERANIA WODY DESZCZOWEJ | 215 |
| 4.3. PRZEKSZTAŁCANIE DANYCH Z INTELIGENTNYCH WODOMIERZY W UŻYTECZNE INFORMACJE | 217 |
| 4.4. PROGNOZOWANIE ZUŻYCIA WODY W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH NA PODSTAWIE ODCZYTÓW Z INTELIGENTNYCH WODOMIERZY | 218 |



Spis treści

| | |
|---|------------|
| 5. ZACHĘTY I WSPARCIE FINANSOWE (DLA PROJEKTÓW ZWIĄZANYCH Z WODĄ Z RECYKLINGU U BUDOWĄ SYSTEMÓW ZBIERANIA) | 220 |
| 5.1. FINANSOWANIE DZIAŁAŃ ZWIĄZANYCH Z KLIMATEM: WZGLĘDY FINANSOWE I EKONOMICZNE | 221 |
| 5.1.1. Rodzaje inwestycji klimatycznych obejmujących projekty wodne | 223 |
| 5.1.2. Wielostronne finansowanie działań związanych z klimatem w zakresie gospodarki wodnej | 224 |
| 5.1.3. Finansowanie działań związanych z klimatem w zakresie gospodarki wodnej na szczeblu krajowym | 225 |
| 5.2. INSTRUMENTY FINANSOWE DLA WŁADZ MIEJSKICH | 227 |
| 5.2.1. Ulgi finansowe i podatkowe | 227 |
| 5.2.2. Dofinansowanie | 228 |
| 5.2.3. Budżety obywatelskie | 229 |
| 5.3. ZACHĘTY EKONOMICZNE DO OGRANICZANIA ZUŻYCIA WODY: STUDIUM PRZYPADKU MIASTA SÃO PAULO | 230 |
| 6. PROGRAMY EDUKACYJNE | 232 |
| 6.1. POPRAWA EDUKACJI W ZAKRESIE GOSPODARKI WODNEJ NA POIOMIE SZKOLINCTWA WYŻSZEGO | 232 |
| 6.2. PODJĘCIE KWESTII KSZTAŁCENIA ZAWODOWEGO I SZKOLENIA TECHNIKÓW DS. GOSPODARKI WODNEJ | 233 |
| 6.3. EDUKACJA DZIECI I MŁODZIEŻY W ZAKRESIE GOSPODARKI WODNEJ | 233 |
| 6.4. PODNOSZENIE POZIOMU ŚWIADOMOŚCI POPRZEZ NIEFORMALNĄ EDUKACJĘ W ZAKRESIE GOSPODARKI WODNEJ | 234 |
| 6.5. EDUKACJA NA RZECZ TRANSGRANICZNEJ WSPÓŁPRACY I ZARZĄDZANIA ZASOBAMI WODNYMI | 235 |
| 6.6. INTELIGENTNE URZĄDZENIA I GRYWALIZACJA | 235 |
| WNIOSKI | 238 |



1. Wprowadzenie

Projekt CWC ma na celu określenie i wprowadzenie innowacyjnego podejścia do gospodarki wodnej o obiegu zamkniętym. Podejście to, zwane Smart Water Governance (inteligentne zarządzanie zasobami wodnymi), ma na celu wspieranie aktywnego udziału i zaangażowania zainteresowanych podmiotów oraz efektywne wykorzystanie narzędzi technologicznych.

Należy podkreślić, że w przypadku takiej kwestii jak cyrkularna gospodarka wodna, jeśli interesariusze nie będą aktywnie współpracować, promowanie obiegu zamkniętego będzie trudne lub, co bardziej prawdopodobne, niemożliwe. Doświadczenie, współpraca i wzajemne wspieranie się są tu kluczowe, ponieważ zaangażowanych jest tu wiele podmiotów i aby uzyskać dobre wyniki, każdy z nich musi wykonywać swoje zadania. Ponadto, aby wdrożyć podejście wielodyscyplinarne, konieczny jest ich aktywny udział w planowaniu i zarządzaniu. Procesy decyzyjne, role i obowiązki muszą być przejrzyste i dzielone. Należy odpowiednio zmotywować interesariuszy, w tym obywateli, do uczestnictwa, także poprzez zapewnienie im odpowiednich narzędzi, stosownie do pełnionych ról. Inteligentne zarządzanie zasobami wodnymi może napotykać na przeszkody w postaci niewystarczającej wiedzy fachowej decydentów na ten temat, braku ram prawnych, słabego impulsu oddolnego ze strony obywateli oraz interesów firm i lobby.

Narzędzia technologiczne, oprócz ich oczywistego zastosowania w instalacjach technicznych, mogą zostać wykorzystane do zdobycia dodatkowej wiedzy i usprawnienia komunikacji, zwiększania świadomości obywateli oraz umożliwienia im gromadzenia i udostępniania danych. Inteligentne narzędzia monitorowania mogą także służyć do poprawy kontroli nad realizacją projektu oraz do dzielenia się procesami i rezultatami w przejrzysty sposób. Chociaż inteligentnego zarządzania zasobami wodnymi nie można zdefiniować jako ogólnego zestawu zasad i działań, wymieniliśmy 5 obszarów działań, które, odpowiednio wdrożone, mogą stanowić elementy inteligentnego zarządzania zasobami wodnymi.

Trzeci katalog tematyczny określa dla każdego obszaru działania cechy, narzędzia i właściwości, które należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu inteligentnego zarządzania zasobami wodnymi dla konkretnej lokalizacji.

Każdy obszar interwencji odnosi się do jednego lub więcej celów ogólnych CWC:

1. Recykling i ponowne wykorzystanie ścieków
2. Zwiększenie efektywności wykorzystania i dystrybucji wody
3. Zapewnienie utrzymania właściwej jakości wody w akwenach
4. Zatrzymanie wody na miejscu tak długo, jak to możliwe
5. Promowanie wielokrotnego wykorzystania wody i zrównoważonej gospodarki wodnej
6. Zachowanie przepływu w akwenach

Katalog obejmuje pięć kategorii działań, które składają się na inteligentne zarządzanie zasobami wodnymi:

1. System ustalania cen wody
2. Programy ochrony zasobów wodnych
3. Monitorowanie zbierania wody deszczowej i szarej wody: poziom ilościowy i jakościowy
4. Zachęty i wsparcie finansowe (dla projektów związanych z wodą z recyklingu i budową systemów zbierania)
5. Programy edukacyjne



W kolejnych rozdziałach przedstawiono ogólny przegląd aktualnego stanu wiedzy na temat każdej kategorii, w tym źródła informacji. W każdej kategorii skoncentrowano się na potencjalnych inteligentnych rozwiązaniach, które już są stosowane lub które można zastosować w celu zwiększenia obecnego stanu wiedzy, głównie dzięki wykorzystaniu nowych technologii i/lub zaangażowaniu interesariuszy.

2. System ustalania cen wody

(Główne źródło: Ricato Martina, Water Pricing, sswm.info, 2019)

„28 lipca 2010 roku Zgromadzenie Ogólne ONZ w rezolucji 64/292 wyraźnie uznało prawo człowieka do wody i urzędzeń sanitarnych potwierdzając, że czysta woda pitna i urzędzenia sanitarne są niezbędne do pełnego korzystania ze wszystkich praw człowieka. Rezolucja wzywa państwa i organizacje międzynarodowe do zapewnienia środków finansowych, pomocy w budowaniu potencjału i transferu technologii w celu wspierania poszczególnych państw, zwłaszcza rozwijających się, w zapewnieniu wszystkim obywatelom bezpiecznej, czystej, łatwo dostępnej i niedrogiej wody pitnej i urzędzeń sanitarnych.

W listopadzie 2002 roku Komitet do spraw Praw Ekonomicznych, Społecznych i Kulturalnych przyjął uwagę ogólną nr 15 dotyczącą prawa do wody. Artykuł I.1 stanowi, że „Prawo człowieka do wody jest niezbędne do życia w godności ludzkiej. Jest to warunek konieczny do realizacji innych praw człowieka”. Uwaga nr 15 definiuje również prawo do wody jako prawo każdego człowieka do wystarczającej ilości bezpiecznej, akceptowalnej, dostępnej fizycznie i po przystępnych cenach wody do użytku osobistego i domowego”.

Źródła: Rezolucja A/RES/64/292. Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych, lipiec 2010 roku. Uwaga ogólna nr 15. Prawo do wody. Komitet do spraw Praw Ekonomicznych, Społecznych i Kulturalnych ONZ, listopad 2002 r

Przy ustalaniu cen wody należy wyważyć dwa aspekty - prawo do wody jak i to, że pobór, uzdatnianie i dystrybucja wody są kosztowne.

Sprawiedliwe i równe ceny wody są ważne dla utrzymania i rozbudowy systemu wodno-sanitarnego. W wielu krajach konsumenci płacą zbyt mało, aby można było zapewnić ciągłość usług wodociągowych. Dochody z opłat za wodę nie wystarczają nawet na pokrycie kosztów eksploatacji i utrzymania sieci wodociągowej, co hamuje inwestycje w infrastrukturę.

Taryfy za wodę i ścieki determinują poziom przychodów, jakie usługodawcy otrzymują od użytkowników za odpowiednie uzdatnianie, oczyszczanie i dystrybucję wody studzkiej oraz za odbiór, oczyszczanie i odprowadzanie ścieków.

Ustalanie cen wody jest ważnym instrumentem ekonomicznym służącym poprawie efektywności wykorzystania wody, zwiększeniu sprawiedliwości społecznej oraz zapewnieniu stabilności finansowej przedsiębiorstw wodociągowych i operatorów.

Zalety

- Stwarza zachęty do efektywnego wykorzystania wody i ochrony jakości wody
- Opłaty stanowią sygnały cenowe dla użytkowników pokazujące im związek między zużyciem wody a jej niedoborem



- Opłaty za wodę pozwalają na uzyskanie środków finansowych, które można przeznaczyć na niezbędny rozwój i rozbudowę infrastruktury
- Opłaty za wodę mogą w perspektywie średnioterminowej sprzyjać zapewnieniu wszystkim obywatelom usług wodociągowych po przystępnej cenie

Wady

- Nie ma zgody co do celów ustalania cen wody i opracowywania taryf
- Ustalanie taryf jest procesem politycznym, który budzi wiele kontrowersji
- Ciężko jest uzyskać przejrzystość procesu ustalania taryf
- Projektowanie taryf jest złożonym procesem, który wymaga dużej ilości danych, aby można było uznać, że jest oparty na podstawach naukowych
- Nie istnieje coś takiego jak „naukowo optymalna taryfa”, a ustalanie taryf zawsze wiąże się z pewnym stopniem subiektywizmu
- Taryfy opłat za wodę mogą być trudne do zrozumienia dla konsumentów

2.1. Taryfy za wodę i ścieki

Taryfa za wodę to ustalona cena za wodę dostarczaną przez przedsiębiorstwo użyteczności publicznej, i zazwyczaj dotyczy zarówno dostarczania wody świeżej, jak i uzdatniania ścieków. Termin ten jest również często stosowany w odniesieniu do taryf za ścieki. Taryfy za wodę i ścieki określają warunki świadczenia usług oraz wysokość miesięcznych rachunków dla użytkowników wody w różnych kategoriach i klasach. Taryfy są często ustalane przez agencję regulacyjną w odniesieniu do odpowiedniego pozyskiwania, oczyszczania i dystrybucji wody słodkiej oraz późniejszego gromadzenia, oczyszczania i odprowadzania ścieków.

Taryfy za ścieki mogą stanowić stałą część taryfy za wodę lub mogą być ustalane oddzielnie. Stawki za wodę często zawierają pewne elementy służące rozwiązaniu problemu ubóstwa. Opłaty za podłączenie do sieci lub koszty instalacji pomp są zazwyczaj naliczane oddzielnie (Cardone i Fonseca 2004). Praktyki w zakresie ustalania taryf są bardzo zróżnicowane na całym świecie i nie ma zgody co do tego, która struktura taryfowa najlepiej równoważy cele przedsiębiorstwa użyteczności publicznej, konsumentów i społeczeństwa (Whittington 2002).

Dlaczego warto wprowadzić taryfę na wodę?

(Główne źródło: Rogers i in. 2001)

Często konsumenci płacą za usługi wodociągowe i kanalizacyjne mniej niż wynosi koszt samej usługi. Ludzie nie zdają sobie sprawy z rzeczywistych kosztów zapewnienia wody i urządzeń sanitarnych, ponieważ w przeszłości były one w znacznym stopniu dotowane przez rządy. Wynika to z faktu, że woda jest dobrem społecznym i była uważana za tani i obfity zasób. Jednak z uwagi na wzrost liczby ludności oraz zwiększającą się populację potrzebującą dostępu do usług wodociągowych, dostępność słodkiej wody w wielu regionach świata dramatycznie się zmniejsza.

Taryfy za wodę są instrumentami ekonomicznymi, które mogą pomóc w sprostaniu wyzwaniom związanym z zapewnieniem wszystkim obywatelom usług wodociągowych i kanalizacyjnych po przystępnej cenie oraz z ochroną zasobów wodnych. Odpowiednie taryfy za wodę stanowią czynniki zachęcające do zwiększenia stabilności usług wodociągowych i kanalizacyjnych oraz do bardziej efektywnego wykorzystania zasobów wodnych:

- Taryfy mogą generować przychody pozwalające na odzyskanie określonych kosztów (np. kosztów eksploatacji i utrzymania)



- Taryfy mogą generować środki finansowe potrzebne na niezbędny rozwój i rozbudowę infrastruktury, a także na oczyszczanie ścieków, tym samym gwarantując ochronę jakości wody
- Opłaty mogą stanowić sygnały cenowe dla użytkowników pokazujące im związek między zużyciem wody a jej niedoborem
- Konieczność płacenia za wodę może zachęcić ludzi do ograniczenia jej marnotrawstwa
- Subsydowanie taryf dla grup o niskich dochodach pozwala ubogim gospodarstwom domowym uzyskać dostęp do odpowiednich i przystępnych cenowo usług wodociągowych.

Jeśli usługi wodociągowe nie są finansowane z dochodów podatkowych pochodzących z innych sektorów, niezbędne jest zastosowanie odpowiednich taryf za wodę na cele zapewnienia sprawnego funkcjonowania systemów wodociągowych i kanalizacyjnych. Niski poziom odzyskiwania kosztów od użytkowników i z innych źródeł powoduje, że dochody są zbyt niskie, aby móc skutecznie i efektywnie obsługiwać i zarządzać usługami. Pociąga to za sobą to słabe możliwości inwestowania w tym sektorze, zarówno w formie inwestycji w ludzi, jak i inwestycji kapitałowych. W rezultacie jakość usług jest niska, co prowadzi do niezadowolenia użytkowników, a tym samym obniżenie płatności, co przy i tak już niskim poziomie zwrotu kosztów jeszcze bardziej pogarsza sytuację. (Cardone i Fonseca 2004).

Taryfy za wodę - kontrowersyjny temat

(Główne źródło: Cardone i Fonseca 2004)

Ustalanie cen wody jest tematem bardzo kontrowersyjnym, rodzącym szereg rozbieżności co do „właściwego” sposobu ich ustalania.

Taryfy za wodę są skutecznym narzędziem zarządzania, umożliwiającym osiągnięcie różnych celów w sektorze wodno-kanalizacyjnym. Ustalanie taryf jest jednak procesem politycznym, który budzi wiele kontrowersji. Niskie taryfy są często ustalane ze względów politycznych, a nie ze względu na zrównoważony rozwój gospodarczy. Darmowa woda może być z jednej strony postrzegana jako obietnica w kampanii wyborczej, która ma przynieść korzyści polityczne, ale z drugiej strony jako podstawowa usługa świadczona ubogim ludziom w celach społecznych.

Struktury taryfowe są często skomplikowane i trudne do zrozumienia dla konsumentów. Świadomość społeczeństwa jeśli chodzi o koszty dostarczania wody i usług sanitarnych jest niska, dlatego ludziom trudno jest ocenić, jaka cena będzie „sprawiedliwa” lub odpowiednia. Ponadto należy wziąć pod uwagę, że osoby ubogie, które nie mają dostępu do publicznej sieci wodociągowej już teraz płacą dużą część swoich dochodów w postaci nadmiernych opłat za wodę złej jakości od sprzedawców wody lub w postaci utraty produktywności z powodu straty czasu poświęcanego, głównie przez kobiety, na przynoszenie wody z odległych źródeł. Wiele osób ubogich byłoby skłonnych i zdolnych zapłacić za odpowiednie, tanie usługi, jeśli okazałoby się, że są one wygodne i niezawodne. Ponadto każda osoba musi mieć zagwarantowane prawo dostępu do wody jako podstawowe prawo ludzkości.

Nie ma zgody co do celów ustalania cen wody i opracowywania taryf. Metody ustalania taryf prowadzą do konfliktu jeśli chodzi o cele różnych interesariuszy: konsumenci potrzebują przystępnych cenowo i sprawiedliwych usług wodociągowych, natomiast przedsiębiorstwa użyteczności publicznej potrzebują stabilnych przychodów w celu odzyskania kosztów i uzyskania efektywności ekonomicznej. Sama struktura taryfowa nie jest w stanie zaspokoić wszystkich potrzeb.

Często brakuje danych empirycznych na temat tego, jak stosowanie różnych struktur taryfowych wpływa na zużycie wody przez różne klasy konsumentów oraz czy zmiany cen wpływają na decyzje klientów o podłączeniu (lub utrzymaniu przyłącza) do systemu dystrybucji wody.



Nie przeprowadza się badań rynkowych dla różnych struktur taryf za wodę. Konsumenci zazwyczaj nie biorą udziału w projektowaniu i ustalaniu struktur taryfowych i nie mogą odrzucić niewłaściwych struktur taryfowych, ponieważ są one zazwyczaj ustalane przez agencję regulacyjną (WHITTINGTON 2006).

2.2. Regulacje i główni interesariusze

(Główne źródło LE BLANC 2008)

Należy ustalić taryfy za wodę, a następnie okresowo je weryfikować i dostosowywać. Proces ten jest często złożony i może obejmować niektórych lub wszystkich wymienionych poniżej interesariuszy. W działania mogą być zaangażowane także zewnętrzne firmy konsultingowe, instytucje pożyczkowe i liderzy polityczni. Taryfa może być ustalana na podstawie wzoru zawartego w przepisach krajowych (np. na Ukrainie), które mogą być również administrowane i regulowane przez krajowy organ regulacyjny (np. w Kolumbii).

Na poziomie krajowym w określaniu środowiska, w którym prowadzona jest gospodarka wodno-kanalizacyjna, mają zazwyczaj udział następujące podmioty:

- Państwo (ministerstwa odpowiedzialne za sprawy wodno-kanalizacyjne, ministerstwa odpowiedzialne za programy socjalne w aspekcie dotacji);
- Agencja regulacyjna;
- Gminy, które zazwyczaj są odpowiedzialne za świadczenie podstawowych usług na swoim terenie i mogą być właścicielami lokalnych przedsiębiorstw użyteczności publicznej.
- Przedsiębiorstwa wodociągowe (publiczne lub prywatne);
- Alternatywni dostawcy (społeczności, podmioty sektora prywatnego);
- Konsumenci (gospodarstwa domowe, rolne, handlowe i przemysłowe), bezpośrednio lub przez pośredników (np. przedstawiciele społeczności).

2.3. Projektowanie taryf za wodę i ścieki

(Główne źródła: Whittington 2003, 2006; Cardone i Fonseca 2003, 2004)

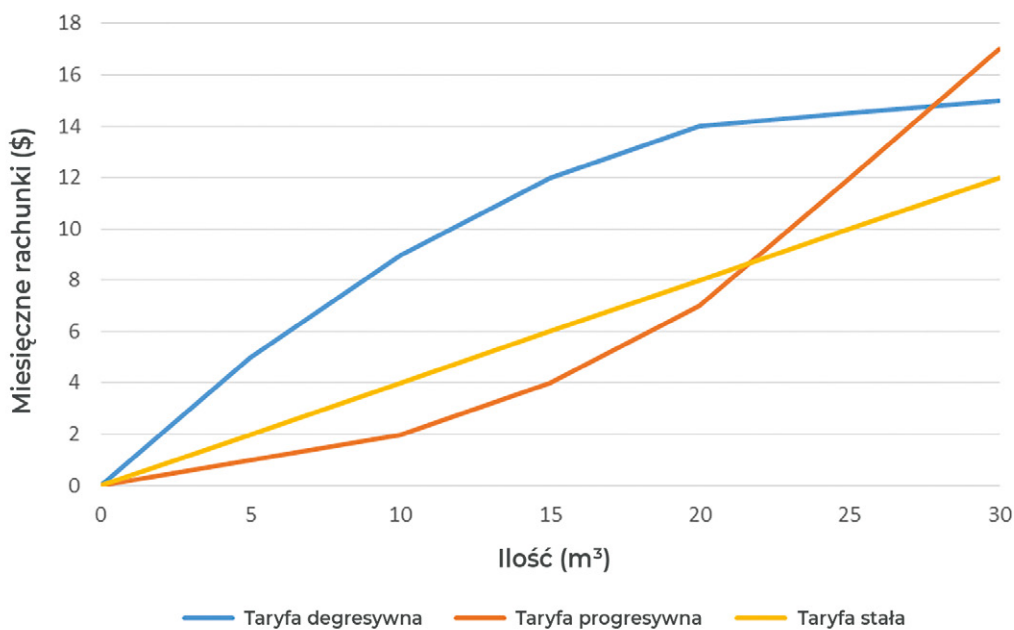
Taryfy za wodę i ścieki są zazwyczaj opracowywane jako taryfy jednoskładnikowe lub jako połączenie dwóch struktur taryfowych. Opłaty mogą być ustalane w zależności od ilości zużytej wody lub nie. W pierwszym przypadku konieczne jest opomiarowanie wody. Poniżej przedstawiono krótki przegląd taryf za wodę i ścieki, powszechnie stosowanych w przedsiębiorstwach wodociągowych:

- Opłata stała: miesięczny rachunek za wodę jest niezależny od ilości zużytej wody.
- Taryfa stała zależna od wielkości zużycia: opłaty zależne od wielkości zużycia wody (wymagane opomiarowanie). Wszystkie jednostki (metry sześciennie) są wyceniane według tej samej stawki, niezależnie od całkowitego zużycia.
- Taryfa progresywna: stawki zależne od progów zużycia (wymagane opomiarowanie). W przypadku tej taryfy opłata jednostkowa jest stała do określonego poziomu zużycia wody, a następnie wzrasta wraz ze wzrostem zużycia.
- Taryfa degresywna: jest przeciwieństwem taryfy progresywnej: stawka za jednostkę wody jest wysoka dla początkowego (niższego) progu zużycia i maleje wraz ze wzrostem wielkości zużycia



Katalog tematyczny 3

- Taryfy dwuskładnikowe: zawierają element opłaty stałej oraz opłatę zmienną zależną od ilości zużytej wody (np. taryfa progresywna lub taryfa stała). Taryfy dwuskładnikowe, szeroko promowane przez Bank Światowy, mają na celu odzyskanie kosztów i osiągnięcie efektywności ekonomicznej. Część stała odpowiada zazwyczaj stałym kosztom produkcji i obsługi, a część proporcjonalna może być dostosowana do kosztów krańcowych.



Miesięczny rachunek za wodę a ilość zużytej wody dla wybranych struktur taryfowych. Na rysunku przedstawiono, jak zmienia się miesięczny rachunek za wodę dla klienta w miarę wzrostu ilości zużywanej wody dla wybranych struktur taryfowych. Źródło: Zaadaptowano z Whittington 2006.

Taryfy za wodę są stosowane na różnych poziomach: mogą być ustalane na poziomie dostawcy usług lub przez władze krajowe (lub lokalne). Taryfy można podzielić na kategorie i klasy konsumenckie oraz opracować je w ramach polityki uwzględniającej różne potrzeby.

Decydenci polityczni muszą zdecydować, które cele mają najwyższy priorytet, i tam, gdzie to możliwe, wykorzystać szereg instrumentów do podjęcia decyzji.

W celu określenia rzeczywistych potrzeb lokalnych, kosztów świadczenia usług dobrej jakości oraz najlepszych sposobów odzyskiwania poniesionych kosztów koniecznym jest zaangażowanie społeczności lokalnych w proces ustalania taryf.



2.3.1. Opłata stała

W przypadku stałej opłaty za wodę odbiorca otrzymuje co miesiąc taki sam rachunek za wodę, niezależnie od wielkości zużycia. W przypadku braku wodomierzy, jedyną możliwą do zastosowania strukturą taryfową są stałe opłaty za wodę.

Takie opłaty są powszechne w krajach, w których historycznie wody było pod dostatkiem, a zatem nie było potrzeby stosowania wodomierzy w celu zachęcenia ludzi do ograniczenia zużycia wody. Jest to nadal dość powszechna forma opłat w krajach uprzemysłowionych, takich jak Kanada, Norwegia i Wielka Brytania (a do niedawna także Nowy Jork). Pomimo licznych okresów niedoboru wody, również w wielu małych i średnich miastach w Indiach można spotkać opłaty stałe, które nadal są tam najpowszechniejszym sposobem naliczania miesięcznego rachunku za wodę.

Sama opłata stała może być różna dla różnych gospodarstw domowych lub klas konsumentów, w zależności od ich charakterystyki. Parametrami pozwalającymi na ustalenie wysokości stałej opłaty są na przykład wyższe dochody i/lub większa zdolność płatnicza. W przeszłości ustalano wyższe opłaty stałe dla nieruchomości mieszkalnych o wysokiej wartości, wychodząc z założenia, że osoby o wyższych dochodach zwykle zużywają więcej wody i/lub mają większą zdolność do płacenia za zużywaną wodę. Z tego samego powodu powszechne jest przypisywanie podmiotom gospodarczym innej opłaty stałej niż dla gospodarstw domowych. Innym popularnym parametrem służącym do ustalania opłaty stałej jest średnica rury używanej przez odbiorcę do podłączenia do systemu dystrybucyjnego. Gospodarstwa domowe, które na ogół wymagają mniejszego otworu niż przyłącza dla większych firm (np. przedsiębiorstw, szpitali), mają zwykle niższą opłatę stałą.

Stała opłata za wodę oferuje pewne korzyści wynikające z jej prostoty oraz z faktu, że można ją stosować bez systemu wodomierzy, którego wdrożenie jest kosztowne. Z drugiej strony, przy stałej taryfie odbiorcy nie mają motywacji do oszczędzania wody, ponieważ większe zużycie wody nie powoduje wzrostu rachunku za wodę. Ponadto część wody może być sprzedawana po wysokich cenach przez sprzedawców ulicznych tym gospodarstwom domowym, które nie mają dostępu do kranów lub przyłączy. Z punktu widzenia zwrotu kosztów „opłata stała, która w danym momencie zapewnia wystarczające przychody, będzie coraz mniej wystarczająca w miarę rozwoju gospodarki i dochodów oraz wzrostu zużycia wody. Przedsiębiorstwa wodociągowe będą niechętnie rozszerzać zasięg terenowy świadczonych usług, ponieważ większa liczba klientów może oznaczać większe straty finansowe. Taryfy stałe stwarzają zatem szczególne ryzyko zamknięcia społeczności w pułapce niskiego poziomu równowagi [ang. low-level equilibrium trap] - niewielu klientów, niskie przychody i usługi słabej jakości”.

2.3.2. Taryfa stała zależna od wielkości zużycia

W przypadku stałej opłaty lub taryfy zależnej od wielkości zużycia wszystkie jednostki wody są wyceniane tak samo, niezależnie od ich wykorzystania, a odbiorcy ponoszą opłaty proporcjonalne do zużycia wody. W przypadku tego rodzaju taryfy wszyscy odbiorcy (domowi, przemysłowi i komercyjni) płacą tę samą stawkę jednostkową, a ich rachunek za wodę odpowiada bezpośrednio ilości zużytej wody. Warunkiem koniecznym do ustalenia stałej stawki zależnej od wielkości zużycia jest posiadanie przez odbiorców opomiarowanego przyłącza do sieci wodociągowej. Stała taryfa zależna od wielkości zużycia może być opracowana jako taryfa jednoskładnikowa lub jako taryfa dwuskładnikowa połączona z opłatą stałą. Ten rodzaj taryfy jest najczęściej stosowany w krajach OECD i jest bardzo rozpowszechniony na całym świecie. Systemy opłat zależnych od wielkości zużycia mają kilka zalet: przede wszystkim są łatwe do zrozumienia dla konsumentów - ponieważ w ten sposób ustalana jest cena większości innych towarów - a ponadto zapewniają konsumentom jasny sygnał na temat kosztów dostarczania im dodatkowej wody. Ponadto taryfa ta wprowadza koncepcję oszczędzania wody, ponieważ rachunek za wodę wzrasta wraz z jej zużyciem.



Stała opłata zależna od wielkości zużycia ma zastosowanie wszędzie tam, gdzie dostarczana jest woda i/lub odbierane są ścieki oraz gdzie zainstalowany jest system wodomierzy. Taryfa stała może być ustalona na poziomie dostawcy usług albo przez władze krajowe lub lokalne. W celu określenia rzeczywistych potrzeb lokalnych, kosztów świadczenia usług dobrej jakości oraz najlepszych sposobów odzyskiwania poniesionych kosztów koniecznym jest zaangażowanie społeczności lokalnych w proces ustalania taryf.

2.3.3. Taryfy progresywne

Taryfy za wodę i ścieki określają poziom przychodów, jakie dostawcy usług otrzymują od użytkowników w scentralizowanych lub pół-scentralizowanych systemach za odpowiednie pozyskiwanie, oczyszczanie i dystrybucję wody słodkiej oraz późniejsze gromadzenie, oczyszczanie i odprowadzanie ścieków.

Ustalanie cen wody jest ważnym instrumentem ekonomicznym służącym poprawie efektywności wykorzystania wody, zwiększeniu sprawiedliwości społecznej oraz zapewnieniu stabilności finansowej przedsiębiorstw wodociągowych i operatorów. Praktyki w zakresie ustalania taryf są bardzo zróżnicowane na całym świecie. W tym miejscu przedstawimy taryfę progresywną jako rodzaj rosnącej opłaty zależnej od wielkości zużycia, powszechnie stosowanej w wielu krajach.

Zalety

- Zapewnienie zwrotu kosztów dzięki dobrze zaprojektowanym progom taryfowym
- Podłączone do sieci gospodarstwa domowe o niskiej zamożności otrzymują wodę po przystępnych cenach
- Sprzyja oszczędzaniu wody

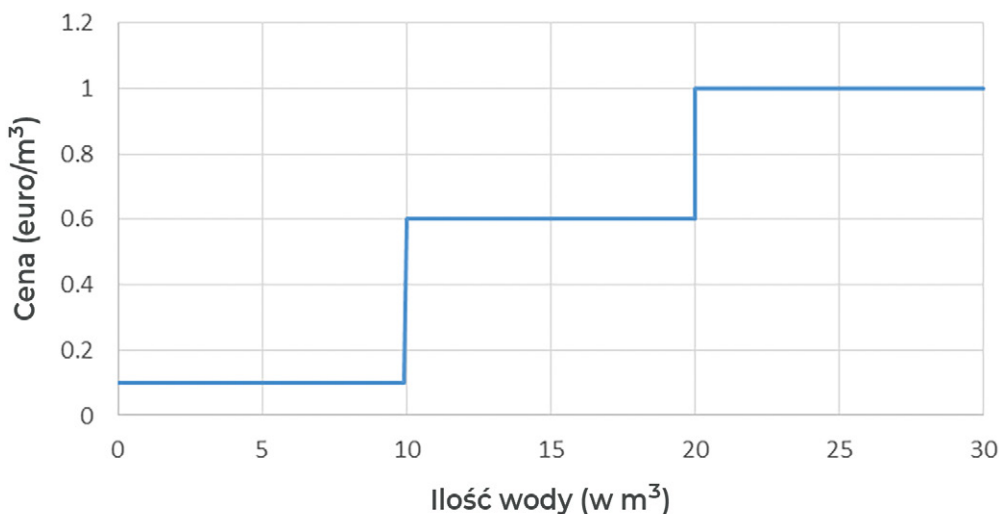
Wady

- Projektowanie taryf jest złożonym zagadnieniem
- Trudne do wdrożenia, zwłaszcza w przypadku braku wodomierzy
- Stawia w niekorzystnej sytuacji ubogie rodziny żyjące w dużych gospodarstwach i/lub z dzielonym przyłączem

Przy taryfach progresywnych stawka za jednostkę wody wzrasta wraz ze wzrostem zużycia. Konsumenci płacą niską stawkę do momentu przekroczenia pierwszego progu, następnie wyższą do przekroczenia drugiego progu, i tak dalej aż do najwyższego progu. Przy najwyższym progu konsumenci mogą zużywać tyle wody, ile chcą, ale za każdą dodatkowo użytą jednostkę wody naliczana jest najwyższa stawka taryfowa. Taryfy progresywne są zdecydowanie najbardziej powszechną metodą naliczania opłat za usługi wodociągowe. Są one stosowane w krajach, w których historycznie brakowało wody, np. w Hiszpanii i na Bliskim Wschodzie, a także są szeroko rozpowszechnione w krajach rozwijających się.



Taryfy progresywne



Na wykresie pokazano, jak zmienia się cena wody dla konsumenta wraz ze wzrostem zużycia wody w taryfie progresywnej. Źródło: Zaadaptowano z WHITTINGTON (2006)

W celu zaprojektowania struktury taryfy progresywnej, organ regulacyjny musi dla każdej kategorii korzystania z wody określić:

- Liczbę progów
- Limity zużycia wody dla każdego progu
- Stawki za zużycie wody w tych progach
- Projektowanie progów jest zazwyczaj oparte na modelu zużycia wody przez społeczeństwo oraz na zużyciu wody na osobę.

Idealna progresywna struktura taryfowa zawierałaby trzy progi:

- Próg „socjalny” odpowiadający minimalnemu zużyciu (np. 4 do 5 m³ na miesiąc i gospodarstwo domowe (5 osób), odpowiadające minimalnym potrzebom)
- Próg „normalny” odpowiadający średniemu zużyciu określone na podstawie kosztu krańcowego (np. od 5 do 12 lub 15 m³ miesięcznie dla standardowej pięcioosobowej rodziny)
- Próg „wysoki” powyżej 12 lub 15 m³ na miesiąc, ustalony po cenie mającej na celu sfinansowanie pełnego kosztu usługi

Stawki dla pierwszego progu są zwykle ustalane poniżej kosztów. Celem jest zapewnienie osobom ubogim dostępu do wody po przystępnej cenie, przy jednoczesnym pobieraniu najwyższych opłat od bogatszych klientów i przedsiębiorstw, o których wiadomo, że zużywają więcej wody i są w stanie więcej zapłacić. Poprzez naliczanie wyższych stawek za wysokie zużycie, taryfy progresywne mają również zniechęcać do nadmiernego zużycia wody. Taryfy progresywne mogą być również opracowane jako taryfy dwuskładnikowe. W takim przypadku, oprócz taryfy zmiennej zależnej od zużycia, wszystkim odbiorcom naliczana jest także stała opłata miesięczna.

W rzeczywistości taryfy zakładające progi zużycia są często bardziej złożone, a proces ich opracowywania nie zawsze jest przejrzysty. Określenie progu socjalnego jest kwestią delikatną, ponieważ niesie ze sobą wiele implikacji społecznych. Organy regulacyjne mogą niechętnie ograniczać wielkość pierwszego progu ze względu na naciski polityczne.



W niektórych przypadkach taryfy progresywne mogą skutkować niepożądanymi konsekwencjami w przypadku ubogich osób. Teoretycznie gospodarstwa domowe o niskich dochodach, posiadające prywatne, opomiarowane przyłącze, zyskują na subsydiowanej stawce, jednak jeśli kilka ubogich gospodarstw korzysta z jednego przyłącza - co jest na przykład bardzo powszechne w Indiach - powoduje to wyższe zużycie, a tym samym wzrost stawek, co z kolei oznacza, że w rezultacie ubogie gospodarstwa płacą więcej niż lepiej sytuowani użytkownicy.

Taryfy progresywne mogą być zastosowane wszędzie tam, gdzie dostarczana jest woda i/lub odbierane są ścieki. Wymagane jest jednak opomiarowanie zużycia. Takie taryfy mogą być ustalane na poziomie dostawcy usług albo przez władze krajowe lub lokalne. W celu określenia rzeczywistych potrzeb lokalnych, kosztów świadczenia usług dobrej jakości oraz najlepszych sposobów odzyskiwania poniesionych kosztów niezbędne jest zaangażowanie społeczności lokalnych w proces ustalania taryf.

2.3.4. Taryfy degresywne

W przypadku taryf degresywnych stawka za jednostkę wody jest wysoka dla początkowego (niższego) progu zużycia i maleje wraz ze wzrostem zużycia.

Ten rodzaj struktury taryfowej został opracowany, ponieważ „przy obfitych zasobach wody surowej, więksi odbiorcy przemysłowi często generują niższe koszty średnie, ponieważ umożliwiają przedsiębiorstwu użyteczności publicznej wykorzystanie korzyści skali w zakresie zagospodarowania źródeł wody oraz przesyłu i uzdatniania. Ponadto użytkownicy przemysłowi zazwyczaj zaopatrują się w wodę z większych magistrali, a zatem nie wymagają rozbudowy sieci dystrybucyjnych w sąsiedztwie”.

Dobrze opracowane taryfy malejące umożliwiają odzyskanie przez przedsiębiorstwa użyteczności publicznej ponoszonych przez nich kosztów. Są one jednak niekorzystne dla konsumentów zużywających mniejsze ilości wody i są czynnikiem zniechęcającym do ograniczania marnotrawstwa wody. Istnieje tendencja do odchodzenia od tego rodzaju taryf, głównie dlatego, że ochrona zasobów wodnych znalazła swoje miejsce w programie politycznym wielu rządów, a koszty krańcowe dostarczania wody są obecnie stosunkowo wysokie w wielu krajach, w związku z czym taryfy malejące nie są już bardziej opłacalne dla przedsiębiorstw użyteczności publicznej.

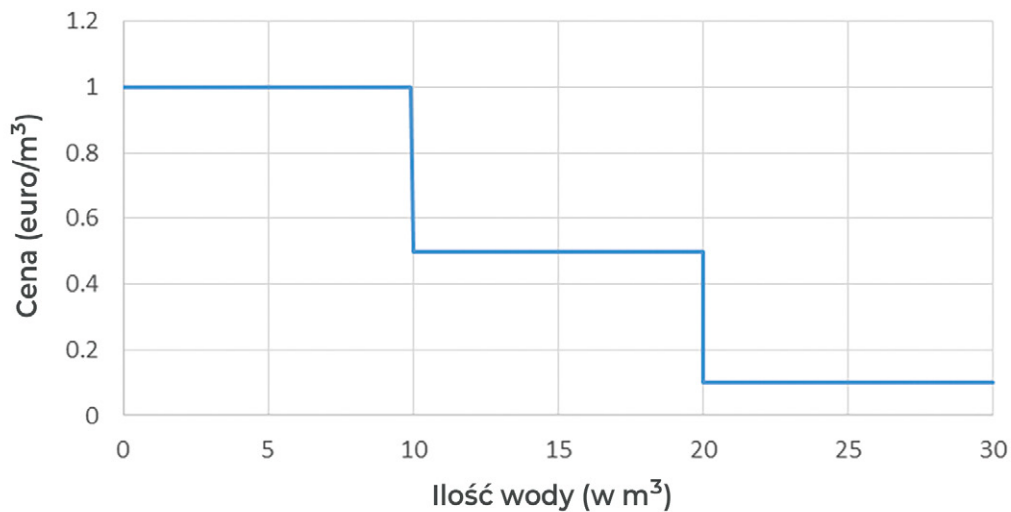
Taryfy degresywne są nadal stosowane w niektórych miejscach w USA i Kanadzie, choć w ostatnich latach częściej stosuje się inne taryfy zależne od wielkości zużycia (np. opłata stała plus progi ze stawkami progresywnymi).

W celu zaprojektowania struktury taryfy degresywnej, organ regulacyjny musi dla każdej kategorii korzystania z wody określić:

- Liczbę progów
- Limity zużycia wody dla każdego progu
- Stawki za zużycie wody w tych progach



Taryfy degresywne



Na wykresie pokazano, jak zmienia się cena wody dla konsumenta wraz ze wzrostem zużycia wody w taryfie degresywnej. Źródło: Zaadaptowane z Whittington (2006)

Taryfa degresywna może być stosowana wszędzie tam, gdzie dostarczana jest woda i/lub odbierane są ścieki. Wymagane jest jednak opomiarowanie zużycia. Takie taryfy mogą być ustalane na poziomie dostawcy usług albo przez władze krajowe lub lokalne. Ten rodzaj taryfy nie jest jednak uznawany za zrównoważony ze społecznego i ekologicznego punktu widzenia, ponieważ konsumenci zużywający małe ilości wody (zazwyczaj osoby ubogie) muszą płacić najwyższą stawkę za jednostkę. Co więcej, taryfa ta zachęca do zużywania większej ilości wody zamiast go ograniczać, co może stanowić zagrożenie dla ograniczonych zasobów wodnych.

2.4 Przykład: Projekt nowej taryfy w Bolonii BLUEAP



(Główne źródło <http://www.blueap.eu/>)

Jedno z działań w ramach Planu Adaptacji BLUEAP w Bolonii (Włochy) ma na celu jeszcze większe ograniczenie codziennego zużycia wody na osobę do celów domowych do 130 l/dzień do 2025 roku. Poprzedni cel wynosił 150 l/dzień do 2016 roku.

Aby osiągnąć ten cel, niezbędna jest zmiana taryfy opłat za wodę tak, aby zniechęcić do dziennego zużycia wody powyżej 130 l poprzez podniesienie ceny wody powyżej tego progu. Projekt taryfy nie może prowadzić do ponoszenia wyższych opłat przez tych obywateli, którzy już zużywają mniej niż 130 l dziennie.



Opracowanie nowej taryfy nastąpi po przeprowadzeniu wstępnych badań i symulacji dotyczących skutków zmiany sposobu zużycia wody w związku z nową taryfą. W projekt zaangażowanych będzie szereg interesariuszy, takich jak regionalna agencja ds. usług wodociągowych, lokalne przedsiębiorstwo wodociągowe oraz stowarzyszenia społeczne i ekologiczne.

Aby zapobiec negatywnym skutkom społecznym tej decyzji, wraz z opracowaniem nowych taryf zostanie przeprowadzona kampania uświadamiająca. Należy zaangażować obywateli i poinformować ich dlaczego oszczędzanie wody poprzez instalowanie urządzeń oszczędzających wodę oraz zmianę sposobu zużycia wody jest ważne. W szczególności obywatele muszą przyjąć do wiadomości, że nowa taryfa nagradza zrównoważone zachowania oraz że zmniejszenie zużycia wody może również prowadzić do oszczędności ekonomicznych.

Tabela przeglądowa: System opłat za wodę w inteligentnym zarządzaniu

Cel ogólny

- Zwiększenie efektywności wykorzystania i dystrybucji wody
- Promowanie wielokrotnego wykorzystania wody i zrównoważonej gospodarki wodnej

Cele szczegółowe

- Zmniejszenie zużycia wody słodkiej (poprzez zwiększenie opłat za wodę)
- Promowanie i zachęcanie do korzystania z wody z recyklingu (poprzez obniżenie ceny wody z recyklingu)
- Zachęcanie do oszczędzania wody
- Zapewnienie odpowiedniej dostępności wody po uczciwej cenie w celu zagwarantowania standardowej dostępności wody dla każdego
- Dążenie do akceptacji społecznej, bez obniżenia jakości życia

Trudności związane z podejściem standardowym

- Brak oddzielnego wodomierza dla każdego mieszkania
- Polityka niepopularna wśród niektórych użytkowników
- Ustalanie taryf jest procesem politycznym, który budzi kontrowersje
- Projektowanie taryf jest złożonym procesem, wymagającym dużej ilości danych, dlatego trudno jest ustalić ceny
- Zmniejszenie zużycia wody jest sprzeczne z interesem ekonomicznym przedsiębiorstw wodociągowych:
 - udział kosztów stałych w przedsiębiorstwach wodociągowych jest wysoki
 - oszczędność wody powoduje spadek wielkości sprzedaży i zmniejszenie przychodów, natomiast koszty pozostają bez zmian

Podejścia do inteligentnego zarządzania

- Dochody powinny być przeznaczane na inwestycje, eksploatację i konserwację
- Woda musi być dostępna dla wszystkich po przystępnych cenach
- Projektowanie taryf jako wspólna decyzja
- Inteligentne taryfy powinny gwarantować standardową dostępność wody dla każdej osoby po niskiej cenie, zniechęcać do nadmiernego zużycia wody
- Taryfy zachęcające do ponownego wykorzystania wody szarej i deszczowej
- Narzędzia wspierające świadomość w zakresie wykorzystania wody
- Testowanie nowych taryf przed wprowadzeniem i monitorowanie skutków



Tabela przeglądowa: System opłat za wodę w inteligentnym zarządzaniu

Strategie angażowania obywateli i komunikacji

W proces decyzyjny dotyczący wyboru taryf za wodę powinni być zaangażowani interesariusze, a w szczególności obywatele. Można przeprowadzić ankietę wśród obywateli, a następnie opracować taryfy w zależności od jej wyników.

Wybraną grupę obywateli można zaangażować do testowania inteligentnego wykorzystania wody, aby ocenić korzyści płynące z oszczędzania wody w powiązaniu z alternatywnymi taryfami za wodę.

Testy powinny wykazać potencjalną akceptację społeczną dla zmian w taryfach za wodę oraz zwiększyć świadomość mieszkańców w zakresie oszczędzania wody.

Zmiana taryf za wodę to bardzo delikatny temat, który może budzić dezaprobatę części mieszkańców. O tym działaniu należy bardzo dokładnie informować przed jego wdrożeniem, aby zapobiec dezaprobatie poprzez uświadomienie obywatelom jego celów i korzyści dla pojedynczych użytkowników i społeczności.

Główne przesłania, które należy przekazać, są następujące:

- Celem jest zmniejszenie marnotrawstwa czystej wody
- Oszczędzanie wody nie wpływa na jakość życia
- Oszczędzanie zasobów wodnych ma istotny wpływ na środowisko
- Ostatecznie, w zależności od wybranego systemu taryfowego, cena wody nie wzrasta, a nawet maleje dla przykładowych obywateli

Wszystkie te kluczowe komunikaty muszą być przekazywane wraz z rzeczywistymi i przejrzystymi danymi.

Do testowania rozwiązań - przed ich wdrożeniem - może być przydatny zestaw projektów pilotażowych. Sukces takiego projektu to najlepszy sposób na przekazanie informacji o tym, że proponowane rozwiązania są właściwe. Co więcej, jeśli rozwiązanie zostało sprawdzone przez innych obywateli, może to zwiększyć zaufanie obywateli co do jego rzeczywistych efektów i przejrzystości w porównaniu do standardowej, odgórnej informacji.

Źródła i dalsze przykłady

Ricato Martina, Water Pricing, sswm.info, 2019

Cardone, R. Fonseca, C. (2003): Financing and Cost Recovery. Delft (Holandia): IRC (International Water and Sanitation Centre). Thematic Overview Paper 7

Whittington, D. (2002): Tariffs and Subsidies in South Asia: Understanding the Basics. Washington, D.C.: Water and Sanitation Program; World Bank Institute

Blanc, D. le (2008): A Framework for Analyzing Tariffs and Subsidies in Water Provision to Urban Households. New York: DESA Working Paper n° 6

Rogers, P.; Silva, R. de; Bathia, R. (2001): Water is an Economic Good: How to use Prices to Promote Equity, Efficiency, and Sustainability. W: Water Policy: Tom 4, 1-17.

Taryfy wodne na Cyprze, Theodoros Zachariadis (Cypryjski Uniwersytet Techniczny)

<https://www.wbl.com.cy/en/page/water-rates>

<https://lwb.org.cy/en/charges-and-fees.html>

<http://www.blueap.eu/>



3. Programy ochrony zasobów wodnych

Programy ochrony zasobów wodnych mają na celu ograniczenie eksploatacji zasobów wodnych. Mogą się one znacznie różnić w zależności od konkretnych celów, do których mają dążyć. Programy ochrony zasobów wodnych mogą dotyczyć całego społeczeństwa, w tym obywateli, przemysłu, rolnictwa i wszystkich sektorów zużywających wodę, lub mogą koncentrować się na jednej konkretnej kategorii konsumentów.

Działania w ramach programów oszczędzania wody mogą się także znacznie różnić w zależności od celu: edukacja, wsparcie finansowe na cele instalacji urządzeń oszczędzających wodę w gospodarstwach domowych lub dla większych systemów wodociągowych, środki zachęcające do zmiany sposobu zużycia wody. Program ochrony zasobów wodnych może składać się z wielu elementów inteligentnego zarządzania zasobami wodnymi, opisanych w niniejszym katalogu, i może uwzględniać wsparcie dla wdrażania innowacyjnych rozwiązań inżynierskich i przyrodniczych opisanych w katalogu 2.

Oszczędzanie wody w gospodarstwach domowych polega na wprowadzaniu urządzeń oszczędzających wodę oraz na edukowaniu użytkowników w zakresie bardziej zrównoważonego i rozsądnego zużycia wody.

Istnieje wiele sposobów na osiągnięcie oszczędności wody: wszystkie źródła wody w domu można ulepszyć w celu zmniejszenia jej zużycia. Wszystkie baterie w łazience, a docelowo także w kuchni, takie jak w zlewozmywakach, bidetach, prysznicach i wannach, mogą być wyposażone w regulatory przepływu i/lub perlatory, które ograniczają przepływ wody.

Splukiwanie toalet można dostosować w taki sposób, aby ograniczyć ilość świeżej wody traconej podczas każdego użycia. Przy zakupie pralki należy zwrócić uwagę na ilość zużywanej przez nią wody. Ponadto do splukiwania toalet zamiast wody pitnej można używać oczyszczonej wody szarej lub deszczówkę. Do prania i ewentualnie do mycia pod prysznicem lub kąpieli można wykorzystywać wodę deszczową.

Obywatele mogą być zaangażowani w działania na rzecz racjonalizacji zużycia wody, zwłaszcza poprzez ograniczenie marnotrawstwa wody słodkiej, np. poprzez zamykanie kranu, gdy woda nie jest potrzebna, np. podczas mycia zębów, lub brania krótszego prysznica i/lub zamykanie kranu podczas namydlenia ciała wodą.

Podlewanie kwiatów i roślin ściekami z kuchni, np. po umyciu warzyw i owoców. Program oszczędzania wody musi obejmować zarówno urządzenia, jak i nawyki, a sprzyjać mu mogą kampanie komunikacyjne, które promują zarówno zakup urządzeń, jak i zmianę sposobu zużycia wody. W niniejszym rozdziale podano kilka przykładów zastosowań możliwych do uwzględnienia w programie ochrony zasobów wodnych.

3.1. Dobrowolny program Meter-Save w Chicago

Chicagowski program Meter-Save, w ramach którego bezpłatnie instaluje się wodomierze w budynkach mieszkalnych, ma na celu promowanie oszczędzania wody. Do programu kwalifikuje się każdy mieszkaniec posiadający dom jednorodzinny lub dwurodzinny, który ma zaległości w opłatach za wodę. Od rozpoczęcia programu w 2009 roku zainstalowano ponad 117 tys. nowych wodomierzy. Program ten cieszy się powodzeniem, ponieważ ludzie zauważają znaczne oszczędności dzięki całkowicie bezpłatnej instalacji i siedmioletniej gwarancji, że rachunki nie będą wyższe niż bez opomiarowania, a tym samym brak jest minusów uczestnictwa.



Odbiorcy nieopomiarowani płacą zryczałtowaną opłatę za wodę co sześć miesięcy. Odbiorcy opomiarowani płacą tylko za faktycznie zużytą wodę. Kwota ta jest zwykle znacznie niższa od szacunkowej kwoty obliczonej według formuły płatności niewymagającej opomiarowania. Program oferuje również zestawy do oszczędzania wody w pomieszczeniach i na zewnątrz jako zachętę do uczestnictwa.

3.2. Współprojektowanie z obywatelami - Start Park, Prato - Włochy

(Source: <https://www.startpark.org/>)

Przykładem zakończonego sukcesem projektowania rozwiązań opartych na przyrodzie [ang. Nature-Based Solutions - NBS] mających na celu usprawnienie obiegu wody w mieście we współpracy z obywatelami jest Start Park w Prato, we Włoszech. Start Park narodził się jako koncepcja podczas Climathonu 2017 promowanego przez Climate-KIC i zorganizowanego dzięki współpracy GreenApes, Codesign Toscana i Impact Hub Firenze. W ramach tego wydarzenia zespoły interdyscyplinarne miały za zadanie w ciągu 24 godzin opracować innowacyjne rozwiązania mające na celu złagodzenie skutków zmian klimatu i ekstremalnych zjawisk pogodowych.

Szczególne wyzwanie projektowe, w kategorii „Odporność i woda” brzmiało: „W jaki sposób mieszkańcy i podmioty lokalne mogą przyczynić się do zwiększenia odporności miasta na coraz częstsze ekstremalne zjawiska klimatyczne (od okresów suszy po intensywne zjawiska meteorologiczne)?” Z tego wyzwania zrodziła się usługa systemowa, łącząca interesy publiczne i prywatne, ułatwiająca rozwój prężnie działających parków miejskich i szerzenie wiedzy o kryzysie klimatycznym.





Zespół realizujący projekt Start Park pracuje od jesieni 2018 roku, wykorzystując techniki projektowania opartego na współpracy oraz narzędzia lean management („szczupłego” zarządzania mającego na celu ograniczenie marnotrawstwa) do organizacji i kierowania rozwojem projektu Start Park. Zorganizował on warsztaty otwarte dla profesjonalistów (architektów, projektantów, inżynierów, działaczy społecznych i innowatorów społecznych), aby na nowo zdefiniować tę koncepcję (styczeń 2019 roku). Następnie Start Park otrzymał dwa granty w ramach programu Designscapes (Horyzont 2020) | Design-enabled innovation in urban environments. Dzięki nim udało im się stworzyć prototyp Start Park w mieście Prato z udziałem społeczności lokalnej i władz miasta, a obecnie jest on rozwijany w Lukce, również we współpracy z władzami miasta i grupą lokalnych mieszkańców.

3.3. Podejście do modelowania partycypacyjnego na potrzeby zrównoważonego zarządzania wodą w mieście, Ebbsfleet Garden City, Wielka Brytania

(Źródło: A participatory system dynamics model to investigate sustainable urban water management in Ebbsfleet Garden City, Irene Pluchinotta et al., Sustainable Cities and Society, styczeń 2021 roku)

Wyzwania związane z miejską gospodarką wodną (MGW) w Ebbsfleet Garden City (Wielka Brytania) zostały zbadane w procesie partycypacyjnym, a potencjalne zrównoważone rozwiązania przeanalizowano przy użyciu Modelu Dynamiki Systemu (MDS). MDS opracowane wspólnie przez Ebbsfleet Learning i Action Alliance pozwoliło interesariuszom lepiej zrozumieć przyszłe opcje MGW i umożliwiło ustrukturyzowaną eksplorację współzależności w ramach obecnego systemu MGW. W wyniku dyskusji pomiędzy zainteresowanymi podmiotami skupiono się na zużyciu wody pitnej i opracowano MDS w celu zbadania, w jaki sposób można ograniczyć zużycie wody pitnej przez mieszkańców Ebbsfleet Garden City poprzez szereg działań, np. zachęty społeczno-środowiskowe i ekonomiczne.

Podejście MDS wspiera podejmowanie decyzji na poziomie strategicznym, ogólnosystemowym i ułatwia eksplorację długoterminowych konsekwencji strategii alternatywnych, zwłaszcza tych, które trudno ująć w modelach ilościowych. Choć MDS może być tworzony przez samych ekspertów, tworzenie go we współpracy z innymi interesariuszami pozwala na korzystanie z wiedzy lokalnej, co pozwala na zbiorowe uczenie się i zwiększa szanse na przyjęcie.

Pierwotnym pytaniem badawczym dotyczącym modelowania i wczesnym wynikiem badania było: „W jaki sposób można zmniejszyć zużycie wody pitnej w budynkach mieszkalnych w Ebbsfleet Garden City poprzez szereg działań, takich jak zachęty w ramach polityki społeczno-środowiskowej i ekonomicznej lub działania fizyczne?”

MDS było opracowywane przy współpracy z interesariuszami w trakcie pięciu warsztatów:

Warsztaty 1 - Określenie problemu

Warsztaty 2 - Poznawanie wymiarów problemu

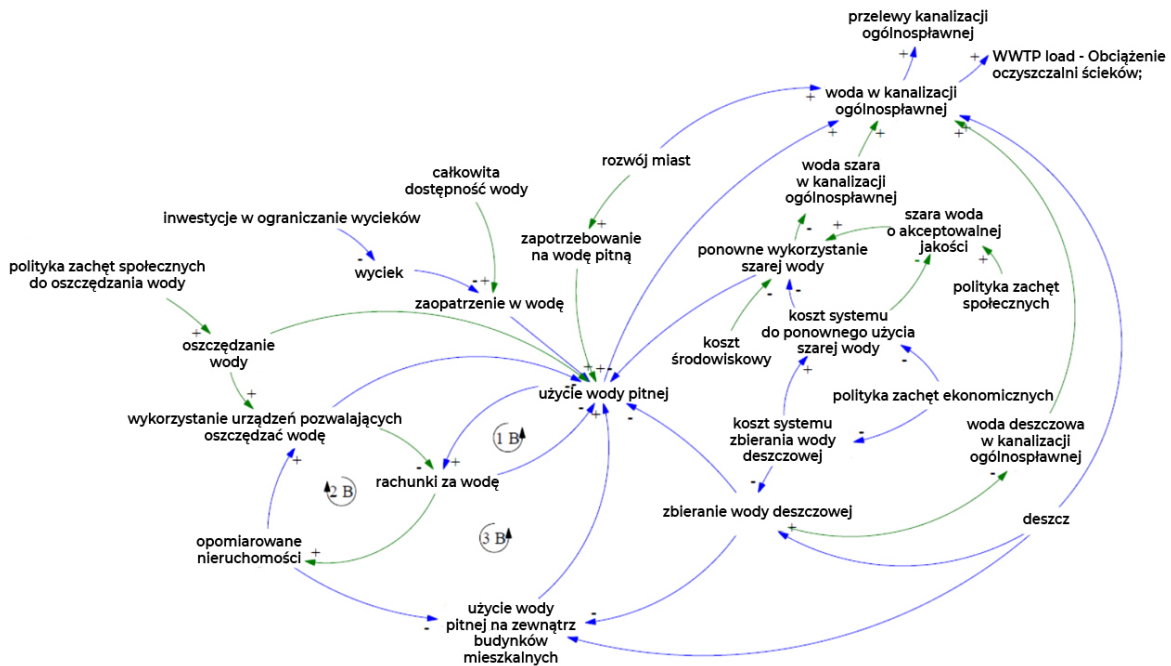
Warsztaty 3 - Wstępny schemat pętli przyczynowo-skutkowej

Warsztaty 4 - Walidacja pętli przyczynowo-skutkowej

Warsztaty 5 - Walidacja MDS i tworzenie scenariuszy

Warsztaty 6 - Prezentacja analizy scenariuszy

Schemat pętli przyczynowo-skutkowej, który powstał w wyniku warsztatów, przedstawiono na rysunku.



Rysunek: Końcowy schemat pętli przyczynowo-skutkowej dla wymiaru problemu zużycia wody pitnej w Ebbsfleet

W modelu skupiono się na systematycznej analizie miejskiego systemu zaopatrzenia w wodę w Ebbsfleet Garden City. Model opiera się na zasadzie bilansu wodnego, porównuje zapotrzebowanie na wodę z jej podażą i uwzględnia potencjalny wpływ strategii takich jak zbieranie wody deszczowej i ponowne wykorzystanie szarej wody. Obejmuje on okres 30 lat i uwzględnia rozwój miasta w latach 2019-2049. Symulacja opiera się na rocznych odstępach czasu (tzn. bilans wodny jest obliczany co roku) i koncentruje się na przyszłym rozwoju budownictwa mieszkaniowego (tzn. nie uwzględnia istniejących budynków). Na potrzeby tej analizy zagregowano zachowania poszczególnych interesariuszy. Zmienne takie jak „instrumenty polityki regulacyjnej w zakresie sterowania i kontroli”, „instrumenty polityki motywowania społeczno-środowiskowego” i „instrumenty polityki motywowania gospodarczego” reprezentują potencjalne makroobszary działań w zakresie strategii i środków zaproponowanych przez zainteresowane podmioty podczas ostatnich warsztatów partycypacyjnych.

Podczas piątych warsztatów z udziałem interesariuszy zaproponowano i współtworzono różne strategie, które następnie rozdzielono na różne instrumenty polityczne. Analiza scenariuszy miała na celu dokonanie półilościowej oceny wpływu różnych strategii na zmienne wyjściowe modelu, aby zidentyfikować odpowiednie kombinacje strategii, zrozumieć ich skuteczność, potencjalne konsekwencje, skutki uboczne i efekty synergii oraz omówić wykonalność i znaczenie wybranych strategii z punktu widzenia głównego celu (bardziej zrównoważony rozwój gospodarki wodnej w Ebbsfleet Garden City).

Dzięki przeanalizowaniu kilku potencjalnych scenariuszy przyszłości, interesariusze mogli sprawdzić, jak różne strategie mogą się sprawdzić w dłuższej perspektywie i jak można je połączyć, aby doprowadzić do optymalnego zużycia wody w mieście.



Tabela przeglądowa: Programy oszczędzania wody w ramach inteligentnego zarządzania

Cel ogólny

- Zwiększenie efektywności wykorzystania i dystrybucji wody
- Zapewnienie utrzymania właściwej jakości wody w akwenach
- Promowanie wielokrotnego wykorzystania wody i zrównoważonej gospodarki wodnej
- Zachowanie przepływu w akwenach

Cele szczegółowe

- Oszczędzanie zasobów wodnych i zwiększenie ilości wody dostępnej dla ludzi na obszarach z niedoborem wody
- Zmniejszenie poboru wody
- Zapewnienie siedlisk i warunków życia roślin i zwierząt, które potrzebują terenów podmokłych do życia
- Oszczędność energii potrzebnej do poboru i rozdziału wody
- Zmniejszenie ilości materiałów wykorzystywanych do budowy sieci wodociągowej i kanalizacyjnej
- (mniejsze średnice rur lub nawet brak konieczności instalowania rur kanalizacyjnych)
- Minimalizacja kosztów i nakładów na oczyszczanie ścieków odpływających (mniejsza objętość)
- Zmniejszenie miesięcznych rachunków za wodę z zakładu wodociągowego

Trudności związane z podejściem standardowym

Oszczędzanie wody wymaga zarówno odpowiedniej dostępności infrastruktury/urządzeń, jak i świadomości obywateli oraz zmiany ich sposobu używania wody.

Jeśli obywatele nie zostaną odpowiednio zaangażowani w działania na rzecz oszczędzania wody, korzyści mogą być mniejsze od oczekiwanych lub nietrwałe.

Bez opomiarowania wody wodociągowej i nadzorowania jej zużycia dość trudno jest uzyskać efekt oszczędzania wody.

Najlepszym sposobem oszczędzania wody jest indywidualne opomiarowanie zużycia wody w gospodarstwie domowym.

Podejścia do inteligentnego zarządzania

Standardowe podejście można ulepszyć poprzez większe zaangażowanie interesariuszy, stosowanie innowacyjnych technologii oraz włączenie programów oszczędzania wody do szerszej strategii zrównoważonego rozwoju środowiskowego i społecznego.

Aby zwiększyć „inteligencję” programu oszczędzania wody przeznaczonego dla gospodarstw domowych, należy skupić się na inteligentnych wodomierzach, które zapewniają lepszą dostępność danych i zwiększają świadomość konsumentów.

Inteligentne wodomierze pozwalają na dokładny pomiar zużycia wody, nie tylko w skali miesiąca czy roku, ale także w skali dnia czy godziny. Ponadto zużycie wody jest liczone dla każdego mieszkania z osobna, a nie w przybliżeniu na poziomie kondominium.



Tabela przeglądowa: Programy oszczędzania wody w ramach inteligentnego zarządzania

Strategie angażowania obywateli i komunikacji

Obywatele muszą być traktowani nie tylko jako końcowi użytkownicy programu oszczędzania wody, ale powinni być zaangażowani w projektowanie polityki i działań.

Zaangażowanie obywateli w faktyczną realizację działań zwiększa ich świadomość i troskę. Obywatele mogą mieć także swój wkład w zaawansowane narzędzia do modelowania, jeśli zostaną opracowane odpowiednie działania w zakresie współtworzenia.

Źródła i dalsze przykłady

www.metersave.org/MeterSave www.startpark.org

www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721000044

www.valleywater.org/water-conservation-programs ncsd.ca.gov/resources/save-water-save-money

www.toolkit.bc.ca/elements-water-conservation-programs www.snwa.com/business/water-conservation-programs/index.html



4. Monitorowanie obiegu wody

Monitorowanie może być stosowane w kilku kontekstach związanych z gospodarką wodną: można monitorować zachowania użytkowników w zakresie zużycia wody, a także efekty instalacji urządzeń. Monitorowanie może dotyczyć wykorzystania wody pitnej, ścieków, a także zbierania wody deszczowej lub ponownego wykorzystania wody szarej.

Proces monitorowania może mieć na celu poszerzenie wiedzy o obiegu wody w mieście, ale może też służyć do sprawdzenia zdolności wdrożonego zestawu działań do osiągnięcia założonych celów, a z drugiej strony do szybkiego rozpoznania potencjalnych niepożądanych efektów i przyjęcia środków naprawczych, w tym nawet środków łagodzących i kompensacyjnych.

Proces monitorowania składa się z trzech etapów: analiza, diagnoza, naprawa. Na etapie analizy gromadzi się informacje w celu zbadania wpływu wdrożonych działań. Na etapie diagnozy, jeśli oddziaływania nie są zgodne z przewidywaniami i występują efekty niepożądane, dąży się do zrozumienia przyczyn tych odchyień. Wreszcie, na etapie naprawy podejmuje się decyzję, czy i jak interweniować, aby poprawić funkcjonowanie.

Projektowanie i wdrażanie procesu monitorowania wymaga określenia:

- systemu zarządzania, tj. zaangażowanych podmiotów/interesariuszy oraz ich kompetencji i ról
- zawartości raportów z monitoringu i ich cykliczności
- roli udziału różnych podmiotów
- procedur i zasad umożliwiających w razie potrzeby zmianę kierunku działania

Skuteczność monitoringu zależy w dużej mierze od interakcji między różnymi podmiotami, które same wymagają spełnienia pewnych warunków, takich jak istnienie wspólnej bazy wiedzy i dostępnych informacji, przejrzystość procedur, aktualność informacji oraz odpowiednie planowanie procesów. W celu zapewnienia użyteczności w różnych skalach, wskaźniki monitorowania i zarządzanie muszą być zaprojektowane w sposób zapewniający maksymalną integrację różnych poziomów administracyjnych i sektorów.

W gospodarce wodnej dane mają zasadnicze znaczenie dla właściwego monitorowania i budowania modeli umożliwiających lepsze planowanie. Poprawa dostępności danych o obiegu wody może pomóc w podejmowaniu właściwych decyzji, a zwłaszcza w inteligentniejszym wykorzystaniu wody, a tym samym większą redukcję jej zużycia.

Za przykład podejścia transdyscyplinarnego łączącego naukę i technologię ze społeczeństwem służy utworzenie platformy poświęconej ochronie wód i katastrofom - Platform on Water Resilience and Disasters, ogólnoświatowego projektu promowanego przez International Flood Initiative. Dalsze działania mające na celu zwiększenie dostępności informacji związanych z gospodarką wodną dla społeczeństwa to portal danych UN-Water SDG 6 oraz Aqueduct Water Risk Atlas, globalne narzędzie do mapowania ryzyka związanego z wodą, które pomaga firmom, inwestorom, rządowi i innym użytkownikom zrozumieć, gdzie i w jaki sposób na całym świecie pojawiają się zagrożenia i możliwości związane z wodą.

Integracja i analiza danych są ważne i należy je udoskonalić w celu zmniejszenia ryzyka i skutków katastrof związanych z wodą, w tym powodzi, osuwisk i susz, których przewidywanie w dużym stopniu zależy od nauki i technologii w zakresie wczesnego ostrzegania. Ponadto dane hydrologiczne muszą być zintegrowane z analizami społecznymi i ekonomicznymi, ponieważ zachowanie i odporność w dużym stopniu zależą od tego, kto ma dostęp do różnych zasobów i sprawuje nad nimi kontrolę (2030 WRG/UNDP, 2019).



4.1. Inteligentne podejście do monitorowania zbierania wody deszczowej

Rozwój narzędzi Internetu Rzeczy [ang. Internet of Things - IoT] w inteligentnych miastach może być zastosowany do zbierania wody deszczowej. Przykłady tych technik są przedstawione w pracach „Smart Approach of Harvesting Rainwater and Monitoring Using IoT”, V S P Chandrika Kota i in., 2020 oraz „Smart city rain water harvesting (IOT) techniques” autorstwa J.Vinoj i Dr.S. Gavaskar, 2018 rok.

Inteligentne podejście polega na zainstalowaniu urządzeń elektronicznych, które mierzą ilość zgromadzonej wody i komunikują się z centralnym systemem, który może monitorować proces gromadzenia wody deszczowej. Każde urządzenie można oznaczyć geotagiem w celu przetwarzania informacji o jego lokalizacji, takich jak prognozy pogody.

Rząd stanu Andhra Pradesh w Indiach zebrał dane statystyczne dotyczące ilości opadów w ciągu ostatniej dekady, sporządzając statystyki opadów i poziomu wód gruntowych w różnych dystryktach stanu.

Geotagowanie umożliwia dodanie lokalizacji geograficznej. Dane o niej składają się zwykle ze współrzędnych, ale mogą też zawierać wysokość, położenie geograficzne, odległość, dane o dokładności, nazwy miejsc i ewentualnie znacznik czasu. Geotagowanie pozwala użytkownikom wyszukać szereg różnych informacji dotyczących lokalizacji pozyskanych z urządzenia. Na przykład zdjęcia zrobione w pobliżu danej lokalizacji, wprowadzając współrzędne szerokości i długości geograficznej do odpowiedniej wyszukiwarki obrazów. Usługi informacyjne wykorzystujące geotagowanie mogą być również potencjalnie wykorzystywane do wyszukiwania wiadomości, stron internetowych i innych zasobów w oparciu o lokalizację. Geotagowanie może informować użytkowników o lokalizacji zawartości danego zdjęcia lub innych materiałów, lub o miejscu ujęcia, i odwrotnie - na niektórych platformach medialnych pokazywać materiały istotne dla danej lokalizacji.

Inteligentne podejście wymaga do działania urządzeń i oprogramowania typu bot. W przytoczonych przykładach urządzenia do monitorowania zbieranej wody deszczowej były oparte na Arduino i połączone z aplikacją KoBoCollect.

Arduino to platforma elektroniczna o otwartym kodzie źródłowym wykorzystująca łatwy w obsłudze sprzęt i oprogramowanie. Płytki Arduino są w stanie odczytywać dane wejściowe - światło na czujniku, palec na przycisku lub wiadomość na Twitterze

- i przekształcić ją w sygnał wyjściowy - uruchomić silnik, włączyć diodę LED, opublikować coś w Internecie. Użytkownik może powiedzieć płytce, co ma robić, wysyłając zestaw instrukcji do mikrokontrolera na płytce za pomocą języka programowania Arduino (opartego na języku Wiring) oraz oprogramowania Arduino (IDE), opartego na języku Processing.

KoBoToolbox to zestaw narzędzi do zbierania danych w terenie, przeznaczony do pracy w trudnych warunkach. Jest to oprogramowanie bezpłatne i typu open source. Inteligentna studzienka do zbierania wody deszczowej wymaga zainstalowania i prawidłowego skonfigurowania aplikacji KoBoCollect. Po skonfigurowaniu głównych ustawień, takich jak długość i szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza oraz dokładność, aplikacja rozpoczyna zbieranie danych.

Dzięki zintegrowaniu studzienek można monitorować ilość zebranej wody i zasilenie wód gruntowych wraz z ich lokalizacją.



4.2. Jakość wody w systemach zbierania wody deszczowej

(Zaadaptowane z Luke Mosley, Water quality of rainwater harvesting systems, 2005 SOPAC Miscellaneous Report 579)

Dostęp do wody pitnej o odpowiedniej jakości jest niezbędny dla zdrowia i dobrego samopoczucia wszystkich ludzi. Jakość wody jest akceptowalna wtedy, gdy:

- brak w niej bakterii pochodzenia kałowego, które mogą wywoływać biegunkę u ludzi i inne choroby zagrażające życiu (np. dur brzuszny),
- zawartość chemikaliów (np. metali ciężkich) lub substancji chemicznych nie przekracza poziomów, które mogłyby być szkodliwe dla zdrowia ludzkiego,
- woda nie ma przykrego smaku ani zapachu.

Na cele ochrony zdrowia ludzkiego, źródła wody muszą być zabezpieczone przed zanieczyszczeniem, a system rurociągów doprowadzających wodę do konsumenta musi być utrzymywany w dobrym stanie (bez pęknięć i wycieków). W większości miejskich systemów wodociągowych woda jest pobierana z takich źródeł jak odwierty, rzeki i jeziora. Źródła te stosunkowo łatwo ulegają skażeniu, jeśli odchody ludzkie z systemów sanitarnych (np. szamba, latryny) lub zwierzęce są odprowadzane do gruntu w pobliżu źródła wody. W związku z tym konieczne jest uzdatnianie wody w formie filtracji i chlorowania w celu zapewnienia bezpiecznej wody pitnej.

Powszechnie uważa się, że systemy zbierania wody deszczowej zapewniają bezpieczną wodę pitną niewymagającą uzdatniania, ponieważ powierzchnie, z której jest zbierana woda (dachy) są odizolowane od wielu typowych źródeł zanieczyszczeń (np. systemów sanitarnych). W prawie wszystkich wyspiarskich krajach Pacyfiku odpowiednio zebrana i przechowywana woda deszczowa będzie prawdopodobnie lepsza od nieoczyszczonych zasobów wody powierzchniowej i wodociągowej, ale nie zawsze tak jest. Mimo że dachy znajdują się wyżej niż ziemia, istnieje możliwość nawiewania na nie pyłu i innych zanieczyszczeń, liście mogą spadać na nie z drzew, a ptaki i niektóre zwierzęta mogą się na nie wypróżniać. Jakość wody pitnej może ulec znacznej poprawie, jeśli te zanieczyszczenia nie dostaną się do zbiornika magazynującego.

Poniżej wymieniono rodzaje zanieczyszczeń powszechnie występujących w systemach zbierania wody deszczowej:

| Zanieczyszczenie | Źródło | Ryzyko przedostania się do zbiornika na deszczówkę |
|-------------------------|--|---|
| Pył i popiół | Otaczający brud i roślinność Produkty aktywności wulkanicznej | Umiarkowane: Można je zminimalizować dzięki regularnej konserwacji dachu i rynien oraz stosowaniu urządzenia odrzutu pierwszego strumienia wody. |
| Bakterie chorobotwórcze | Odchody ptaków i innych zwierząt na dachu, przyłączone do pyłu | Umiarkowane: Bakterie mogą znajdować się w pyłe lub w odchodach zwierząt spadających na dach. Można je zminimalizować dzięki zastosowaniu urządzenia odrzutu pierwszego strumienia wody oraz właściwej konserwacji dachu i zbiornika. |



Katalog tematyczny 3

| Zanieczyszczenie | Źródło | Ryzyko przedostania się do zbiornika na deszczówkę |
|--|---|--|
| Metale ciężkie | Pył, szczególnie na obszarach miejskich i zapyłonych, materiały dachowe | Niskie: Chyba że w pobliżu prowadzona jest działalność przemysłowa, np. huta metali, i/lub opady są bardzo kwaśne (może to mieć miejsce na wyspach wulkanicznych). |
| Inne zanieczyszczenia nieorganiczne (np. sól z aerozolu morskiego) | Aerozol morski, niektóre zanieczyszczenia przemysłowe, użycie nieodpowiednich materiałów na zbiornik i/lub dach | Niskie: O ile nie znajduje się bardzo blisko oceanu lub w pobliżu dużych zakładów przemysłowych. |
| Larwy komarów | Komary składające jaja w rynnach i/lub zbiorniku | Umiarkowane: Jeżeli wlot do zbiornika jest osłonięty i nie ma w nim szczelin, można zminimalizować ryzyko. |

Jakość wody powinna być regularnie badana przez odpowiednią instytucję krajową, np. ministerstwo zdrowia. WHO (World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality, wydanie 4, 2017) podaje wytyczne pozwalające określić, czy normy jakości wody są spełnione. Niestety, badania jakości wody ze zbiorników deszczowych nie są często wykonywane, ponieważ systemy te nie są częścią miejskiej sieci wodociągowej i dlatego zwykle uważa się, że odpowiedzialność za nie ponosi właściciel gospodarstwa domowego. Jednak w niektórych miejscach ministerstwo zdrowia prowadzi badania zbiorników wody deszczowej oraz edukuje obywateli w tym zakresie. Tam, gdzie badania nie są przeprowadzane, społeczności powinny zabiegać u odpowiednich agencji rządowych o rozpoczęcie regularnych badań. Mogą one dostarczyć wskazówek, kiedy należy wyczyścić lub zdezynfekować zbiorniki. Innym sposobem jest przekazanie mieszkańcom prostych narzędzi do badania jakości wody (np. testy na obecność siarkowodoru, H₂S) w celu samodzielnego przeprowadzenia badań wody. Wykazano, że testy te dobrze odzwierciedlają poziom bakterii coli typu kałowego w zbiornikach wody deszczowej (Faisst i Fujioka 1994).

Jeśli badanie jakości wody jest możliwe, należy skupić się na badaniu mikrobiologicznym, stosując testy takie jak w kierunku obecności bakterii coli typu kałowego, Enterokoków oraz prosty test H₂S. Zgodnie z wytycznymi Światowej Organizacji Zdrowia (WHO 1996), bakterie kałowe nie powinny być wykrywalne w 100 ml próbce. Fujioka (1994) stwierdził jednak, że bardziej realistyczna norma może wynosić 10 bakterii coli typu kałowego/100 ml. Jest mało prawdopodobne, aby zbiornik na wodę deszczową był zanieczyszczony ludzkimi odchodami. Badania na obecność bakterii coli ogółem nie są uważane za wiarygodny wskaźnik zagrożenia dla zdrowia ludzi w tropikach, ponieważ bakterie te występują naturalnie i mogą rozmnażać się w glebie i wodzie (Fujioka 1994; WHO 1996).

Należy również zmierzyć parametry fizyczne, pH i mętność, i porównać je z wytycznymi WHO. Deszcz uznaje się za kwaśny, gdy jego pH wynosi <5,6, a poziom poniżej tej wartości może powodować korozję metalowych dachów i elementów wyposażenia. Należy również okresowo monitorować metale ciężkie (np. ołów, miedź, kadm, cynk), szczególnie jeśli do powietrza przedostają się produkty aktywności wulkanicznej lub działalności przemysłowej.



Biorąc pod uwagę, że obecnie badania wody ze zbiorników na wodę deszczową nie są przeprowadzane, konieczna jest odpowiednia edukacja gospodarstw domowych (warsztaty, materiały drukowane) na temat konserwacji zbiorników. Powinno to stanowić integralną część każdego projektu instalacji zbiornika na wodę deszczową.

4.3. Przekształcanie danych z inteligentnych wodomierzy w użyteczne informacje

(Źródło: Turning Smart Water Meter Data Into Useful Information A case study on rental apartments in Södertälje, Philip Dahlström, Anna Söderberg, 2017)

W artykule Philipa Dahlströma i Anny Söderberg podkreślono, że woda na obszarach miejskich stanowi coraz bardziej złożone wyzwanie, a technologia umożliwia zrównoważoną gospodarkę wodną w miastach dzięki zintegrowanym inteligentnym rozwiązaniom pomiarowym. Można zebrać ogromne ilości danych o zużyciu wody przez użytkowników końcowych i uzyskać wnikliwe informacje, które mogą przynieść potencjalne korzyści zarówno zarządcom, jak i użytkownikom końcowym.



Rysunek: Inteligentne wodomierze zainstalowane w mieszkaniach

Analizowane studium przypadku odnosi się do zbioru danych zawierających dane o zużyciu wody przez użytkowników końcowych o wysokiej częstotliwości zbierane z 79 mieszkań czynszowych w Södertälje w Szwecji. Zbiór danych został przeanalizowany w celu sprawdzenia, jakie informacje można wydobyć i zinterpretować na podstawie eksploracyjnej analizy danych [ang. Exploratory Data Analysis - EDA].

Ponadto przeprowadzono wywiad z zarządcą badanych budynków oraz dokonano przeglądu literatury, aby zrozumieć, w jaki sposób zebrane dane są obecnie wykorzystywane i w jakich kontekstach można je ekstrapolować w celu zapewnienia potencjalnych korzyści na poziomie budynku.

W wyniku analizy zidentyfikowano zmiany w czasie, wzorce zużycia wody oraz użytkowników zużywających nadmierne ilości wody, a także proces identyfikacji wycieków. Jeszcze większym wyzwaniem niż zrozumienie znaczenia danych jest uruchomienie działań, decyzji i środków opartych na analizie danych.



Uzyskane informacje można wykorzystać do usprawnienia zarządzania budynkiem, wzmocnienia pozycji klientów, zwiększenia możliwości biznesowych i możliwości prowadzenia kampanii, a także do stworzenia zintegrowanego systemu wspomagania decyzji.

Podsumowując, można stwierdzić, że wykorzystanie danych z inteligentnych wodomierzy stwarza niewykorzystane możliwości oszczędzania wody, energii i pieniędzy. W dążeniu do bardziej zrównoważonego i inteligentnego miasta, dane z inteligentnych wodomierzy od użytkowników końcowych mogą potencjalnie umożliwić bardziej inteligentne zarządzanie budynkami oraz bardziej inteligentne usługi wodociągowe.

4.4. Prognozowanie zużycia wody w gospodarstwach domowych na podstawie odczytów z inteligentnych wodomierzy

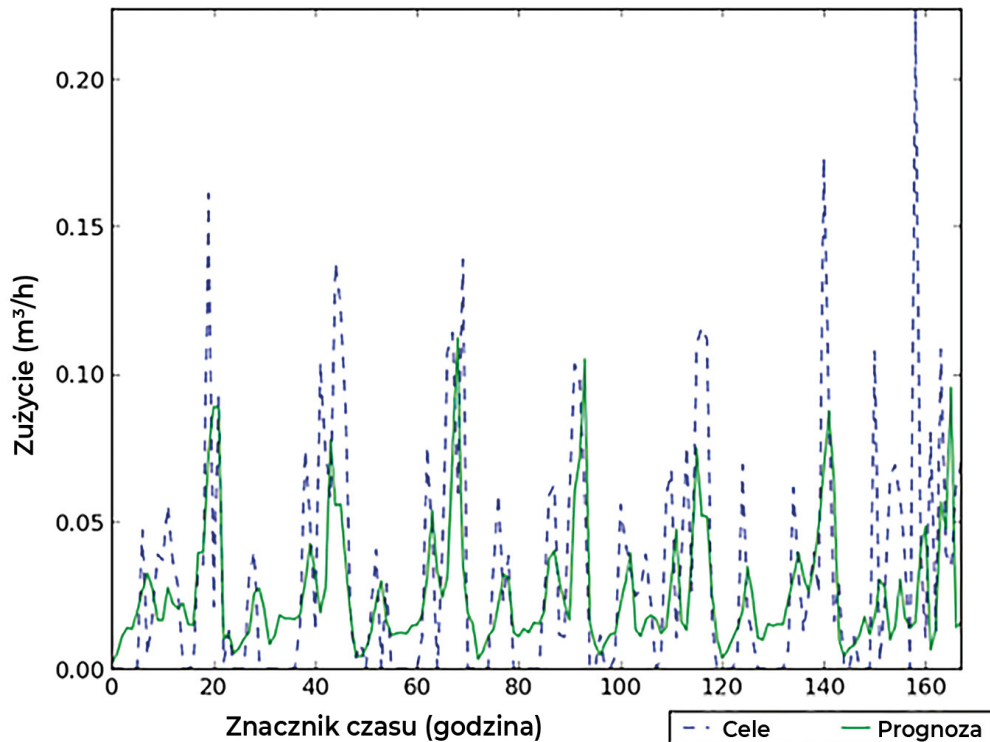
(Źródło: Forecasting Domestic Water Consumption from Smart Meter Readings using Statistical Methods and Artificial Neural Networks, David Walkera, Enrico Creacoa, Lydia Vamvakieridou-Lyroudiaa, Raziye Farmania, Zoran Kapelana, Dragan Savic, 13th Computer Control for Water Industry Conference, CCWI 2015).

Prognozowanie zużycia wody w gospodarstwach domowych ma zasadnicze znaczenie dla przedsiębiorstw wodociągowych, a coraz powszechniejsze stosowanie inteligentnych wodomierzy, gromadzących dane o wysokiej rozdzielczości od indywidualnych użytkowników, dostarcza dużej ilości danych, na których można oprzeć modele predykcyjne.

W ramach projektu iWIDGET rozpoczęto niedawno zbieranie dużych ilości odczytów z wodomierzy, mierzących zużycie wody w odstępach 15-minutowych w gospodarstwach domowych w całej Europie. W pracy tej wykorzystano dane z badania projektu pilotażowego w Grecji do opracowania modelu umożliwiającego prognozowanie zużycia wody z rozdzielczością godzinową dla gospodarstw domowych uczestniczących w projekcie iWIDGET. Przewidywania przy tej częstotliwości są przydatne na przykład do wykrywania nieszczelności.

Sztuczne sieci neuronowe są znane z doskonałości w modelowaniu zależności nieliniowych i zostały wykorzystane do przewidywania zużycia wody w gospodarstwach domowych, a także znalazły zastosowanie w wielu innych dziedzinach hydroinformatyki. Sztuczne sieci neuronowych uczą się za pomocą algorytmu ewolucyjnego.

Model wykazał zdolność do przewidywania zużycia wody w gospodarstwach domowych, ale nie był wystarczająco dokładny, aby przewidzieć nieoczekiwane szczyty zużycia. W ramach przyszłych prac zostaną zbadane możliwości rozwiązania tego problemu, w tym rozszerzenia podejścia opartego na sieciach neuronowych, przy jednoczesnym zbadaniu skuteczności podejść opartych na modelowaniu statystycznym.



Rysunek: Porównanie przewidywań modelu oraz rzeczywiste wartości zużycia wody

Tabela przeglądowa: Monitorowanie obiegu wody w ramach inteligentnego zarządzania

Cel ogólny

- Recykling i ponowne wykorzystanie ścieków
- Zwiększenie efektywności wykorzystania i dystrybucji wody
- Zapewnienie utrzymania właściwej jakości wody w akwenach
- Zatrzymanie wody na miejscu tak długo, jak to możliwe
- Promowanie wielokrotnego wykorzystania wody i zrównoważonej gospodarki wodnej

Cele szczegółowe

- Promowanie kształtowania polityki w oparciu o dane
- Dostarczanie inwestorom danych o wynikach projektów

Trudności związane z podejściem standardowym

- Brak odpowiednich urządzeń monitorujących obieg wody
- Trudności w gromadzeniu jednorodnych danych, a tym samym trudności we właściwej analizie przydatnej dla zainteresowanych podmiotów i decydentów.
- Brak zintegrowanego podejścia

Podejścia do inteligentnego zarządzania

- Podejście standardowe można wzbogacić o większe zaangażowanie interesariuszy,
- wprowadzanie innowacyjnych technologii i włączenie programów monitoringu do szerszej strategii monitorowania zrównoważonego rozwoju środowiskowego i społecznego



Tabela przeglądowa: Monitorowanie obiegu wody w ramach inteligentnego zarządzania

Strategie angażowania obywateli i komunikacji

- Przekazanie mieszkańcom prostych narzędzi do badania jakości wody (np. testy na obecność siarkowodoru, H₂S) w celu samodzielnego przeprowadzenia badań wody
- Odpowiednia edukacja w zakresie konserwacji urządzeń wodnych i urządzeń monitorujących

Źródła i dalsze przykłady

Smart Approach of Harvesting Rainwater and Monitoring Using IoT, V S P Chandrika Kota et al., 2020 and “Smart city rain water harvesting (IOT) techniques by J.Vinoj i Dr.S. Gavaskar, 2018

Luke Mosley, Water quality of rainwater harvesting systems, 2005 SOPAC Miscellaneous Report 579

Turning Smart Water Meter Data Into Useful Information A case study on rental apartments in Södertälje , Philip Dahlström, Anna Söderberg, 2017

Forecasting Domestic Water Consumption from Smart Meter Readings using Statistical Methods and Artificial Neural Networks, David Walkera, Enrico Creacoa, Lydia Vamvakeridou-Lyroudiaa, Raziye Farmania, Zoran Kapelana, Dragan Savic, 13th Computer Control for Water Industry Conference, CCWI 2015

5. Zachęty i wsparcie finansowe (dla projektów związanych z wodą z recyklingu i budową systemów zbierania)

Działania w zakresie gospodarki wodnej są bardzo interdyscyplinarne i przynoszą korzyści w wielu wymiarach naszego świata. Finansowanie projektów wodnych można pozyskać z różnych źródeł, ale najbardziej obiecujące są te związane z szerszym tematem zmian klimatu i Celami Zrównoważonego Rozwoju. Raport ONZ w zakresie zasobów wodnych i zmiany klimatu „The United Nations World Water Development Report Water and Climate Change” donosi, że rosnące zainteresowanie finansowaniem działań związanych z klimatem oraz różnorodność ich źródeł, instrumentów i celów, stwarza interesującą możliwość uzyskania funduszy na projekty wodne związane z Celem Zrównoważonego Rozwoju nr 6 „Zapewnienie wszystkim ludziom dostępu do wody i warunków sanitarnych”.

Architektura finansowania działań związanych z klimatem jest złożona i stale ewoluuje. Istnieje wiele mechanizmów, instytucji, programów i działań w różnej skali. Potencjalnymi źródłami pozwalającymi na zwiększenie finansowania działań związanych z klimatem będą krajowe instytucje finansujące krajowe cele w zakresie redukcji emisji (tzw. Nationally Determined Contribution - NDC) oraz Zielony Fundusz Klimatyczny. Zielone banki, zielone obligacje, fundusze klimatyczne na szczeblu niższym niż krajowy oraz partnerstwa publiczno-prywatne to inne nowe obszary, które należy obserwować pod kątem przyszłych możliwości finansowania działań związanych z klimatem.



5.1. Finansowanie działań związanych z klimatem: względy finansowe i ekonomiczne

(Główne źródło: United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change)

Zarządzanie zasobami wodnymi jest obecnie niedofinansowane i wymaga większej uwagi ze strony rządów. Zmiany klimatyczne zagrażają zarządzaniu zasobami wodnymi, zwiększają ryzyko wystąpienia gwałtownych zjawisk pogodowych oraz wpływają na dostępność i jakość wody oraz usług sanitarnych na całym świecie. Jest to jednak także szansa na wykorzystanie mechanizmów finansowania działań związanych ze zmianą klimatu w celu zapewnienia dodatkowych środków na poprawę gospodarki wodnej, a tym samym poprawę dostępu do bezpiecznej wody i urządzeń sanitarnych poprzez działania, które również łagodzą skutki zmian klimatu i/lub zwiększają odporność na nie, często zapewniając jednocześnie inne korzyści.

Powiązanie kwestii wody ze zmianami klimatycznymi może umożliwić społeczności międzynarodowej wykorzystanie dodatkowych zasobów do rozwiązania problemów związanych z klimatem i wodą, a tym samym zwiększyć szanse na osiągnięcie ogólnych celów w zakresie gospodarki wodnej, określonych w Szóstym Celu Zrównoważonego Rozwoju.

Ignorowanie zagrożeń klimatycznych i zaniechanie zwiększenia inwestycji w wodę wyraźnie zagroziłoby szansom na osiągnięcie Szóstego Celu Zrównoważonego Rozwoju, a także prowadziłoby do poważniejszych konsekwencji. Ponieważ woda jest niezbędna do prowadzenia produkcji w wielu sektorach, rosnący niedobór i wrażliwość zasobów wodnych zagrażają źródłom utrzymania na całym świecie. Straty związane z niedoborem wody mogą doprowadzić niektóre regiony do „trwałego ujemnego wzrostu”, przy czym istnieje ryzyko, że do 2050 roku stopa wzrostu w niektórych regionach zmniejszy się o 6% produktu krajowego brutto (Bank Światowy, 2016a, s. vi). Zmiany te najbardziej obciążą ubogie gospodarstwa domowe. Dlatego rozważając koszty finansowania infrastruktury wodnej, należy również ocenić „alternatywne ryzyko braku finansowania infrastruktury” (WWC, 2018, s. 15). Działania prewencyjne mogą zatem przynieść pozytywny zwrot z inwestycji w postaci uniknięcia przyszłych strat, a także poprawy obecnych sposobów gospodarowania wodą. Jednak, aby tak się stało, zarządcy wód będą musieli odpowiednio włączyć planowanie i projektowanie inwestycji do metod analitycznych, które pozwolą na właściwą identyfikację zagrożeń i niepewności związanych z warunkami klimatycznymi i nieklimatycznymi. W związku z tym konieczne jest nadanie priorytetu strategiom i inwestycjom adaptacyjnym, które są w stanie sprostać tym zagrożeniom i niepewności. Jeśli obecne sposoby finansowania gospodarki wodnej są niewystarczające, a zwiększenie finansowania zapewni znaczne potencjalne korzyści, to co można zrobić, aby zwiększyć dostęp do finansowania i zrealizować te korzyści? Podczas gdy gospodarka wodna wymaga większej uwagi ze strony tradycyjnych źródeł, takich jak finansowanie rządowe i na cele rozwojowe, rozwiązaniem może być również dodanie finansowania związanego z klimatem.

Climate Policy Initiative (CPI) podaje, że w ostatnich latach finansowanie działań związanych z klimatem wzrosło z 360 mld USD w 2012 roku do szacunkowych 510-530 mld USD w 2017 roku. Z 455 mld USD zainwestowanych w 2016 roku 11 mld USD przeznaczono na gospodarkę wodno-ściekową w ramach adaptacji do zmian klimatu, a 0,7 mld USD na gospodarkę wodno-ściekową w ramach łagodzenia skutków zmian klimatu. Oznacza to, że tylko 2,6% środków finansowych przeznaczonych na ochronę klimatu w 2016 roku przeznaczono bezpośrednio na gospodarkę wodną, co może jednak przesłaniać projekty związane z wodą w innych sektorach, takich jak zarządzanie zagrożeniami związanymi z klęskami; rolnictwo, leśnictwo, użytkowanie gruntów i zarządzanie zasobami naturalnymi; ochrona wybrzeża; i inne sektory (CPI, 2018).



Katalog tematyczny 3

Inicjatorzy projektów wodnych mogą dążyć do zwiększenia ilości funduszy przeznaczanych na sektor wodny i gospodarkę wodną w ramach dofinansowania działań związanych z klimatem i podkreślać związki wody z innymi dziedzinami związanymi z ochroną klimatu.

Reagowanie na zmiany klimatyczne obejmuje dwa podejścia: zmniejszenie i ustabilizowanie poziomu gazów cieplarnianych w atmosferze („łagodzenie”) i/lub dostosowanie się do zachodzących już zmian klimatycznych („adaptacja”).

Dwa obiecujące trendy będą w coraz większym stopniu ułatwiać dostęp do finansowania związanego z klimatem dla projektów wodnych.

Pierwszym z nich jest rosnące uznanie potencjału łagodzenia skutków zmian klimatu w projektach wodno-kanalizacyjnych. Ten trend może być szczególnie korzystny, ponieważ w 2016 roku 93,8% środków finansowych przeznaczonych na ochronę klimatu pochodziło z działań łagodzących, ale projekty wodne stanowiły ułamek 1% tej kwoty (CPI, 2018). W celowym łączeniu kwestii związanych z wodą i łagodzeniem skutków zmian klimatu może tkwić duży, niewykorzystany potencjał, przyciągający większe środki finansowe na cele związane z gospodarką wodną. Coraz częściej jednak dostrzega się potencjał łagodzenia skutków zmian klimatu, jaki niosą ze sobą rozwiązania w zakresie gospodarki wodnej. Przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne mogą mieć duży wpływ na zużycie energii, dlatego istnieją znaczne możliwości łagodzenia skutków zmian klimatu poprzez zwiększenie efektywności wykorzystania wody i energii oraz odzyskiwanie energii, wody i składników odżywczych ze ścieków.

Inne rozwiązania korzystne z punktu widzenia zasobów wodnych, jak i klimatu to rolnictwo regeneracyjne, zielona infrastruktura, odbudowa ekosystemów i inne innowacyjne inicjatywy, takie jak panele słoneczne unoszące się na zbiornikach wodnych i dostarczające czystej energii, zapobiegając jednocześnie stratom wody w wyniku parowania.

Drugim trendem jest coraz większy nacisk na finansowanie adaptacji do zmian klimatu. Finansowanie działań związanych z klimatem jest zazwyczaj w większym stopniu ukierunkowane na łagodzenie skutków zmian klimatu niż na adaptację do nich, ale ostatnio zaczęło się to zmieniać.

Celem Zielonego Funduszu Klimatycznego jest finansowanie w 50% działań łagodzących i w 50% działań adaptacyjnych, Bank Światowy przeznaczył 50 mld USD na adaptację w ciągu najbliższych pięciu lat, a kryteria certyfikacji obligacji klimatycznych obejmują inwestycje w odporność (Tall i Brandon, 2019). Dzięki tym zmianom osoby zajmujące się gospodarką wodną, które włączą analizę zmian klimatycznych do planowania swoich projektów, zwiększą swoje szanse na uzyskanie dostępu do finansowania działań związanych z klimatem, czy to w celu łagodzenia skutków zmian klimatycznych, czy adaptacji do nich. Na zarządzanie ryzykiem klęsk żywiołowych przeznaczono prawie 14% środków finansowych na adaptację do zmian klimatu w 2016 roku, czyli około 3 mld USD (CPI, 2018).



5.1.1 Rodzaje inwestycji klimatycznych obejmujących projekty wodne

Inwestycje typu „no-regret” i „low-regret”

Nie zawsze da się przewidzieć wpływ na klimat, zwłaszcza na poziomie mikro. Wiedza naukowa i modelowanie predykcyjne klimatu są nieustannie doskonalone, ale w międzyczasie należy podejmować decyzje, które pomogą społecznościom przygotować się i dostosować. Rozwiązaniem tutaj są inwestycje typu „no-regret” i „low-regret”.

Inwestycje typu „no-regret” to takie, które przynoszą korzyści niezależnie od wpływu na klimat - przyniosłyby korzyści nawet w przypadku braku zmiany klimatu, a także w przypadku szeregu potencjalnych zagrożeń klimatycznych. Inwestycje typu „low-regret” „mogą wiązać się z dodatkowymi kosztami w celu zrównoważenia ryzyka związanego ze zmianami klimatu, ale koszty te są niewielkie w porównaniu z korzyściami wynikającymi z uniknięcia przyszłych kosztów” (GWP-Caribbean/CCCC, 2014, s. 1). Takie projekty zwiększają odporność. Przynoszą one również korzyści wielu sektorom i interesariuszom, są elastyczne i umożliwiają wprowadzanie zmian w przeszłości, a także minimalizują kompromisy.

Interwencje typu „no-regret” w zakresie wody i zmiany klimatu mogą obejmować zbieranie wody deszczowej, zrównoważone zarządzanie wodami gruntowymi, technologie mikronawadniania, ponowne wykorzystanie ścieków i lepsze magazynowanie wody (Vermeulen i in., 2013). Każde działanie poprawiające wydajność i zwiększające oszczędności, na przykład poprzez redukcję wycieków, jest również powszechnie uważane za wybór typu „low-regret” lub „no-regret”. Działania te wiążą się zarówno z łagodzeniem skutków zmian klimatu, jak i z adaptacją do nich, ponieważ wydajność i oszczędności pozwalają zmniejszyć zużycie energii i zwiększają dostępność wody.

Finansowanie działań związanych z klimatem uzależnione od wyników

Finansowanie działań związanych z klimatem uzależnione od wyników to rodzaj inwestycji, w którym „fundusze są wypłacane przez inwestora lub darczyńcę na rzecz odbiorcy po osiągnięciu wcześniej uzgodnionego zestawu wyników [w zakresie łagodzenia skutków zmiany klimatu lub adaptacji], przy czym osiągnięcie tych wyników podlega niezależnej weryfikacji” (Bank Światowy, 2017d, s. 1). Można je stosować samodzielnie lub razem z finansowaniem z góry, a także na różną skalę i z udziałem różnych podmiotów.

Chociaż istnieje szereg różnych koncepcji finansowania działań związanych z klimatem uzależnionym od wyników, to mechanizm ten sam w sobie daje możliwość dokonania usprawnień w zakresie monitorowania, sprawozdawczości i zdolności weryfikacyjnych, wzmocnienia pozycji instytucji krajowych, zmobilizowania sektora prywatnego oraz rozwoju lub wsparcia rynków w celu uzyskania pożądaných wyników w zakresie ochrony klimatu. Większość dotychczasowych inwestycji uzależnionych od wyników dotyczyła projektów związanych z łagodzeniem skutków zmian klimatu, ponieważ emisja dwutlenku węgla jest dobrze zdefiniowanym i wymiernym wskaźnikiem, ale ten rodzaj finansowania można również wykorzystać do realizacji celów związanych z adaptacją do zmian klimatu. W związku z tym nowe mechanizmy klimatyczne oparte na wynikach mogą być ukierunkowane na NBS, w przypadku których spodziewana jest największa luka w finansowaniu (WWC/GWP, 2018). Z tego obiecującego sposobu finansowania mogą skorzystać projekty, które znajdują synergię między celami gospodarki wodnej a łagodzeniem skutków zmian klimatu lub adaptacją do nich.



5.1.2. Wielostronne finansowanie działań związanych z klimatem w zakresie gospodarki wodnej

Istnieją trzy wielostronne instytucje finansowe powołane specjalnie do finansowania projektów klimatycznych i środowiskowych: Zielony Fundusz Klimatyczny [Green Climate Fund], Fundusz na rzecz Globalnego Środowiska [Global Environment Facility] i Fundusz Adaptacyjny [Adaptation Fund]. Ponadto banki rozwoju zaczęły traktować zmiany klimatyczne jako priorytet i włączać je do swoich działań rozwojowych, a niektóre z nich dysponują funduszami przeznaczonymi specjalnie na ten cel. Zarządcy wód mogą zwrócić się do tych funduszy, które w 2016 roku przekazały 51 mld USD, czyli 11% całego finansowania na rzecz klimatu (CPI, 2018).

Zielony Fundusz Klimatyczny [Green Climate Fund]

Zielony Fundusz Klimatyczny został utworzony jako mechanizm finansowania w ramach Porozumienia paryskiego, aby pomóc krajom rozwijającym się w łagodzeniu skutków zmiany klimatu i przystosowaniu się do nich. Do 2019 roku fundusz otrzymał 10,3 mld USD w formie deklaracji finansowania, z zakładanych 100 mld USD rocznie, z czego około 5 mld USD przeznaczył na zatwierdzone projekty klimatyczne (ramka 12.4). Choć większość, jeśli nie wszystkie, obszary wyników i priorytety inwestycyjne obejmują gospodarkę wodną, najwyraźniejszym obszarem wyników w zakresie wody jest zdrowie, bezpieczeństwo żywnościowe i dostępu do wody, które wchodzi w zakres adaptacji (Zielony Fundusz Klimatyczny, b.d.).

Fundusz na rzecz Globalnego Środowiska [Global Environment Facility]

W ramach Funduszu na rzecz Globalnego Środowiska przyznawane są dotacje na różne rodzaje projektów środowiskowych, w tym na łagodzenie skutków zmian klimatycznych i adaptację do nich. Pełni on również funkcję mechanizmu finansowego dla Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC). Od momentu jego założenia w 1992 roku sfinansowano prawie 1000 projektów w zakresie łagodzenia skutków zmiany klimatu i 330 projektów w zakresie adaptacji do zmian klimatu. Najnowszy projekt, w którym korzyści odnieśli zarówno klienci, jak i dostawcy wody, „pomógł w opracowaniu narzędzi do oceny skutków cofania się lodowców i uwzględnienia kwestii zmian klimatycznych w planowaniu strategicznym” oraz „dotyczył pilnych problemów w zakresie rozwoju związanych z zaopatrzeniem w wodę lub nawadnianiem w Boliwii, Ekwadorze i Peru” (GEF, b.d.).

Fundusz Adaptacyjny [Adaptation Fund]

Fundusz Adaptacyjny został utworzony w ramach Protokołu z Kioto i służy finansowaniu projektów, które pomagają krajom rozwijającym się w przystosowaniu się do zmian klimatu. Od 2010 roku w ramach tego funduszu udzielono wsparcia ponad 80 projektom adaptacyjnym, a na działania związane z adaptacją do zmian klimatu i odpornością na nie przeznaczono 564 mln USD (Fundusz Adaptacyjny, 2019). Podczas 24. Konferencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (COP24) w grudniu 2018 roku państwa-strony zdecydowały, że Fundusz Adaptacyjny będzie obsługiwał Porozumienie paryskie od 2019 roku. Gospodarka wodna jest jednym z sektorów projektów Funduszu Adaptacyjnego, który przyjmuje wnioski dotyczące projektów transgranicznych.

Banki rozwoju

Zmiany klimatu stanowią zagrożenie dla celów rozwojowych i przeciwdziałania ubóstwu, natomiast działania na rzecz klimatu mogą przynieść dodatkowe korzyści dla rozwoju i sprawiedliwości. Dlatego też w trakcie COP24 Bank Światowy zobowiązał się do podwojenia swoich inwestycji proklimatycznych do 200 mld USD w latach 2021-2025 w celu wsparcia krajów podejmujących ambitne działania na rzecz klimatu (Bank Światowy, 2018b). Z tej kwoty, 50 mld USD zostanie przeznaczony na finansowanie adaptacji. Bank Światowy dostosowuje swoje wewnętrzne procesy i mierniki w celu uwzględnienia zagrożeń i możliwości klimatycznych, a także ocenia swoje działania pod kątem wpływu na klimat i dodatkowych korzyści.



Zarządcy wód liczący na dostęp do funduszy Banku Światowego powinni zatem uwzględnić w swoich planach łagodzenie skutków zmian klimatu i/lub adaptację do nich (Bank Światowy/IFC/MIGA, 2016). Niektóre wielostronne banki rozwoju sformułowały wytyczne dotyczące włączania analizy klimatu do planowania i projektowania inwestycji. Ponadto w ciągu ostatnich kilku lat wielostronne banki rozwoju opracowały wytyczne, które mają pomóc zespołom operacyjnym w tworzeniu portfeli inwestycji przyjaznych dla klimatu oraz w maksymalizacji efektów każdej inwestycji w zakresie adaptacji do zmian klimatu i łagodzenia ich skutków. Regionalne banki rozwoju również prowadzą inicjatywy związane ze zmianami klimatu, z których mogą skorzystać osoby zajmujące się gospodarką wodną. Członkowie Międzynarodowego Klubu Finansowania Rozwoju (IDFC), globalnej sieci 23 krajowych i regionalnych banków rozwoju, przeznaczyli w 2017 roku 196 mld USD na finansowanie działań związanych z klimatem, głównie na łagodzenie skutków zmian klimatu. Z 10 mld USD przeznaczonych na adaptację do zmian klimatu 58% przeznaczono na „ochronę” wód, co obejmuje zarządzanie zlewniami, gromadzenie wody deszczowej i remont sieci wodociagowych. Międzynarodowy Klub Rozwoju przekazał 72% swoich zobowiązań w zakresie finansowania ekologicznego (w tym finansowania związanego z klimatem i innymi aspektami środowiskowymi) do regionu Azji Wschodniej i Pacyfiku, podczas gdy Unia Europejska otrzymała 14% finansowania ekologicznego, a Ameryka Łacińska i Karaiby - 6%. Zobowiązania w zakresie finansowania ekologicznego dla Europy Wschodniej i Azji Środkowej, Bliskiego Wschodu i Afryki Północnej, Azji Południowej i Afryki Subsaharyjskiej były mniejsze i wynosiły 1-3% dla każdego regionu (IDFC, 2018).

5.1.3 Finansowanie działań związanych z klimatem w zakresie gospodarki wodnej na szczeblu krajowym

Dwustronne finansowanie działań związanych z klimatem

W wielu krajach i regionach, w tym w UE, Niemczech, Japonii, krajach skandynawskich, Szwajcarii, Wielkiej Brytanii, Zjednoczonych Emiratach Arabskich, Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej i innych, istnieją inicjatywy finansowania działań związanych z klimatem lub agencje rozwoju, których celem jest przeciwdziałanie zmianie klimatu.

Podobnie jak w przypadku większości podmiotów finansujących działania na rzecz klimatu, ze źródeł dwustronnych finansowano przede wszystkim łagodzenie skutków zmian klimatu (66% finansowania dwustronnego w 2017 roku), a nie adaptację (21%), przy czym działania przekrojowe były bardziej powszechne wśród źródeł dwustronnych (14% w 2017 roku) niż wielostronnych (4%) (OECD, 2018).

Finansowanie działań związanych z klimatem na szczeblu krajowym i regionalnym

W miarę jak narodowe deklaracje dotyczące redukcji emisji [ang. Nationally Determined Contribution - NDC] będą włączane do planów wydatków rządowych, wydatki krajowe poszczególnych rządów mogą stanowić coraz większe źródło finansowania działań związanych z klimatem. UNFCCC szacuje, że w latach 2015 i 2016 wydano rocznie z finansów publicznych 232 mld USD, z czego 157 mld USD rocznie w krajach rozwijających się, a 75 mld USD w krajach rozwiniętych. Jednak „kompleksowe dane dotyczące krajowych wydatków na klimat nie są łatwo dostępne, nie są też gromadzone regularnie ani przy użyciu spójnej metodologii” (UNFCCC, 2018, s. 62). Jeśli zarządcy wód będą w stanie dostosować swoje projekty do krajowych NDC, to będą mogli skorzystać z tych krajowych źródeł finansowania działań związanych z klimatem. Jednak bez wyczerpujących danych trudno jest wyciągnąć wnioski, które mogłyby ukierunkować działania w zakresie finansowania zaopatrzenia w wodę i dostępu do urządzeń sanitarnych. Krajowe instytucje finansowe mogą również oferować finansowanie działań związanych z klimatem.



W Ameryce Łacińskiej i na Karaibach krajowe banki rozwoju, takie jak Brazylijski Bank Rozwoju, „są już największym pojedynczym źródłem publicznego finansowania działań na rzecz klimatu na rynkach krajowych” (NRDC, 2017, s. 4). W ostatnich latach w kilku krajach, także na szczeblach lokalnych, zaczęto tworzyć banki inwestycji ekologicznych. Banki inwestycji ekologicznych „to wyspecjalizowane instytucje finansowe o kapitale publicznym, ukierunkowane na rynek krajowy, utworzone specjalnie w celu pozyskiwania kapitału prywatnego” dla inwestycji klimatycznych i środowiskowych (NRDC, 2017, s. 1). Choć początkowo banki inwestycji ekologicznych powstawały niemal wyłącznie w krajach OECD, obecne wysiłki zmierzają do rozszerzenia tego modelu na kraje Afryki, Azji i Ameryki Łacińskiej (Green Bank Network, 2018). Ponieważ liczba banków inwestycji ekologicznych stale rośnie, kierownicy projektów wodnych mogą chcieć monitorować ten obszar pod kątem przyszłych możliwości finansowania.

Finansowanie przez sektor prywatny

Finansowanie z sektora prywatnego stanowiło większość (54%, czyli 230 mld USD) przepływów finansowych na rzecz klimatu w 2016 roku, z czego większość pochodziła od podmiotów prowadzących projekty (CPI, 2018). Inne źródła finansowania z sektora prywatnego mogą obejmować rynki uprawnień do emisji dwutlenku węgla, bezpośrednie inwestycje zagraniczne, ubezpieczenia lub komercyjne instytucje finansowe. Szacuje się, że wielostronne banki rozwoju pozyskały 15,7 mld USD od podmiotów prywatnych (UNFCCC, 2018). Jednak źródła i przeznaczenie finansowania od podmiotów prywatnych nie są dobrze udokumentowane. Jednym z pojawiających się źródeł finansowania od podmiotów prywatnych, które mogą zainteresować osoby zajmujące się gospodarką wodną, jest rynek zielonych obligacji. Wprowadzone w 2007 roku zielone obligacje i obligacje klimatyczne oferują „znaczące globalne możliwości pozyskiwania kapitału na szeroką skalę na rzecz niskoemisyjnej, odpornej na zmiany klimatu infrastruktury i działań rozwojowych” (Bank Światowy, 2018c). Rynek zielonych obligacji szybko się rozwija - z 3,4 mld USD w 2012 roku do 168 mld USD w 2018 roku. Standard Obligacji Klimatycznych [ang. Climate Bonds Standard], system etykietowania podobny do certyfikacji FairTrade, wprowadził kryteria w zakresie infrastruktury wodnej [Water Infrastructure Criteria] do certyfikowania obligacji związanych z gospodarką wodną pod kątem standardów niskoemisyjnej i odpornej na zmiany klimatu gospodarki wodnej (Climate Bonds Initiative, 2018). W roku 2018 uruchomiono program Global Green Bond Partnership, którego celem jest przyspieszenie emisji zielonych obligacji. W ramach Partnerstwa planuje się opracowanie zestawów narzędzi dla firm, podmiotów szczebla lokalnego i innych grup zainteresowanych emisją zielonych obligacji tak, aby zarządcy wód mogli z nich korzystać w miarę ich pojawiania się (Bank Światowy, 2018c). Pojawiają się również inne rodzaje obligacji środowiskowych, takie jak obligacje katastroficzne, obligacje związane z wpływem na środowisko, czy obligacje na rzecz odporności.

Partnerstwa publiczno-prywatne

Partnerstwa publiczno-prywatne zorientowane na ochronę klimatu to kolejny potencjalny sposób na zaspokojenie potrzeb finansowych w zakresie inwestycji w infrastrukturę wodną odporną na zmiany klimatu. Jednostka Doradcza na rzecz Infrastruktury Publiczno-Prywatnej (Public-Private Infrastructure Advisory Facility, PPIAF) określiła zmianę klimatu jako priorytet strategiczny na lata budżetowe 2018-2022. Jednostka ta skupi się na inicjatywach związanych ze zmianą klimatu i włączy działania związane z klimatem do swoich prac w zakresie pomocy technicznej i wymiany wiedzy (Suriyagoda, 2017). Fundusz powierniczy PPIAF na rzecz przeciwdziałania zmianom klimatycznym przeznaczony na finansowanie infrastruktury będzie promować modele i środowiska umożliwiające tworzenie partnerstw publiczno-prywatnych przyjaznych dla klimatu. Zaopatrzenie w wodę i dostęp do urządzeń sanitarnych to jeden z obszarów objętych planowanymi przez Fundusz inicjatywami programowymi. Chociaż zmiany klimatyczne nie odgrywają obecnie znaczącej roli w partnerstwie publiczno-prywatnym, ich uwzględnianie w inicjatywach i działaniach informacyjnych Banku Światowego i PPIAF określi przyszłe trendy w infrastrukturze i jest kolejnym obszarem, którym zarządcy wód powinni się zainteresować.



Finansowanie mieszane

Finansowanie mieszane „łączy różne rodzaje finansowania w ramach jednego projektu lub funduszu” (Bank Światowy, 2019, s. 24). Finansowanie mieszane może wywołać efekt „przyciągania” poprzez wykorzystanie kredytów preferencyjnych (tj. kredytów o oprocentowaniu niższym niż rynkowe) lub dotacji w celu zwiększenia atrakcyjności projektów dla tradycyjnych źródeł kapitału, a także może pomóc projektodawcom lepiej zarządzać ryzykiem. Kilka banków rozwoju, funduszy klimatycznych i funduszy bilateralnych zaczęło wykorzystywać ten paradygmat do przyciągania finansowania komercyjnego i wspierania projektów, które mają potencjalnie duży wpływ, ale muszą pokonać bariery, by stać się opłacalne ekonomicznie. Kryteria akceptowalności Zielonego Funduszu Klimatycznego przez banki i inne znaczące źródła finansowania działań na rzecz klimatu zwykle wykluczają mniejsze projekty oraz te realizowane na szczeblu niższym niż krajowy. Aby zaradzić tej luce w finansowaniu, R20 Regions of Climate Action i BlueOrchard Finance na początku 2019 roku rozpoczną proces tworzenia subnarodowego funduszu związanego z klimatem dla Afryki (Subnational Climate Fund for Africa). Fundusz ten będzie wykorzystywał finansowanie mieszane do finansowania projektów infrastrukturalnych na szczeblu regionalnym, mających pozytywny wpływ na klimat na rynkach rozwijających się (R20 for Climate Action, 2018). Dla podmiotów prowadzących projekty w zakresie gospodarki wodnej, zwłaszcza w Afryce, może to być źródło finansowania, które warto obserwować pod kątem przyszłych możliwości. Szczególną uwagę należy poświęcić krajom o niskich dochodach, ponieważ „kraje, które mają największe potrzeby inwestycyjne, są często postrzegane jako ryzykowne i borykające się z problemami związanymi z zarządzaniem”. Tylko 3,6% środków prywatnych pozyskanych w latach 2012-2015 za pomocą finansowania mieszane trafiło do krajów o niskim dochodzie (Hedger, 2018b, s. 6).

5.2. Instrumenty finansowe dla władz miejskich

(Główne źródło: „Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach. Narzędzia strategiczne”, 2020, Ecologic Institute i Fundacja Sendzimira)

Książka „Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach. Narzędzia strategiczne”, 2020, przygotowana przez Ecologic Institute i Fundację Sendzimira, zawiera przegląd instrumentów, które mogą być stosowane przez władze miejskie w celu finansowania lub propagowania wdrażania NBS na szerszą skalę na obszarach miejskich.

Opisano w niej trzy instrumenty finansowe dla władz miejskich: ulgi finansowe i podatkowe, dofinansowanie i budżety obywatelskie.

5.2.1. Ulgi finansowe i podatkowe

Ulgi podatkowe i obniżki opłat są najczęściej stosowanymi instrumentami promowania zrównoważonych miejskich systemów odwadniania, które służą zwiększeniu infiltracji, ewapotranspirację lub ponownemu wykorzystaniu wód opadowych, a tym samym zmniejszeniu odprowadzania wód do miejskiego systemu kanalizacyjnego.

Te instrumenty finansowe zachęcają właścicieli nieruchomości do zainstalowania NBS na terenie posiadanych nieruchomości oraz do promowania inwestycji w nowe tereny zieleni miejskiej lub utrzymanie zieleni istniejącej



Gmina może wprowadzić dodatkowe opłaty za korzystanie z szarej infrastruktury w celu zwiększenia motywacji do wdrażania zielonej infrastruktury, ale wprowadzenie nowych opłat może jednak spotkać się ze sprzeciwem.

Należy starannie wyważyć ulgi podatkowe i obniżki opłat:

- Korzyści społeczne wynikające z wdrożenia NBS, takie jak zmniejszone zapotrzebowania na miejską infrastrukturę deszczową, mniejsze ryzyko powodziowe lub zmniejszone zanieczyszczenie powietrza.
- Korzyść dla właścicieli nieruchomości polegająca na zmniejszeniu powierzchni terenu, z którego wody trafiają do kanalizacji.

Ulga podatkowa lub obniżka opłat nie będzie działać zgodnie z intencją, jeżeli koszt instalacji NBS przewyższy wygenerowane korzyści i oszczędności.

Miasta powinny rozważyć przeprowadzenie kampanii uświadamiających, które podkreślą potencjał długoterminowych oszczędności, i wydanie gwarancji, że zachęty lub obniżki będą obowiązywać przez odpowiednio długi czas. Monitorowanie instalacji i funkcjonowania systemu NBS ma zasadnicze znaczenie dla potwierdzenia lub zmiany przeznaczenia instrumentu finansowego.

5.2.2. Dofinansowanie

Do promowania i upowszechnienia prywatnych inwestycji w NBS wykorzystywane są dotacje i subsydia. Wsparcie dotyczy najczęściej nieruchomości prywatnych, gdzie realizuje się np. zielone dachy lub inne systemy zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi. Ponieważ NBS przynoszą korzyści całym społecznościom, a nie tylko inwestorowi lub bezpośredniemu użytkownikowi, dofinansowanie jest swego rodzaju zapłatą za publiczne korzyści z prywatnej inwestycji.

Korzyści z dotacji dla wdrażania NBS:

- promowanie prywatnych inwestycji na prywatnych posesjach,
- Zmniejszenie obciążeń związanych z kosztownymi inwestycjami początkowymi poprzez wysoki zwrot w perspektywie długoterminowej,
- zmniejszanie postrzeganego ryzyka związanego z NBS i pobudzanie inwestycji w innowacyjne rozwiązania ekologiczne,
- płatności za dostarczanie dóbr publicznych,
- zwiększanie popularności konkretnych rozwiązań w celu osiągnięcia korzyści odpowiednich do skali miasta.

Aby zapewnić szerokie wykorzystanie NBS, konieczna jest atrakcyjna wysokość wparcia, odpowiednio rekompensująca niepewność i wyższe koszty początkowe w porównaniu z szarą infrastrukturą. Udanemu programowi dofinansowania powinna towarzyszyć kampania edukacyjna i popularyzatorska, zawierająca informacje o potencjalnych oszczędnościach na poziomie gospodarstwa domowego, zwiększająca świadomość i w efekcie skalę wykorzystania wsparcia. Wykazano, że precyzyjne zdefiniowanie zasad dotacji albo subsydiów oraz jasne wyjaśnienie warunków i uproszczenie procedur skutkują większą liczbą składanych wniosków.

NBS, w porównaniu z szarą infrastrukturą, mogą wymagać wyższych nakładów związanych z utrzymaniem w dłuższej perspektywie. W takich przypadkach konieczne może być wsparcie długoterminowe (np. w formie ulg podatkowych) jako uzupełnienie strategii współfinansowania, zabezpieczające jej powodzenie.



5.2.3. Budżety obywatelskie

Budżety obywatelskie (partycypacyjne) to proces, w którym obywatele współdecydują o sposobie wydatkowania środków z budżetu publicznego. Budżet obywatelski może być przeznaczony na projekty zieleni miejskiej, NBS lub ochronę klimatu. Dodatkowym efektem budżetowania partycypacyjnego może być upowszechnienie wśród obywateli wiedzy na temat korzyści z zastosowania NBS.

Podnoszenie świadomości i stymulowanie zaangażowania obywateli może być kluczową motywacją do tworzenia budżetu obywatelskiego przeznaczonego na projekty zieleni miejskiej, NBS lub ochronę klimatu. Budżet obywatelski może zachęcać sektor prywatny do inwestowania w takie projekty, przyciągając dodatkowe prywatne środki na działania adaptacyjne i łagodzące.

Projekty obejmują np. sadzenie drzew w celu redukcji efektu miejskiej wyspy ciepła oraz przechwytywania i retencji wody, ale również rozwój infrastruktury rowerowej, które stanowią część budżetu obywatelskiego realizowanego w Lizbonie.

Korzyści wynikające z budżetów obywatelskich dla wdrażania NBS:

- Generowanie nowych pomysłów i pozyskiwanie wiedzy lokalnej: budżety obywatelskie pozwalają dostrzec i wykorzystać nowe pomysły proponowane przez obywateli, co stanowi uzupełnienie eksperckiej wiedzy lokalnej administracji. Obywatele mogą przemyśleć i przedyskutować konkretne lokalne problemy, możliwe do rozwiązania z wykorzystaniem NBS, a także pomóc administracji lokalnej w ustaleniu priorytetów alokacji środków, kiedy fundusze są ograniczone
- Edukacja w dziedzinie NBS: dobrze poinformowani obywatele, aktywnie zaangażowani w planowanie i podejmowanie decyzji, mają również szansę lepiej zrozumieć korzyści z proponowanych rozwiązań, co może być szczególnie przydatne przy wprowadzaniu innowacyjnych NBS. Świadoma akceptacja wdrażanych inicjatyw może zapewnić większe poczucie własności i skłonić obywateli do aktywnego udziału w późniejszym utrzymaniu wykonanych projektów
- Zrozumienie ograniczeń budżetowych: budżety partycypacyjne pozwalają lepiej poznać ograniczenia budżetu gminnego i pomagają obywatelom zrozumieć, że w danym czasie można zrealizować ograniczoną liczbę projektów
- Odpowiednio skonstruowane budżety partycypacyjne mogą pozwolić na przeznaczenie środków publicznych na projekty zintegrowane i międzysektorowe (publiczno-prywatne) oraz pomóc w uruchomieniu prywatnych zasobów i wkładów finansowych lokalnych przedsiębiorców i deweloperów, a także w odblokowaniu innych funduszy, które bez dodatkowych środków publicznych nie zostałyby wykorzystane na NBS

Skuteczna realizacja musi obejmować sprawdzenie, czy proponowane w ramach procesu partycypacyjnego NBS są zgodne z określonymi standardami, tak by przyczyniały się faktycznie do wypełnienia założonych celów, jak np. zwiększenie dostępności terenów zielonych dla mieszkańców miast. Można to osiągnąć na przykład poprzez stworzenie zatwierdzonego przez gminę katalogu NBS, które kwalifikują się do finansowania, zawierającym specyfikacje techniczne. Jednym z przykładów opracowania, które można wykorzystać w tym celu, jest Katalog Techniczny NBS. Takie podejście ogranicza jednak swobodę obywatelskich propozycji i ogranicza innowacje do pomysłów zawartych w katalogu.



5.3. Zachęty ekonomiczne do ograniczania zużycia wody: studium przypadku miasta São Paulo

(Źródło: Economic incentives for water consumption reduction: case study of the city of São Paulo, Brazil. Water Policy 21 (2019). Cláudia Orsini M. de Sousa i Nuno M. M. Dias Fouto)

W badaniu de Sousa i Fouto (2019) wykazano, że dzięki zastosowaniu zachęt ekonomicznych udało się doprowadzić do zmniejszenia zużycia wody w mieście São Paulo w Brazylii. W ten sposób osiągnięto cel, jakim jest ochrona zasobów wodnych w sytuacji ich niedoboru.

Strategia zastosowana przez Agencję Wodną São Paulo łączyła dwa różne rodzaje zachęt ekonomicznych:

- bonifikatę dla klientów, którzy oszczędzali wodę i
- taryfę awaryjną dla odbiorców, którzy zwiększyli zużycie wody w okresie kryzysu.

Wyniki analizy ekonometrycznej potwierdzają wyniki analizy wyjaśniającej:

- wdrożenie bonifikaty stanowiło skuteczną zachętę do ograniczania zużycia wody i okazało się skuteczniejszym instrumentem niż taryfa awaryjna,
- ograniczenie zużycia było większe w dzielnicach, w których wykorzystywana jest woda z bardziej zagrożonych źródeł, aczkolwiek zostało odnotowane wśród mieszkańców wszystkich analizowanych dzielnic.

Ponadto analiza ekonometryczna wykazała, że dochód był istotnym czynnikiem jeśli chodzi o zmniejszenie zapotrzebowania na wodę zarówno w przypadku zmiennej ciągłej, jak i zmiennej binarnej (w przedziałach). W dzielnicach zamieszkiwanych przez wyższe klasy społeczne odnotowano wyższą skłonność do ograniczania zużycia.

Pomimo znaczenia bodźca ekonomicznego, znaczna część mieszkańców São Paulo nie czekała na wprowadzenie bonifikaty, aby zacząć oszczędzać wodę w swoich gospodarstwach domowych.

Monitoring nie był wystarczająco długotrwały, aby potwierdzić wpływ zmiennych społeczno-gospodarczych: brak informacji stanowi przeszkodę w przeprowadzeniu bardziej szczegółowej oceny. Niemniej jednak wyniki badań, takich jak te przeprowadzone w São Paulo, mogą być wykorzystane jako pomoc w podejmowaniu decyzji przez rząd w sytuacjach niedoboru wody. Działania zapobiegające niedoborom wody są priorytetem, ale strategia wdrożona w São Paulo może być przydatna, zwłaszcza jeśli weźmiemy pod uwagę, że działania zapobiegawcze są czasem trudne do wdrożenia, szczególnie w krajach słabo rozwiniętych.



Tabela przeglądowa: Zachęty i wsparcie finansowe w inteligentnym zarządzaniu

Cel ogólny

- Recykling i ponowne wykorzystanie ścieków
- Zwiększenie efektywności wykorzystania i dystrybucji wody
- Zapewnienie utrzymania właściwej jakości wody w akwenach
- Zatrzymanie wody na miejscu tak długo, jak to możliwe
- Promowanie wielokrotnego wykorzystania wody i zrównoważonej gospodarki wodnej
- Zachowanie przepływu w akwenach

Trudności związane z podejściem standardowym

Zarządzanie zasobami wodnymi jest obecnie niedofinansowane i wymaga większej uwagi ze strony rządów.

Bez odpowiednich pomiarów wyników trudniej jest uzyskać finansowanie.

Podejścia do inteligentnego zarządzania

Finansowanie może pochodzić ze źródeł, które nie są ściśle związane z gospodarką wodną (np. w przypadku NBS można korzystać z różnych programów finansowania poświęconych tylko jednemu obszarowi, takich jak jakość powietrza, energia, klimat).

„Wiarygodny system monitorowania postępów działania i jego rezultatów może sprzyjać pozyskiwaniu środków finansowych”. „Dla poszczególnych działań lokalnych można zastosować podejście polegające na finansowaniu wspólnotowym lub crowdfundingu”.

Strategie angażowania obywateli i komunikacji

Obywatele powinni być zaangażowani w opracowywanie zachęt i strategii ekonomicznych mających na celu ograniczenie zużycia wody.

Zachęty ekonomiczne są skuteczne w ograniczaniu zużycia wody i doprowadzenia do zaadaptowania przez obywateli oszczędnych sposobów korzystania z wody.

Budżet obywatelski zwiększa zaangażowanie obywateli w podejmowanie decyzji publicznych i upowszechnia wiedzę na temat kosztów infrastruktury wodnej i gospodarki wodnej.

Należy zbadać i przetestować innowacyjne systemy finansowania, które angażują obywateli.

Źródła i dalsze przykłady

United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change.

„Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach. Narzędzia strategiczne”, 2020, Ecologic Institute i Fundacja Sendzimira.

Komisja Europejska, Water Reuse Systemk, Management Manual, AQUAREC, 2006
<https://energy-cities.eu/financing-opportunities-for-sustainable-energy-climate-action-plans/>

Economic incentives for water consumption reduction: case study of the city of São Paulo, Brazil. Water Policy 21 (2019). Cláudia Orsini M. de Sousa i Nuno M. M. Dias Fouto



6. Programy edukacyjne

(Źródło: <https://en.unesco.org/themes/water-security/hydrology/water-education>)

Aby sprostać wyzwaniom związanym z gospodarką wodną, konieczna jest intensyfikacja edukacji w tym zakresie na wszystkich poziomach. Edukacja w zakresie gospodarki wodnej musi wykraczać poza nauczanie w zakresie hydrologii, lecz mieć charakter multidyscyplinarny. Podejście to obejmuje pogłębianie wiedzy naukowej poprzez szkolenie naukowców, a także zwiększanie wiedzy na temat zagadnień związanych z gospodarką wodną poprzez kursy skierowane do specjalistów i decydentów z dziedziny gospodarki wodnej. Pracownicy mediów również powinni być edukowani w tym zakresie tak, aby byli w stanie rzetelnie i skutecznie przekazywać informacje z zakresu gospodarki wodnej. Prace obejmą strategie edukacji społecznej mające na celu popularyzację oszczędzania wody w całej gminie, a także podniesienie umiejętności w zakresie lokalnego współzarządzania zasobami wodnymi. Istnieje kilka projektów, takich jak CWC, które propagują edukację w zakresie gospodarki wodnej i zawierają źródła, które mogą być przydatne w edukacji na różnych poziomach.

UNESCO zaproponowało szeroko zakrojony program edukacji w zakresie gospodarki wodnej. Metodologia zaproponowana przez UNESCO może stanowić inspirację i być wykorzystana na potrzeby lokalne.

UNESCO zapewnia wsparcie dla programów edukacyjnych związanych z gospodarką wodną: Oprócz sieci uniwersytetów, instytutów i placówek badawczych związanych z innymi tematami, projektami i inicjatywami Międzypaństwowego Programu Hydrologicznego [ang. Intergovernmental Hydrological Programme - IHP], ważną rolę w tym przedsięwzięciu odgrywają ośrodki zajmujące się gospodarką wodną (<https://en.unesco.org/themes/water-security/centres>). Opracowane zostaną studia przypadków wiodących praktyk w zakresie zrównoważonej gospodarki wodnej tak, aby kontynuować i rozszerzyć zakres szkolenia techników w dziedzinach związanych z gospodarką wodną. Program edukacyjny UNESCO obejmuje pięć głównych obszarów tematycznych:

- Poprawa edukacji w zakresie gospodarki wodnej na poziomie szkolnictwa wyższego oraz możliwości zawodowych w sektorze gospodarki wodnej
- Podjęcie kwestii kształcenia zawodowego i szkolenia techników ds. gospodarki wodnej
- Edukacja dzieci i młodzieży w zakresie gospodarki wodnej
- Promowanie świadomości zagadnień związanych z wodą poprzez nieformalną edukację w zakresie gospodarki wodnej
- Edukacja na rzecz transgranicznej współpracy i zarządzania zasobami wodnymi.

6.1. Poprawa edukacji w zakresie gospodarki wodnej na poziomie szkolnictwa wyższego oraz możliwości zawodowych w sektorze gospodarki wodnej

Aby zagwarantować powszechny dostęp do słodkiej wody i sprostać złożonym wyzwaniom związanym z czynnikami społecznymi, gospodarczymi, klimatycznymi i innymi na poziomie lokalnym, regionalnym i globalnym, należy zapewnić potencjał ludzki i wiedzę fachową w sektorze gospodarki wodnej i w dziedzinach pokrewnych.



Cele

- Pomoc w poprawie edukacji w zakresie gospodarki wodnej na poziomie szkolnictwa wyższego, zwłaszcza w krajach rozwijających się.
- Promowanie i wspieranie rozwoju interdyscyplinarnych i wielodyscyplinarnych programów nauczania oraz inicjatyw badawczych związanych z programami dotyczącymi gospodarki wodnej w instytucjach szkolnictwa wyższego i instytucjach badawczych.
- Wzmocnienie współpracy między Instytutem Edukacji o Wodzie UNESCO-IHE, Centrami UNESCO Kategorii II i katedrami UNESCO zajmujących się zagadnieniami związanymi z wodą, innymi agencjami i programami systemowymi ONZ oraz istniejącymi międzynarodowymi programami edukacyjnymi związanymi z wodą.
- Promowanie i wspieranie strategii i działań na rzecz ciągłego rozwoju zawodowego naukowców, inżynierów, menedżerów i osób odpowiedzialnych za kształtowanie polityki w sektorze gospodarki wodnej.
- Opracowanie interdyscyplinarnych materiałów, takich jak wytyczne, dokumenty informacyjne, prototypowe programy rozwoju zawodowego i studia przypadków, związanych z edukacją w zakresie gospodarki wodnej związane z bezpieczeństwem zaopatrzenia w wodę, powiązanych z realizacją innych tematów i programów Międzyrządowego Programu Hydrologicznego.

6.2. Podjęcie kwestii kształcenia zawodowego i szkolenia techników ds. gospodarki wodnej

Celem Międzyrządowego Programu Hydrologicznego będzie kontynuacja i rozszerzenie zakresu szkoleń techników w dziedzinach związanych z gospodarką wodną, takich jak monitoring hydrometeorologiczny, systemy irygacyjne, sanitarne i wodociągowe. Ważnym elementem tego obszaru tematycznego będzie badanie i przygotowywanie studiów przypadków z przykładami wiodących praktyk w zakresie zrównoważonej, zintegrowanej gospodarki wodnej na potrzeby szkolenia techników ds. gospodarki wodnej.

Cele

- Wspieranie konkretnych inicjatyw w rozwijających się państwach członkowskich w celu utrzymania i poprawy kształcenia zawodowego w zakresie gospodarki wodnej.
- Zbadanie, przygotowanie i przeanalizowanie studiów przypadków przykładów wiodących praktyk w zakresie zrównoważonej gospodarki wodnej w ramach szkolenia techników ds. gospodarki wodnej oraz wsparcie w przygotowaniu na ich podstawie wytycznych i dokumentów informacyjnych.

Podejmowanie dalszych wysiłków w ramach UNESCO i w partnerstwie z innymi agencjami i programami systemowymi ONZ w celu kontynuacji i rozszerzenia zakresu szkolenia techników w dziedzinach związanych z gospodarką wodną.

6.3. Edukacja dzieci i młodzieży w zakresie gospodarki wodnej

Edukacja w zakresie gospodarki wodnej powinna być częścią kształcenia dzieci i młodzieży. Poza formalnymi systemami edukacji rozważone zostaną inne inicjatywy, takie jak opracowanie zajęć związanych z edukacją w zakresie gospodarki wodnej na cele ich przeprowadzania w dziecięcych eko-klubach, klubach sportowych i grupach odkrywców. W tym celu należy rozwijać umiejętności nauczycieli i nieformalnych edukatorów w zakresie zagadnień związanych z gospodarką wodną w skali lokalnej, regionalnej i globalnej oraz ich zaangażowania się w działania na rzecz etycznego wykorzystania wody.



Cele

- Rozwijanie umiejętności nauczycieli i nieformalnych edukatorów w zakresie zagadnień związanych z gospodarką wodną w skali lokalnej, regionalnej i globalnej.
- Wspieranie i kierowanie opracowywaniem ulepszonych narzędzi do nauczania w zakresie gospodarki wodnej.
- Prowadzenie i zapewnianie wsparcia technicznego dla krajowych/regionalnych projektów demonstracyjnych oraz opracowywanie prototypowych materiałów na poziomie krajowym/regionalnym w wybranych państwach członkowskich/regionach.
- Zapewnienie pomocy technicznej przy opracowywaniu interdyscyplinarnych materiałów pomocniczych, takich jak wytyczne, dokumenty informacyjne i studia przypadków dotyczące wiodących praktyk w edukacji w zakresie gospodarki wodnej K-12 oraz opracowywaniu programów nauczania na temat zasobów wodnych, w koordynacji z innymi sektorami UNESCO.
- Zaproponowanie gier związanych z wodą w celu zwiększenia zaangażowania uczniów.

6.4. Podnoszenie poziomu świadomości poprzez nieformalną edukację w zakresie gospodarki wodnej

Spółeczność lokalna angażuje się w gospodarkę wodną i ochronę wód, jeśli posiada odpowiednią wiedzę na temat swojego działu wodnego, warunków naturalnych, społecznych i kulturowych, a także polityki i przepisów, trendów gospodarczych i możliwości rozwoju, oraz jeśli jest zorganizowana. IHP opracuje działania z zakresu edukacji wodnej dla społeczności lokalnych i będzie współpracować z Komitetami Narodowymi IHP.

Pracownicy środków masowego przekazu mogą odegrać ważną rolę w zwiększaniu świadomości na temat problemów i zagadnień związanych z gospodarką wodną. Mimo to do tej pory podjęto znikome próby podniesienia ich wiedzy w tym zakresie, dlatego też raporty dotyczą głównie ekstremalnych sytuacji związanych z wodą, kiedy nie da się już zastosować środków zapobiegawczych lub działań związanych z katastrofami, konfliktami, skażeniem, utratą życia i zasobów naturalnych.

Skutecznym mechanizmem zwiększającym świadomość społeczną będzie uzmysłowienie dziennikarzom, blogerom, filmowcom, pracownikom radia, telewizji i innych mediów znaczenia lokalnych, regionalnych i globalnych problemów związanych z gospodarką wodną.

Cele

- Opracowanie i promowanie strategii edukacji społeczności lokalnej w zakresie zagadnień związanych z gospodarką wodną (m.in. stan źródeł, ochrona, współzarządzanie).
- Zapewnienie pomocy technicznej przy opracowywaniu interdyscyplinarnych materiałów pomocniczych, takich jak wytyczne, dokumenty informacyjne i studia przypadków dotyczące wiodących praktyk w edukacji w zakresie gospodarki wodnej dla lokalnych społeczności.
- Zapewnienie pomocy technicznej przy opracowywaniu interdyscyplinarnych materiałów pomocniczych, takich jak wytyczne, dokumenty informacyjne i studia przypadków dotyczące wiodących praktyk w edukacji w zakresie gospodarki wodnej dla osób pracujących w mediach masowych i społecznych.
- Zaangażowanie czołowych przedstawicieli mass mediów w kampanie i programy zwiększające świadomość społeczną.



6.5. Edukacja na rzecz transgranicznej współpracy i zarządzania zasobami wodnymi

Ponieważ większość dużych dorzeczy i warstw wodonośnych na świecie jest współużytkowana przez dwa lub więcej krajów, zarządzanie zasobami wodnymi i ich ochrona muszą odbywać się w drodze negocjacji i zawierania porozumień. Jednak bardzo niewiele instytucji na świecie prowadzi specjalistyczne kursy lub projekty dotyczące negocjacji w sprawie gospodarki wodnej w ramach współpracy.

IHP angażuje się w inicjatywy edukacyjne, które wspierają współpracę i negocjacje dotyczące wód transgranicznych. PCCP (From Potential Conflict to Cooperation Potential [przekształcenie potencjalnego konfliktu w potencjał współpracy]) to długoterminowy projekt IHP, którego celem jest zebranie i opracowanie mądrych praktyk i narzędzi doradczych w zakresie negocjacji i zarządzania wspólnymi zasobami wodnymi. Na tym etapie zostaną opracowane nowe narzędzia budowania potencjału, wytyczne, programy nauczania i studia przypadków, które mają wspierać państwa członkowskie w bieżącym zarządzaniu transgranicznym i negocjacjach.

Cele

- Zapewnienie pomocy technicznej przy opracowywaniu interdyscyplinarnych materiałów pomocniczych, takich jak wytyczne, dokumenty informacyjne i studia przypadków dotyczące wiodących praktyk w edukacji i budowaniu potencjału na rzecz transgranicznej współpracy wodnej.
- Zacieśnienie współpracy i zwiększenie wzajemnego zrozumienia między państwami członkowskimi, wzmocnienie potencjału i opracowanie umów dotyczących zrównoważonego gospodarowania wodami transgranicznymi poprzez działania na rzecz budowania potencjału na wszystkich poziomach.
- Pomoc w opracowywaniu programów nauczania i badań dotyczących transgranicznej współpracy wodnej w instytucjach szkolnictwa wyższego.

6.6. Inteligentne urządzenia i grywalizacja

(Główne źródło: Gamification for water utilities, Isabel Micheel, Jasminko Novak | European Institute for Participatory Media, Berlin, Piero Fraternali | Politecnico di Milano)

Grywalizacja, wraz z powiązaniem z nią wykorzystaniem inteligentnych urządzeń, może być narzędziem edukacyjnym, zwłaszcza w zakresie podnoszenia świadomości obywateli i promowaniu zmiany sposobu używania wody, i można ją zdefiniować jako „Wykorzystanie technik projektowania gier i mechaniki gier w celu wzmocnienia aspektów niezwiązanych z grami” (S. Deterding, M. Sicart, L. Nacke, K. O'Hara, i D. Dixon).

Grywalizacja wykorzystuje elementy przypominające grę, aby wywołać określone zachowania u obywateli. Motywację do wykonywania zadań można osiągnąć za pomocą:

- Punktów - wartości liczbowych stanowiących miarę umiejętności użytkownika.
- Rankingu graczy - uporządkowanej listy graczy na podstawie wyników uzyskanych przez nich w określonej grze lub systemie.
- Osiągnięć - zdefiniowanego przez projektanta zestawu zadań do wykonania przez użytkownika w celu ukończenia zadania lub wyzwania i śledzenia postępów w systemie.
- Odznak - artefaktów przyznawane za ukończenie zadania lub wyzwania lub, w terminologii gier, po „odblokowaniu osiągnięcia”.



Katalog tematyczny 3

Grywalizacja może być częścią szerszego programu komunikacyjnego, który będzie bardziej skuteczny i zmniejszy potencjalne ryzyko, które jest następujące:

- Krótkoterminowy efekt
- Nie każdy proces lub działanie nadaje się w równym stopniu do zastosowania w ramach grywalizacji
- Czasami konieczna może być zmiana struktury procesów, aby można je było przekształcić w gry
- Sama grywalizacja często nie jest wystarczająco skuteczna

W ramach projektów europejskich przetestowano już zastosowanie grywalizacji w dziedzinie gospodarki wodnej, takich jak: projekt WATER- NOMICS, projekt WISDOM i projekt SmartH2O.

W poniższej ramce przedstawiono przykład zastosowania grywalizacji w celu kształtowania zrównoważonych zachowań w ramach projektu H2020 Sharing Cities.

SharingMi, promowanie ekologicznej zmiany zachowań poprzez grywalizację



SharingMi (<https://www.sharingmi.it/>) to społeczność greenApes mieszkańców Mediolanu, zarządzana przez Poliedra - Politecnico di Milano i wspierana przez władze miasta Mediolan.

SharingMi został uruchomiony w 2019 roku jako rezultat projektu Sharing Cities w ramach programu Horyzont 2020 (<http://www.sharingcities.eu/>), dotyczący zadania stworzenia Cyfrowego Rynku Społecznego, którego celem jest skłonienie obywateli do bardziej zrównoważonych zachowań, nagradzanie ich zachętami i nagrodami za proekologiczne zachowania i nawyki, a tym samym przyczynianie się do ochrony środowiska lokalnego.

Dotaczając do SharingMi, obywatele uzyskują dostęp do społeczności ludzi, którzy dzielą się swoimi historiami, potwierdzonymi pozytywnymi sposobami wykorzystania wody (poprzez zintegrowane czujniki innych dostawców, aplikacje i usługi, rejestrację GPS, tajne kody) oraz uczestniczą w specjalnych „wyzwaniach” i wydarzeniach tak, aby ich styl życia stał się jeszcze lepiej zrównoważony. Użytkownicy mogą inspirować się wzajemnie poprzez bezpośrednie interakcje, dzielenie się i wymianę opinii (poprzez „klaskanie” - rodzaj „polubień” w aplikacji greenApes, komentarze i prywatne wiadomości). Publikując posty i wchodząc w interakcje z innymi, użytkownicy zdobywają BankoNuty (punkty), które można wymienić na zachęty, usługi i nagrody oferowane przez lokalnych partnerów kierujących się tymi samymi wartościami ekologicznymi.



ONE YEAR OF SHARINGMI
21/02/2019 - 20/02/2020

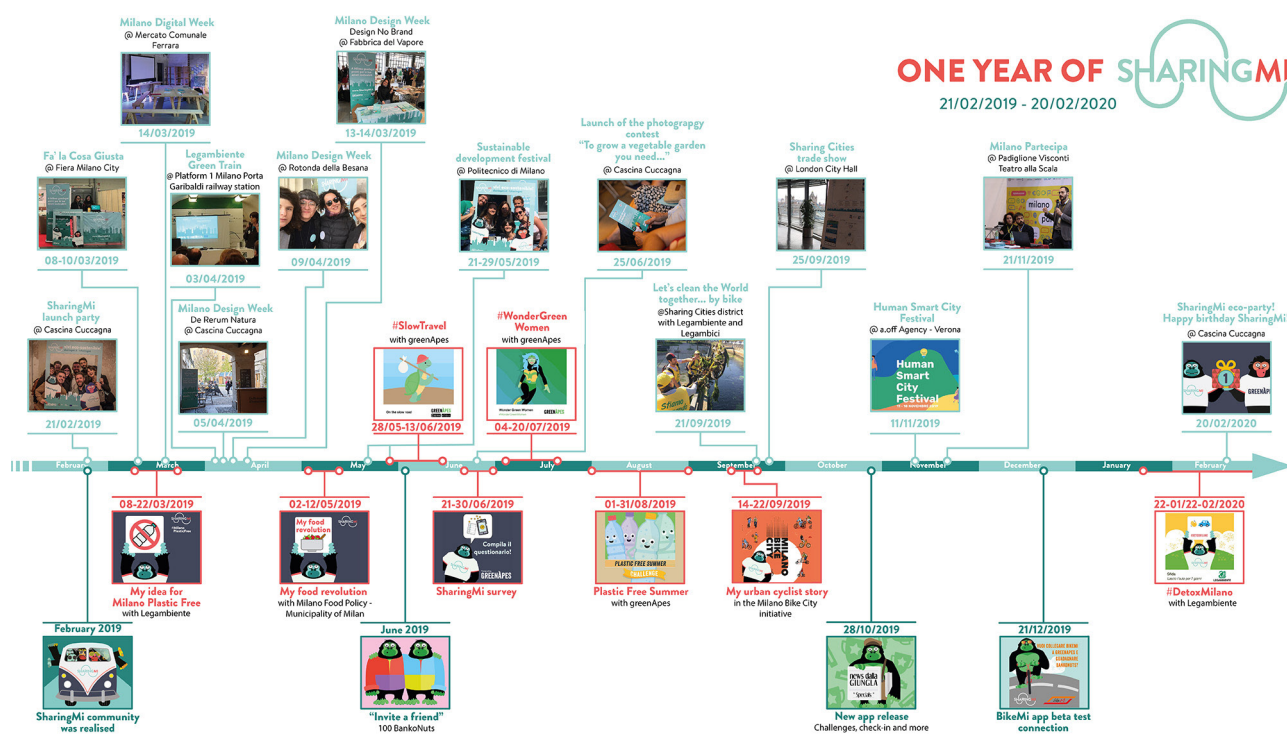


Tabela przeglądowa: Programy edukacyjne w zakresie inteligentnego zarządzania

Cel ogólny

- Recykling i ponowne wykorzystanie ścieków
- Promowanie wielokrotnego wykorzystania wody i zrównoważonej gospodarki wodnej

Cele szczegółowe

- Podnoszenie poziomu świadomości
- Poprawa zachowań związanych z korzystaniem z wody
- Zachęcanie obywateli do aktywnego zaangażowania
- Poszerzenie wiedzy o obiegu wody wśród różnych kategorii interesariuszy (np. techników, studentów, decydentów)

Trudności związane z podejściem standardowym

Edukacja w zakresie gospodarki wodnej musi wykraczać poza nauczanie nauk hydrologicznych i stać się multidyscyplinarna, a także być dostępna dla kategorii zainteresowanych stron, a nie tylko techników.

Podejścia do inteligentnego zarządzania

Inteligentne urządzenia i aplikacje zapewniają interesariuszom na różnych poziomach możliwość proaktywnego uczenia się.

Podejście oparte na grywalizacji zachęca obywateli do nauki i wykorzystania zdobytej wiedzy oraz eksperymentowania w celu zmiany zachowań związanych z użyciem wody.

Grywalizacja musi być częścią szerszego programu komunikacyjnego/edukacyjnego



Źródła i dalsze przykłady

en.unesco.org/themes/water-security/hydrology/water-education

www.sharingmi.it/

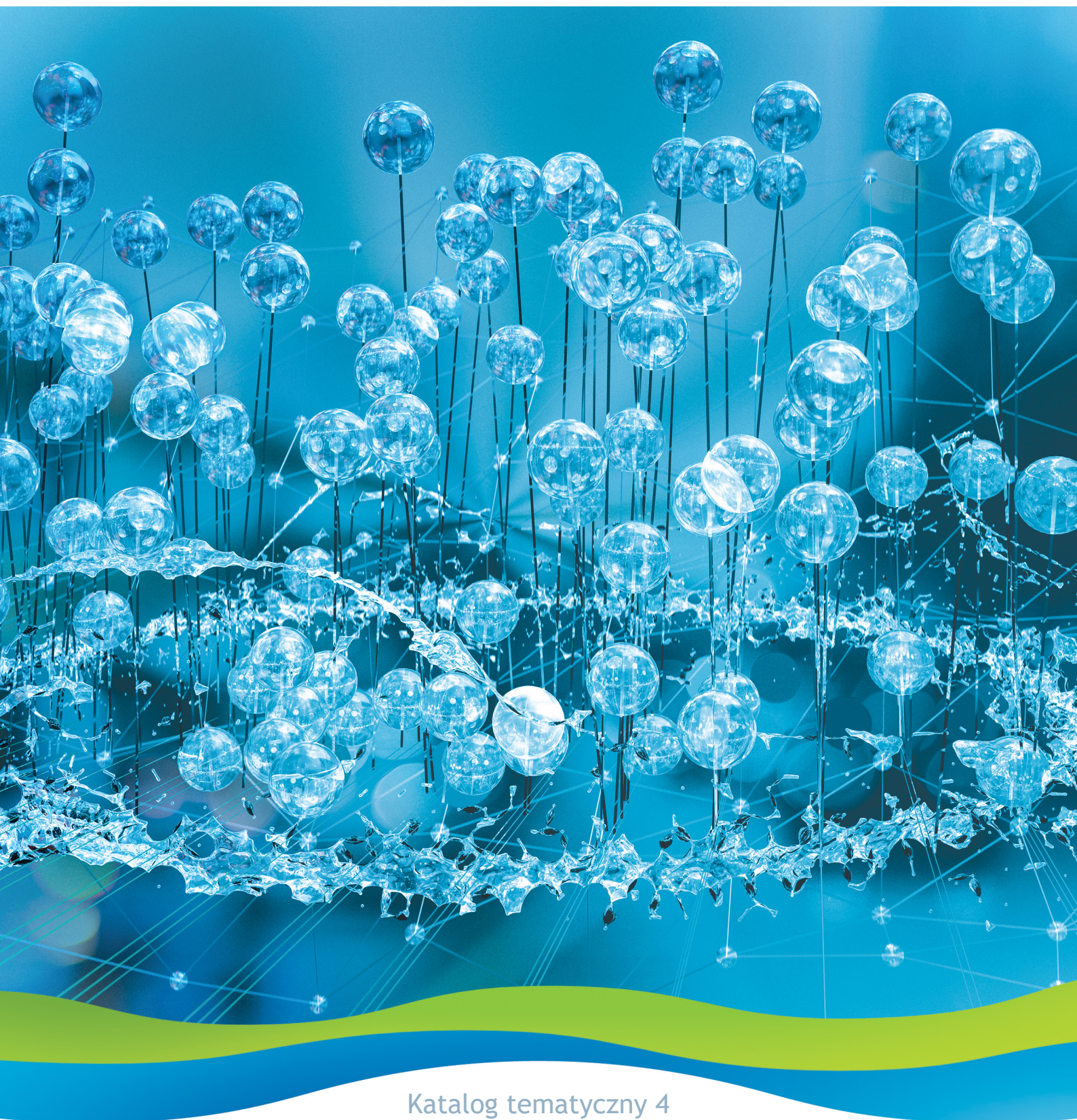
<https://hydropolis.pl/en/>

<https://pijkranowke.pl/>

<https://www.mpwik.wroc.pl/csr-2/mpwik-dzieciom/>

Wnioski

W niniejszym dokumencie przedstawiono przegląd możliwych inteligentnych podejść w zakresie zarządzania zasobami wodnymi. Kategorie działań zostały opisane indywidualnie, chociaż często są one zbieżne lub ich zakresy pokrywają się. Należyty projekt zarządzania zasobami wodnymi powinien uwzględniać wszystkie kategorie działań interwencyjnych i uwzględniać koordynację wynikających z nich działań. Studia przypadków zebrane w tym dokumencie pokazują przykłady, które mogą stanowić źródło inspiracji do podjęcia działań na rzecz inteligentnego podejścia do zarządzania zasobami wodnymi.



Katalog tematyczny 4

Nowatorskie narzędzia cyfrowe wspierające efektywne gospodarowanie wodą wśród obywateli/konsumentów



Spis treści

| | |
|---|------------|
| WSTĘP | 242 |
| 1. BADANIA OGÓLNOEUROPEJSKIE | 243 |
| 1.1. WYKAZ NARZĘDZI CYFROWYCH WSPIERAJĄCYCH OSZCZĘDNE GOSPODAROWANIE WODĄ | 243 |
| 1.2. BIEŻĄCE PROJEKTY UE OPRACOWANE W RAMACH PROGRAMU HORYZONT 2020 | 256 |
| 1.3. KLASTRY I PLATFORMY UE W ZAKRESIE GOSPODARKI WODNEJ | 258 |
| 2. INTELIGENTNE OPOMIAROWANIE WODY | 259 |
| 2.1. ŁAŃCUCH WARTOŚCI INTELIGENTNEJ GOSPODARKI WODNEJ | 260 |
| 2.2. CO TO JEST INTELIGENTNY POMIAR WODY? | 261 |
| 2.3. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE I UŻYTKOWE DOTYCZĄCE INTELIGENTNYCH WODOMIERZY | 262 |
| 2.3.1. Montaż inteligentnych wodomierzy | 262 |
| 2.3.2. Sieć | 262 |
| 2.3.3. Oprogramowanie/usługi | 262 |
| 2.4. OBSZARY ZASTOSOWAŃ | 263 |
| 2.4.1. Przykłady | 263 |
| 2.5. RÓŻNICE MIĘDZY SYSTEMAMI I PRODUKTAMI DOSTĘPNYMI NA RYNKU | 264 |
| 2.5.1. Przykłady | 264 |
| 2.6. KOSZTY I OSZCZĘDNOŚCI/KORZYŚCI | 265 |
| 2.6.1. Koszty | 265 |
| 2.6.2. Korzyści | 267 |
| 2.7. STUDIA PRZYPADKÓW | 271 |
| 2.7.1. Wielka Brytania | 271 |
| 2.7.2. Francja | 273 |
| 2.7.3. Hiszpania | 275 |
| 2.7.4. Dania | 276 |
| 2.7.5. Chorwacja | 276 |



Katalog tematyczny 4

| | |
|--|------------|
| 2.8. WPŁYW INTELIGENTNEGO POMIARU WODY NA ZMIANĘ NAWYKÓW KONSUMENTÓW | 280 |
| 2.8.1. Przykład | 282 |
| 2.9. WYZWANIA I OGRANICZENIA | 283 |
| WYKAZ PIŚMIENICTWA | 285 |



Wstęp

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat na świecie nastąpił znaczący rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnych. Zwiększyła się nie tylko ich liczba i jakość, ale także zasięg, różnorodność i liczba użytkowników. Technologie te, ze względu na ich dostępność, zasięg, różnorodność i szybkość działania, są przez wielu postrzegane jako niezwykle korzystne dla poszerzania wiedzy. Z tego też względu narzędzia cyfrowe i technologie informacyjno-komunikacyjne ogółem, wykorzystywane w celu zwiększenia racjonalizacji zużycia wody, służą nie tylko jako użyteczne narzędzia technologiczne i narzędzia inteligentnego zarządzania, ale także jako narzędzia, które mogą stymulować zmianę zachowań wśród ogółu społeczeństwa oraz zwiększać wiedzę na dany temat. Aby jeszcze bardziej ułatwić to zadanie, w ramach projektu „Projekt City Water Circles - Urban Cooperation Models for enhancing water efficiency and reuse in Central European functional urban areas with an integrated circular economy approach - CWC” [Obieg wody w mieście - Miejskie modele współpracy w zakresie wdrożenia racjonalnego korzystania z wody w Miejskich Obszarach Funkcjonalnych Europy Środkowej zgodnie z ideą gospodarki o obiegu zamkniętym] zaplanowano stworzenie bazy wiedzy wprowadzającej nowe narzędzia cyfrowe wspierające oszczędne gospodarowanie wodą wśród obywateli/konsumentów.

Dokument zawiera przegląd narzędzi i rozwiązań cyfrowych wspierających racjonalizację zużycia wody i zrównoważone zachowania, takich jak oszczędzanie wody, zbieranie wody deszczowej, wykorzystywanie ścieków, styl życia „zero waste” itp. Przedstawiono w nim także podsumowanie przeprowadzonego ogólnounijnego przeglądu koncepcji, prototypów i rozwiązań zbliżonych do rynkowych w oparciu o różne źródła, głównie tych opisanych na stronie internetowej Cordis. Prezentowane rozwiązania zawierają nazwę narzędzia, projekt, w ramach którego zostało ono opracowane (jeśli dotyczy), krótki opis projektu/narzędzia, poziom gotowości technologicznej, kraj, w którym zostało opracowane i gdzie może być wykorzystywane, a także odpowiednią stronę internetową. W celu śledzenia przyszłych trendów w zakresie narzędzi wspierających racjonalną gospodarkę wodną, przedstawiono również listę unijnych klastrów i platform gospodarki wodnej oraz wykaz realizowanych obecnie projektów w ramach programu Horyzont 2020 (H2020), w ramach których opracowywane i promowane są rozwiązania informacyjno-telekomunikacyjne w zakresie gospodarki wodnej. Wreszcie, biorąc pod uwagę dostrzeżony potencjał inteligentnych cyfrowych narzędzi pomiarowych, zarówno w zakresie racjonalizacji zużycia wody, jak i pozytywnej zmiany zachowań użytkowników, ostatni rozdział Katalogu zawiera kompleksowe wprowadzenie do wspomnianych narzędzi, obejmujące ich zastosowanie, wymagania konstrukcyjne i użytkowe, obszary zastosowań, różnice między systemami dostępnymi na rynku, koszty i korzyści, a także kilka przykładów i studiów przypadku.



1. Badania ogólnoeuropejskie

1.1. Wykaz narzędzi cyfrowych wspierających oszczędne gospodarowanie wodą

W oparciu o różne źródła, takie jak Cordis, EU Science Hub, baza danych Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii, a także szeroko zakrojonych badań internetowych, poniżej przedstawiono zbiór narzędzi i rozwiązań cyfrowych wspierających oszczędne gospodarowanie wodą, których celem jest kształtowanie odpowiednich nawyków. W tabeli przedstawiono różne narzędzia programowe, aplikacje mobilne, e-platformy, gry, systemy alarmowe, aplikacje smart data stosowane i tworzone w UE, a także narzędzia wykorzystane (lub które zostaną wykorzystane) do ich opracowania (jeśli dotyczy), krótki opis projektu/narzędzia, ich poziom gotowości technologicznej (1 - najniższy - przestrzegane są tylko podstawowe zasady, 9 - najwyższy - system jest sprawdzony w działaniu), kraj, w którym zostały opracowane i w którym można z nich korzystać, a także odpowiednie źródła internetowe.



Narzędzie: Advizzo

Projekt: nd.

Opis: Oprogramowanie pomagające przedsiębiorstwom użyteczności publicznej włączać swoich klientów w działania mające na celu usprawnienie ich działalności oraz oszczędzanie energii i wody.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Wielka Brytania

Strona internetowa:

<https://www.advizzo.com/>



Narzędzie: BiWAS

Projekt: Biological Water Alarm System (BiWAS) for protection of urban drinking water infrastructure against CBRN threat [System alarmowy na cele ochrony infrastruktury miejskiej wody pitnej przed zagrożeniami i ryzykiem jądrowym, biologicznym, radiologicznym i chemicznym (CBRN)]

Opis: Kompaktowy system wczesnego ostrzegania służący monitorowaniu jakości wody pitnej. Jest to oprogramowanie sieciowe pozwalające użytkownikom sprawdzać jakość wody w różnych miejscach w czasie zbliżonym do rzeczywistego, ułatwiając w ten sposób racjonalizację korzystania z wody.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Norwegia, Szwecja

Strona internetowa:

<https://aquaalarm.net/>



Narzędzie: B-WaterSmart

Projekt: Accelerating Water Smartness in Coastal Europe [Przyspieszenie rozwoju inteligentnego gospodarowania wodą w Europie przybrzeżnej]

Opis: Opracowanie inteligentnych aplikacji do obsługi danych służące do alokacji zasobów wodnych w sposób bardziej wydajny i bezpieczny oraz ich racjonalnemu wykorzystaniu.

Poziom gotowości technologicznej: 5 - 7

Lokalizacja: Belgia, Niemcy, Grecja, Włochy, Holandia, Norwegia, Portugalia, Hiszpania

Strona internetowa:

<https://cordis.europa.eu/project/id/869171>



Narzędzie: CASTWATER

Projekt: Coastal Areas Sustainable Tourism Water Management in the Mediterranean [Obszary przybrzeżne - zrównoważona turystyka - gospodarka wodna w regionie Morza Śródziemnego]

Opis: Aplikacja internetowa, która pomaga MŚP w określeniu sposobów oceny i poprawy aspektów związanych z gospodarką wodną, a także dostarcza władzom publicznym danych statystycznych na temat aktualnego stanu zrównoważonej gospodarki wodnej w MŚP z branży turystycznej na danym obszarze, co ma na celu usprawnić zrównoważone wykorzystanie wody.

Poziom gotowości technologicznej: nd.

Lokalizacja: Chorwacja, Francja, Cypr, Grecja, Włochy, Malta, Hiszpania

Strona internetowa:

<https://castwater.interreg-med.eu/>



Narzędzie: The City Blueprint

Projekt: Blueprints for Smart Cities: Developing the methodology for a coordinated approach to the integration of the water and waste sectors within the EIP Smart Cities and Communities [Plany dla inteligentnych miast: Opracowanie metodologii skoordynowanego podejścia do integracji sektora ochrony wód i gospodarki odpadami w ramach europejskiego partnerstwa innowacyjnego na rzecz inteligentnych miast i społeczności]

Opis: Oprogramowanie, które pozwala użytkownikom docelowym na tworzenie zwięzłych, jasnych i skutecznych analiz sytuacji w zakresie ochrony wód i gospodarki odpadami oraz energii, transportu i technologii informacyjno-komunikacyjnych w dowolnej miejscowości.

Poziom gotowości technologicznej: nd.

Lokalizacja: Belgia, Finlandia, Francja, Grecja, Włochy, Niderlandy, Hiszpania, Turcja, Wielka Brytania

Strona internetowa:

<https://cordis.europa.eu/project/id/642354>



Katalog tematyczny 4



Narzędzie: Closca Water

Projekt: nd.

Opis: Aplikacja mobilna zawierająca w swojej bazie największą liczbę stacji uzupełniania wody na świecie, która nagradza użytkowników za rezygnację z jednorazowych wyrobów plastikowych, przyczyniając się w ten sposób do zmiany ich zachowań.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Cały świat

Strona internetowa:

<https://apps.apple.com/us/app/closca-water-refill-everywhere/id1455330949>



Narzędzie: DAIAD

Projekt: Open Water Management - from droplets of participation to streams of knowledge [Otwarta gospodarka wodna - od kropli uczestnictwa do potoków wiedzy]

Opis: Zastosowanie technologii Big Data i uczenia maszynowego (ML) na cele wykorzystania danych z inteligentnych wodomierzy i pomocy konsumentom w zmianie ich nawyków w kierunku bardziej racjonalnego korzystania z wody.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Wdrożone w Niemczech, może być używane w dowolnym miejscu na świecie

Strona internetowa:

<http://daiad.eu/>



Narzędzie: Deepki

Projekt: nd.

Opis: Oprogramowanie, które automatycznie zestawia i analizuje istniejące dane użytkowników w celu zidentyfikowania potencjalnych możliwości oszczędzania energii i wody oraz zmiany nawyków na bardziej proekologiczne.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Opracowane w Wielkiej Brytanii, może być używane w dowolnym miejscu na świecie

Strona internetowa:

<https://www.deepki.com/en/>



Narzędzie: Dropcountr

Projekt: nd.

Opis: Aplikacja mobilna, która łączy użytkowników z przedsiębiorstwami wodociągowymi za pomocą urządzeń mobilnych, z których korzystają na co dzień. Służy ona do zarządzania indywidualnym zużyciem wody, porównywania zużycia z podobnymi sąsiadami, ustalania i osiągania celów w zakresie zużycia, podglądu komunikatów zakładów wodociągowych. Za jej pośrednictwem użytkownicy zyskują także dostęp do korzystnych rabatów.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Opracowane w USA, może być stosowane na całym świecie

Strona internetowa:

<https://www.dropcountr.com/platform-home/>



Narzędzie: Aplikacja mobilna DWC AR

Projekt: DIGITAL-WATER.city - Leading urban water management to its digital future [Rozwój gospodarki wodnej w mieście w kierunku cyfrowej przyszłości]

Opis: Aplikacja mobilna wykorzystująca technologię rozszerzonej rzeczywistości (AR), pozwalająca na wizualizację środowiska geologicznego i wód gruntowych, opracowana w celu podkreślenia ich znaczenia jako zasobów wody pitnej.

Poziom gotowości technologicznej: 5 - 7

Lokalizacja: Wdrożone w Niemczech, może być używane w dowolnym miejscu na świecie

Strona internetowa:

<https://www.digital-water.city/solution/augmented-reality-ar-mobile-application-for-groundwater-visualization/>



Narzędzie: Aplikacja mobilna DWC

Projekt: N/A

Opis: Aplikacja mobilna informująca mieszkańców Paryża o zagrożeniach związanych z zanieczyszczeniem wody w kąpieliskach w celu zwiększenia zaangażowania i poziomu świadomości wśród społeczeństwa.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Opracowane we Francji (Paryż)

Strona internetowa:

<https://www.digital-water.city/solution/machine-learning-based-early-warning-system-for-bathing-water-quality/>



Narzędzie: Gra przeglądarkowa DWC

Projekt: N/A

Opis: Gra pozwalająca użytkownikom na pracę z danymi i ułatwiająca zrozumienie złożoności problemów związanych z dostępnością wody, emisją dwutlenku węgla, zużyciem energii i wydajnością upraw.

Poziom gotowości technologicznej: 5 - 7

Lokalizacja: Opracowano i przetestowano we Włoszech (Mediolan)

Strona internetowa:

<https://www.digital-water.city/solution/serious-game-on-the-water-reuse-carbon-energy-food-and-climatic-nexus/>



Narzędzie: co Life Hacks - Your sustainable coach

Projekt: nd.

Opis: Aplikacja mobilna oferująca użytkownikom szereg prostych wskazówek ekologicznych w zakresie konsumpcji, energii, żywności, wody i odpadów.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Opracowane na Malcie, może być używane na całym świecie

Strona internetowa:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.roland.ecolifehacks&hl=en&gl=US>



Narzędzie: Eevie - Your Climate Guide

Projekt: nd.

Opis: Inteligentny przewodnik, który pomaga użytkownikom zmniejszyć poziom emisji dwutlenku węgla poprzez codzienne wprowadzanie drobnych zmian i sadzenie lasów w celu zniwelowania wpływu innych czynników.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Opracowane w Niemczech, może być stosowane na całym świecie

Strony internetowe:

<https://www.eevie.io/>
<https://play.google.com/store/apps/details?id=io.humbltd.eevie&hl=en&gl=US>



Narzędzie: enCOMPASS

Projekt: Collaborative Recommendations and Adaptive Control for Personalised Energy Saving [Rekomendacje opracowane przy współdziałaniu użytkowników i sterowanie adaptacyjne ułatwiające indywidualne oszczędzanie energii]

Opis: Innowacyjne, przyjazne dla użytkownika narzędzia cyfrowe udostępniające dane dotyczące zużycia energii i czyniące je zrozumiałymi dla różnych interesariuszy, umożliwiające im zmniejszenie zużycia energii i zaspokajanie potrzeb w sposób energooszczędny i korzystny finansowo.

Poziom gotowości technologicznej: 6 - 9

Lokalizacja: Niemcy, Grecja, Węgry, Włochy, Litwa, Roma, Szwajcaria

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/723059>

<http://www.encompass-project.eu/>



Narzędzie: Environment Challenge

Projekt: nd.

Opis: Aplikacja mobilna, która ułatwia użytkownikom zmianę nawyków na bardziej proekologiczne poprzez różne wyzwania, punkty i poziomy do zdobycia, a także codzienne informacje o środowisku. Jednym z wyzwań jest ograniczenie marnotrawstwa wody.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Świat

Strona internetowa:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aminprojects.saveearth>



Narzędzie: Platforma informatyczna Fiware4Water

Projekt: B FIWARE for the Next Generation Internet Services for the WATER sector [B FIWARE na rzecz usług internetowych nowej generacji dla sektora wodnego]

Opis: Platforma informatyczna, która przyczyni się do rozwoju innowacyjnych rozwiązań cyfrowych, dostarczających użytkownikom potrzebnych informacji i oferujących sugestie dotyczące zmiany nawyków i oszczędzania wody na poziomie gospodarstwa domowego.

Poziom gotowości technologicznej: 5 - 7

Lokalizacja: Francja, Niemcy, Grecja, Holandia, Rumunia, Hiszpania, Wielka Brytania

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/821036>

<https://www.fiware4water.eu/>



FREEWA

Narzędzie: FREEWA

Projekt: nd.

Opis: Platforma internetowa i aplikacja mobilna do tworzenia map miejsc, w których dostępna jest darmowa woda pitna na całym świecie.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Opracowane w Chorwacji, może być używane na całym świecie

Strona internetowa:

<https://freewa.org/>



Narzędzie: Gra IMPREX

Projekt: Improving PRedictions and management of hydrological EXtremes [Usprawnienie prognozowania ekstremów hydrologicznych i zarządzania nimi]

Opis: Gra, której celem jest podniesienie wiedzy, świadomości i ułatwienie obywatelom zmiany nawyków. W tej grze użytkownik stara się ochronić swoje miasto i jego mieszkańców przed powodzią.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Belgia, Niemcy, Grecja, Francja, Włochy, Holandia, Hiszpania, Szwecja, Wielka Brytania

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/641811>

<https://www.imprex.arctik.tech/>



ISS-EWATUS

Narzędzie: ISS-EWATUS

Projekt: Integrated Support System for Efficient Water Usage and Resources Management [Zintegrowany system wspomagający racjonalne wykorzystywanie wody i zarządzanie zasobami]

Opis: Planuje się stworzenie systemu informacyjnego służącego do zbierania danych o zużyciu wody w celu zwiększenia poziomu świadomości wśród konsumentów w tym zakresie.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Grecja, Holandia, Polska, Hiszpania, Wielka Brytania

Strona internetowa:

<https://cordis.europa.eu/project/id/619228>



iWIDGET

Narzędzie: iWIDGET

Projekt: Improved water efficiency through ICT technologies for integrated supply-demand side management [Racjonalizacja zużycia wody dzięki technologiom informacyjnym i komunikacyjnym (ICT) dla zintegrowanego zarządzania podażą i popytem]

Opis: Platforma informatyczna przyczyniająca się do rozwoju innowacyjnych rozwiązań cyfrowych, dostarczających użytkownikom potrzebnych informacji i oferujących sugestie dotyczące zmiany nawyków i oszczędzania wody na poziomie gospodarstwa domowego.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: UE

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/318272>

<http://www.i-widget.eu/>



Narzędzie: Aplikacja NAIADES

Projekt: A holistic water ecosystem for digitisation of urban water sector [Kompleksowy ekosystem wodny na cele cyfryzacji miejskiego sektora wodnego]

Opis: Opracowana zostanie aplikacja, której celem będzie zwiększenie zaangażowania użytkowników w działania na rzecz ochrony wód.

Poziom gotowości technologicznej: 5 - 7

Lokalizacja: UE

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/820985>

<https://naiades-project.eu/>



Narzędzie: Narzędzia cyfrowe NextGen

Projekt: Towards a next generation of water systems and services for the circular economy [Droga do nowej generacji systemów i usług wodnych dla gospodarki o obiegu zamkniętym]

Opis: Stworzenie gier poważnych i rzeczywistości rozszerzonej w celu wykorzystania jako narzędzi do badania gospodarki o obiegu zamkniętym i zachęcania obywateli i pozostałych interesariuszy do zmiany nawyków.

Poziom gotowości technologicznej: 5 - 7

Lokalizacja: Belgia, Francja, Niemcy, Grecja, Węgry, Niderlandy, Rumunia, Hiszpania, Szwajcaria, Zjednoczone Królestwo

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/776541>

<https://nextgenwater.eu/>



Katalog tematyczny 4



POWER

A social response
to global water
issues.

Narzędzie: POWER

Projekt: Political and sOcial awareness on Water EnviRonmental challenges [Świadomość polityczna i społeczna w zakresie wyzwań związanych z ochroną środowiska wodnego]

Opis: Cyfrowa platforma społecznościowa zorientowana na użytkowników zapewniająca zaangażowanie szeroko pojętego społeczeństwa i wspólnoty wiedzy.

Poziom gotowości technologicznej: 5 - 7

Lokalizacja: Niemcy, Izrael, Włochy, Holandia, Portugalia, Hiszpania, Zjednoczone Królestwo

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/687809>

<https://www.power-h2020.eu/>



SCOREWATER

Narzędzie: SCOREwater

Projekt: Smart City Observatories implement REsilient Water Management [Smart City Observatories wdrażają odporną gospodarkę wodną]

Opis: Zostanie opracowana platforma monitorująca zaangażowanie społeczne w czasie rzeczywistym, obejmująca swoim zakresem jakość wód powierzchniowych i ścieków w mieście i promująca nawyki ograniczające zużycie wody.

Poziom gotowości technologicznej: 5 - 7

Lokalizacja: Belgia, Francja, Niemcy, Grecja, Węgry, Niderlandy, Rumunia, Hiszpania, Szwajcaria, Zjednoczone Królestwo

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/820751>

<https://www.scorewater.eu/>



SIM4NEXUS

Narzędzie: Gra SIM4NEXUS

Projekt: Sustainable Integrated Management FOR the NEXUS of water-land-food-energy-climate for a resource-efficient Europe [Zrównoważone zintegrowane zarządzanie na styku woda- ziemia- żywność-energia-klimat na rzecz Europy efektywnie korzystającej z zasobów]

Opis: Gra pomagająca użytkownikom zrozumieć i zbadać wzajemne powiązania pomiędzy zarządzaniem zasobami wody, energii, gruntów i żywności w kontekście zmian klimatu.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: UE

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/689150>

<https://www.sim4nexus.eu/page.php?wert=SeriousGame>



Narzędzie: Platforma SmartH2O

Projekt: SmartH2O: platforma ICT wykorzystująca informatykę społeczną do efektywnego zarządzania zużyciem wody

Opis: Platforma umożliwia zarządcom wodociągów zamknięcie pętli pomiędzy rzeczywistym poziomem zużycia wody a pożądanymi celami, wykorzystując informacje o tym, jak konsumenci dostosowują swoje nawyki do nowych sytuacji: nowych przepisów, nowych cen wody, apeli o jej oszczędzanie.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Niemcy, Włochy, Rumunia, Hiszpania, Szwajcaria, Wielka Brytania

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/619172>

<https://smarth2o.deib.polimi.it/>



Narzędzie: Tap Water Ljubljana

Projekt: nd.

Opis: Aplikacja mobilna, która promuje korzystanie z bezpłatnej i czystej wody w 17 lokalizacjach na terenie Lublany.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Słowenia (Lublana)

Strona internetowa:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=si.enki.tapwaterljublana&hl=en&gl=US>



Narzędzie: UrbanWater

Projekt: Intelligent Urban Water Management System [Inteligentny system miejskiej gospodarki wodnej]

Opis: Platforma usprawnia kompleksowe zarządzanie zasobami wodnymi na obszarach miejskich. Korzyści dla użytkowników końcowych to racjonalizacja, a tym samym zmniejszenie ogólnego zużycia wody.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Chorwacja, Czechy, Dania, Francja, Niemcy, Portugalia, Hiszpania, Wielka Brytania

Strona internetowa:

<https://cordis.europa.eu/project/id/318602>



Narzędzie: WatEner

Projekt: nd.

Opis: Platforma internetowa, która usprawnia (codzienną) eksploatację sieci wodociągowych i zarządzanie nimi dzięki monitorowaniu wydajności w czasie rzeczywistym oraz inteligentnym narzędziom decyzyjnym wykorzystującym dane, modele i wiedzę ekspercką. Sprzyja racjonalizacji zużycia wody, zmniejszeniu śladu węglowego i ogólnej zmianie nawyków.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: UE

Strona internetowa:

<http://watener.com/>



Narzędzie: WATERNOMICS

Projekt: ICT for Water Resource Management [Technologie informacyjno-komunikacyjne w zarządzaniu zasobami wodnymi]

Opis: Opracowanie i wdrożenie technologii informacyjno-komunikacyjnych umożliwiających zarządzanie wodą jako zasobem, zwiększanie poziomu świadomości wśród użytkowników końcowych w zakresie jej oszczędzania i wpływanie na zmiany nawyków oraz unikanie marnotrawstwa poprzez wykrywanie wycieków.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Grecja, Włochy, Holandia, Polska

Strony internetowe:

<http://www.waternomics.com/>

<http://waternomics.eu/>



**water
footprint
network**

Narzędzie: Water Footprint Network

Projekt: N/A

Opis: Sieć, której celem jest wykorzystanie koncepcji

„śladu wodnego” do promowania przejścia na zrównoważone, sprawiedliwe i racjonalne korzystanie z wody. Narzędzie do oceny „śladu wodnego” jest bezpłatną aplikacją internetową, która zapewnia jasny wgląd w to, w jaki sposób woda jest wykorzystywana przez ludzi i jakie są tego skutki.

Poziom gotowości tech

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: UE

Strona internetowa:

<https://waterfootprint.org/en/>



Katalog tematyczny 4



Narzędzie: Water Timer

Projekt: nd.

Opis: Aplikacja mobilna, która śledzi czas brania prysznica przez użytkownika, oblicza ilość i cenę zużytej wody, pomagając zmienić nawyki.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Cały świat

Strona internetowa:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.speedymarks.android.water&hl=en&gl=US>



Narzędzie: Aplikacja WEAM4I

Projekt: WEAM4I - Water and Energy Advanced Management for Irrigation [WEAM4I - Zaawansowane zarządzanie wodą i energią zużywaną na cele nawadniania]

Opis: Aplikacja mobilna, której zadaniem jest dostarczanie rolnikom informacji ułatwiających racjonalizację wykorzystania wody.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Francja, Niemcy, Holandia, Portugalia, Hiszpania

Strona internetowa:

<https://cordis.europa.eu/project/id/619061>



Narzędzie: WeSenseIT

Projekt: WeSenseIT: Citizen Observatory of Water [Obywatelskie obserwatorium wody]

Opis: Mobilne aplikacje crowdsourcingowe, które zachęcają społeczność miejskie do przesyłania, udostępniania, omawiania i oceniania danych i informacji dotyczących środowiska wodnego, ze szczególnym uwzględnieniem minimalizowania skutków powodzi opadowych i złej jakości wody.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Francja, Włochy, Holandia, Polska, Hiszpania, Szwajcaria, Wielka Brytania

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/308429>

<https://www.wesenseit.com/>



Narzędzie: WIDEST

Projekt: Water Innovation through Dissemination

Exploitation of Smart Technologies [Innowacje w dziedzinie gospodarki wodnej dzięki upowszechnianiu wykorzystania inteligentnych technologii]

Opis: Połączony system ICT dla podmiotów zajmujących się gospodarką wodną w celu upowszechniania i wspierania wykorzystywania działań finansowanych przez UE w tej dziedzinie i ich wyników.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Belgia, Francja, Hiszpania, Wielka Brytania

Strony internetowe:

<https://cordis.europa.eu/project/id/642423>

<https://www.widest.eu/>



Narzędzie: WISDOM

Projekt: WISDOM - Water analytics and Intelligent Sensing for Demand Optimised Management [WISDOM - analiza wody i inteligentne wykrywanie na potrzeby zoptymalizowanego zarządzania popytem]

Opis: System, którego celem jest zwiększenie świadomości osób prowadzących gospodarstwa domowe, działalność biznesową i społeczną oraz zmiana nawyków konsumentów.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Francja, Irlandia, Włochy, Hiszpania, Zjednoczone Królestwo

Strona internetowa:

<https://cordis.europa.eu/project/id/619795>



Narzędzie: GRA WATER BATTLE

Projekt: Vitens Innovation Playground

Opis: Gra symulacyjna (ang. serious game) zwiększająca zaangażowanie klientów i wpływająca na zmianę nawyków w kierunku oszczędzania wody.

Poziom gotowości technologicznej: 9

Lokalizacja: Holandia

Strona internetowa:

<https://waterbattle.nl/>



1.2. Bieżące projekty UE opracowane w ramach programu Horyzont 2020

W poniższej tabeli przedstawiono wykaz projektów unijnych realizowanych w ramach programu H2020, które mają na celu śledzenie rozwoju rozwiązań cyfrowych wspierających oszczędne gospodarowanie wodą.

Tabela 1. Wykaz projektów realizowanych w ramach programu H2020

| Projekt | Opis | Strona internetowa |
|--|---|---|
| B-WaterSmart Accelerating Water Smartness in Coastal Europe [Przyspieszenie wdrożenia inteligentnych rozwiązań w zakresie gospodarki wodnej dla europejskich regionów przybrzeżnych] | B-WaterSmart ma na celu przyspieszenie transformacji europejskich regionów przybrzeżnych - i nie tylko - w kierunku wodooszczędnej gospodarki i społeczeństwa. Opracowane zostaną inteligentne aplikacje danych służące bardziej wydajnemu, bezpiecznemu przydzielaniu zasobów wodnych i ich efektywnemu wykorzystaniu. | https://cordis.europa.eu/project/id/869171 |
| DIGITAL-WATER.city Leading urban water management to its digital future [Rozwój gospodarki wodnej w miastach w kierunku cyfrowej przyszłości] | Głównym celem projektu DIGITAL-WATER.city (DWC) jest usprawnienie zintegrowanego zarządzania systemami wodnymi w pięciu głównych europejskich obszarach miejskich i podmiejskich - Berlinie, Mediolanie, Kopenhadze, Paryżu i Sofii - poprzez wykorzystanie potencjału danych i inteligentnych technologii cyfrowych. | https://cordis.europa.eu/project/id/820954 |
| Fiware4Water FIWARE for the Next Generation Internet Services for the WATER sector [FIWARE dla usług internetowych nowej generacji dla sektora wodnego] | Fiware4Water zamierza powtórzyć dotychczasowe sukcesy, łącząc sektor wodny z FIWARE, platformą informatyczną typu open-source stworzoną w 2011 roku w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego na rzecz Internetu przyszłości finansowanego przez Komisję Europejską. | https://cordis.europa.eu/project/id/821036 |
| NAIADES A holistic water ecosystem for digitisation of urban water sector [Kompleksowy ekosystem wodny służący cyfryzacji miejskich sieci wodociągowych] | NAIADES ma na celu promowanie nowatorskich rozwiązań w zakresie gospodarki wodnej, aby poprawić jakość usług zaopatrzenia w wodę gospodarstw domowych i budynków użyteczności publicznej, takich jak centra handlowe i szpitale. | https://cordis.europa.eu/project/id/820985 |



Katalog tematyczny 4

| Projekt | Opis | Strona internetowa |
|--|--|---|
| NextGen Towards a next generation of water systems and services for the circular economy [Droga do nowej generacji systemów i usług wodnych dla gospodarki o obiegu zamkniętym] | W ramach inicjatywy NextGen oceniane i promowane będą innowacyjne i transformacyjne rozwiązania i systemy gospodarki o obiegu zamkniętym, kwestionujące utrwalony sposób myślenia oraz praktyki w zakresie wykorzystania zasobów w sektorze wodnym. | https://cordis.europa.eu/project/id/776541 |
| REWAISE Resilient water innovation for smart economy [Innowacje w zakresie odpornej gospodarki wodnej promujące inteligentną gospodarkę] | W wyniku projektu stworzony zostanie „inteligentny ekosystem wodny”, mobilizujący wszystkich interesariuszy do uświadomienia społeczeństwu prawdziwej wartości wody, a tym samym ograniczenia zużycia słodkiej wody i energii, co pozwoli uzyskać zrównoważony cykl hydrologiczny oraz umożliwi przejście do odpornej gospodarki o obiegu zamkniętym. Projekt dotyczy w szczególności problemów związanych z nawykami ludzi i ich podejściem do używania wody. | https://cordis.europa.eu/project/id/869496 |
| SCOREwater Smart City Observatories implement REsilient Water Management [Obserwatoria Smart City wdrażają gospodarkę wodną odporną na zmiany klimatu] | SCOREwater zwiększa odporność miast na zmiany klimatu i urbanizację, stwarzając społeczeństwu sprzyjające warunki i zapewniając przyszłe usługi ekosystemowe. | https://cordis.europa.eu/project/id/820751 |
| SPRING strategic planning for water resources and implementation of novel biotechnical treatment solutions and good practices [planowanie strategiczne w zakresie źródeł wody oraz wdrażanie nowatorskich rozwiązań biotechnicznych i dobrych praktyk w zakresie uzdatniania wody] | Projekt dostarczy zintegrowanego narzędzia do zarządzania zasobami wodnymi w celu zapewnienia zaopatrzenia w wodę, tzn. zapewni efektywne kosztowo narzędzia do monitorowania w czasie rzeczywistym, które umożliwiają kontrolę zanieczyszczonych części wód (stojących i płynących). Pomyślnie wdrożenie i demonstracja opracowanych systemów z udziałem wszystkich interesariuszy pomoże uzyskać szeroką akceptację społeczną dla ponownego wykorzystania i recyklingu ścieków dzięki opracowanej technologii remediacji biologicznej. | https://cordis.europa.eu/project/id/821423 |



1.3. Klastry i platformy UE w zakresie gospodarki wodnej

Aby móc śledzić przyszłe trendy w zakresie narzędzi wspierających oszczędne gospodarowanie wodą, w poniższej tabeli przedstawiono wykaz unijnych klastrów i platform gospodarki wodnej.

Tabela 2. Wykaz unijnych klastrów i platform gospodarki wodnej

| Nazwa | Opis | Strona internetowa |
|--|---|---|
| Aqua Europa | Europejskie stowarzyszenie branży wodnej | https://aqua-europa.eu/ |
| DigitalWater.City | Platforma internetowa dotycząca rozwiązań cyfrowych w gospodarce wodnej | https://www.digital-water.city/ |
| Klaster ICT4WATER | Centrum dla finansowanych przez UE projektów badawczych i innowacyjnych, które wykazują potrzebę cyfrowej transformacji sektora wodnego | https://ict4water.eu/ |
| SWAMP - Smart Water Management Platform [Platforma inteligentnej gospodarki wodnej] | Metody i podejścia oparte na IoT do inteligentnego zarządzania wodą w dziedzinie precyzyjnego nawadniania | http://swamp-project.org/ |
| Water Europe | Wielostronna platforma na rzecz innowacji oraz badań i rozwoju technologicznego związanych z gospodarką wodną w Europie | https://watereurope.eu/who-are-we/ |

Pozostałe istotne klastry i platformy związane z gospodarką wodną:

Catalan Water Partnership (CWP), CEL- ANTECH LATIVA, CREA Hydro&Energy z.s., CTA Energy and Environment, Klaster DREAM, Ecoliance Rheinland-Pfalz e.v., Fińskie Forum Wodne, zespół France Water, Kuopio Water Cluster, Uniwersytet w Oulu - AIF Water Ecosystem, Pole Aqua-Valley, Śląski Klaster Wodny, Stichting Water Alliance, Umwletcluster Bayern, WaterCampus Leewarden oraz ZINNAE.



2. Inteligentne opomiarowanie wody

W pierwszym rozdziale niniejszego katalogu wskazano rozwiązania cyfrowe wspierające oszczędne gospodarowanie wodą i jej oszczędzanie poprzez wpływanie na nawyki klientów. Rozwiązania te są oparte na Internecie Rzeczy (IoT - Internet of Things), innymi słowy dotyczą aplikacji internetowych, narzędzi online, aplikacji mobilnych i innego oprogramowania. Podczas wspomnianej analizy zwrócono uwagę na inteligentne narzędzia do pomiaru wody jako rozwiązania, które mogą w znacznym stopniu wpłynąć na zachowania konsumentów i wspierać jej racjonalne wykorzystanie, a jednocześnie mogą być zastosowane w różnych sektorach gospodarki.

Ze względu na wzrost liczby ludności oraz zmianę stylu życia i nawyków żywieniowych, które wiążą się z większym zużyciem wody, zapotrzebowanie na wodę słodką na świecie znacznie wzrosło. Jest to szczególnie widoczne w środowisku miejskim, gdzie gęstość zaludnienia jest zwykle większa, a przemysł wytwórczy zużywa duże ilości wody. Ogólnie rzecz biorąc, zaopatrzenie obszarów miejskich w słodką wodę do użytku domowego i przemysłowego staje się coraz większym wyzwaniem. Dlatego wiele przedsiębiorstw energetycznych rozpoczęło transformację cyfrową, stosując różne technologie inteligentnych systemów pomiarowych, tj. najpierw rozwiązania automatycznego odczytu wodomierzy, a następnie przechodząc do zaawansowanej infrastruktury pomiarowej opartej na IoT. Wdrożenie infrastruktury inteligentnych wodomierzy (SWM - Smart Water Metering) pozwala przedsiębiorstwom użyteczności publicznej na szybsze i bardziej efektywne gromadzenie danych, a także zwiększa zaangażowanie klientów, umożliwiając im wizualizację i przewidywanie zużycia. W związku z tym zamontowanie inteligentnych wodomierzy i zainicjowanie zmiany zachowań przyczyni się do zwiększenia oszczędności wody zarówno po stronie przedsiębiorstw użyteczności publicznej, jak i konsumentów. Pozwoli również lepiej zrozumieć, na czym polega cyfryzacja potrzebna w branży wodociągowej oraz jakie korzyści i ograniczenia z niej wynikają.

Dlatego też w drugim rozdziale Katalogu dokonano przeglądu technologii inteligentnego opomiarowania wody pod kątem ich wykorzystania, wymagań konstrukcyjnych i użytkowych, obszarów zastosowań, różnic między systemami dostępnymi na rynku oraz kosztów i korzyści. Przedstawiono także kilka przykładów i studiów przypadku oraz stan wiedzy na ten temat w Chorwacji.



2.1. Łańcuch wartości inteligentnej gospodarki wodnej

Przed dalszym omówieniem inteligentnych usług wodociągowych, ważne jest przedstawienie i zinterpretowanie łańcucha wartości inteligentnej gospodarki wodnej oraz jego interesariuszy wraz z ich potrzebami w zakresie tej nowej technologii.

Tabela 3. Łańcuch wartości inteligentnej gospodarki wodnej

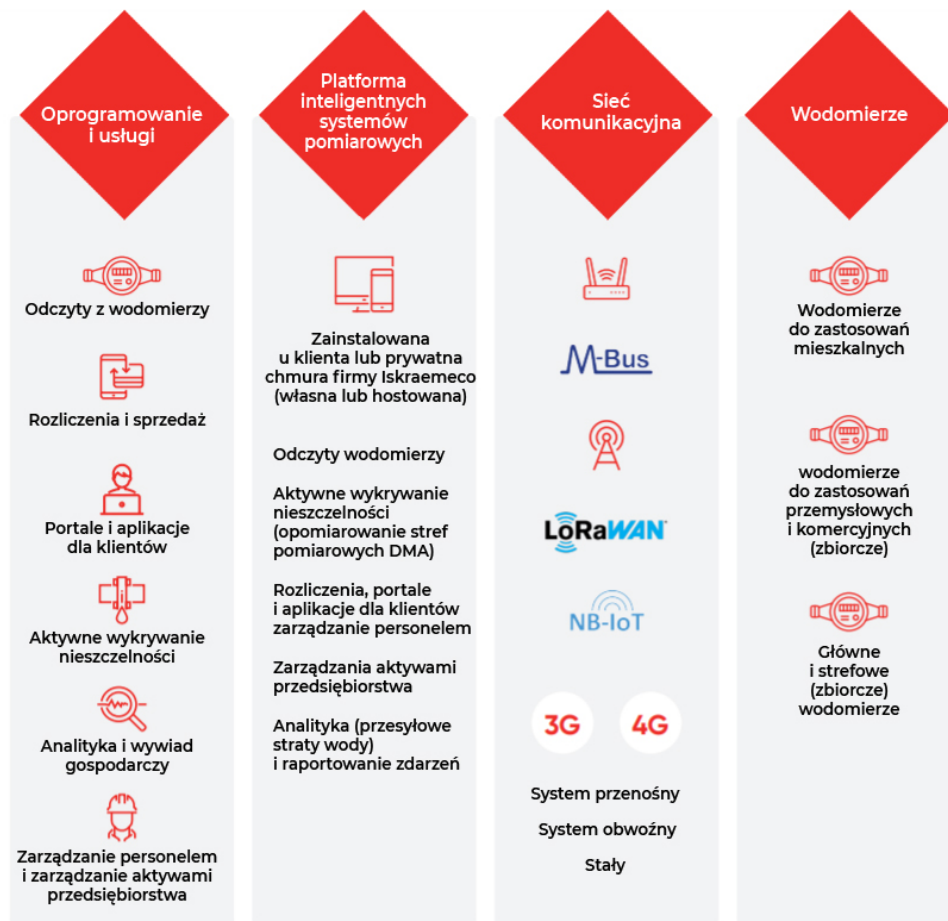
| Konsument | Przedsiębiorstwa wodociągowe | Regulacje prawne | Siły zewnętrzne |
|--------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Zużycie | Dystrybucja | Parametry prawne | Zmiana klimatu |
| Rozliczenia | Zarządzanie jakością | Czynniki technologiczne | Technologia |
| Instalacja | Zaangażowanie klientów | Kontrola cen | Źródła wody |
| Komunikacja | | | |

Główne obawy konsumentów dotyczą zużycia i jakości dostarczanej wody, na które wpływ mają takie czynniki, jak lokalizacja, wycieki i nadmierne zużycie. Oznacza to, że system rozliczeń musi być dokładny, a instalacja łatwo dostępna. Montaż inteligentnego wodomierza rozwiązuje te problemy przy minimalnym poziomie wymaganej interwencji. Z drugiej strony, przedsiębiorstwa wodociągowe, które stanowią główny element łańcucha wartości inteligentnej gospodarki wodnej, mogą je wykorzystywać w celu usprawnienia różnych aspektów swojej działalności, jak na przykład uproszczenie dystrybucji, zapewnienie odpowiednich parametrów wody i zwiększenie zaangażowania klientów. Przedsiębiorstwa wodociągowe muszą działać w środowisku regulowanym, co oznacza, że muszą spełniać kluczowe wskaźniki wydajności określone przez lokalnych decydentów, a także regularnie raportować wyniki w tym zakresie. Decydenci mogą także ustalać nowe środki służące rozwiązywaniu konkretnych problemów na lokalnym rynku usług wodociągowych, takie jak taryfy za wodę. Siły zewnętrzne są czymś, czego przedsiębiorstwa wodociągowe, organy regulacyjne i konsumenci nie mogą kontrolować, ale do czego muszą się dostosować. Kluczowym aspektem pozwalającym dokonać zmian w branży wodnej tak, aby była ona w stanie sprostać takim wyzwaniom, jest zastosowanie czujników IoT i inteligentnych wodomierzy. Za sukcesem inteligentnych systemów pomiarowych i inteligentnych sieci wodociągowych (Mobile IoT) stoją najnowsze technologie komunikacyjne i Big Data. Przedsiębiorstwa wodociągowe muszą mieć pewność, że wybierane przez nich technologie spełniają swoje zadanie i zapewnią podstawę do tworzenia nowych usług w przyszłości. Wszyscy interesariusze w łańcuchu wartości powinni dążyć do współpracy pozwalającej na elastyczne dostosowywanie usług wodociągowych i wykorzystanie technologii w celu zwiększenia wydajności, poprawy jakości usług i utrzymania zadowolenia klientów.



2.2. Co to jest inteligentny pomiar wody?

Technologia inteligentnego pomiaru wody wykorzystuje szereg skoordynowanych inteligentnych wodomierzy, i obejmuje aspekty od łączności po zarządzanie danymi i usługi w zakresie oprogramowania. Wszystkie te elementy przedstawiono na poniższym rysunku.



Rysunek 1. Inteligentny system pomiaru wody

Źródło: www.iskraemeco.com/app/uploads/2020/10/IE_Smart-Water-Management-Solution.pdf

Inteligentny wodomierz nie tylko mierzy przepływ wody, ale także wykorzystuje komunikację bezprzewodową do łączenia się z sieciami lokalnymi (ang. Local Area Network - LAN) lub rozległymi (ang. Wide Area Network - WAN), umożliwiając zdalne monitorowanie lokalizacji i konserwację infrastruktury poprzez wykrywanie wycieków, a tym samym pozwala zaoszczędzić czas. Inteligentny system pomiaru wody nie tylko dostarcza, z wysoką częstotliwością, dokładnych danych przez całą dobę, ale także umożliwia automatyczne naliczanie opłat i zarządzanie klientami, w tym wykrywanie prób ingerencji i ochronę przed nimi. Oznacza to, że klienci mogą uzyskać dostęp do swoich informacji przez Internet, co daje im większą kontrolę nad zużyciem wody i rachunkami. Inteligentne liczniki eliminują konieczność dokonywania ręcznych odczytów i sporządzania szacunkowych rachunków. Są one zasilane bateryjnie, a tym samym jako urządzenia o niskim poborze mocy odgrywają kluczową rolę w określaniu konfiguracji systemu.



2.3. Wymagania konstrukcyjne i użytkowe dotyczące inteligentnych wodomierzy

Jak wspomniano powyżej, inteligentny system pomiaru wody składa się z kilku elementów, które muszą zostać zintegrowane z istniejącymi systemami wykorzystywanymi przez przedsiębiorstwa wodociągowe, takimi jak systemy informowania klientów i zarządzanie eksploatacją. Innymi słowy, mowa tu o synchronizacji danych dotyczących konsumentów, inwentaryzacji urządzeń i zużycia z istniejącym systemem. Dlatego też wymagania konstrukcyjne oraz użytkowe odnoszą się do inteligentnych wodomierzy, sieci oraz oprogramowania/usług.

2.3.1. Montaż inteligentnych wodomierzy

Wodomierze są zwykle umieszczane w trudno dostępnych miejscach, takich jak studzienki, fundamenty, a także ogólnie na granicy nieruchomości. W takiej sytuacji montaż inteligentnego wodomierza jest utrudniony z powodu braku dostępu do sieci energetycznej czy komunikacyjnej w domu. Dzięki wdrożeniu inteligentnej technologii pomiarowej, zbieranie danych jest możliwe bez konieczności fizycznego dostępu do licznika. Istnieją jednak pewne wymagania konstrukcyjne, które muszą być spełnione przy wymianie „klasycznego” wodomierza na inteligentny model - chodzi tu przede wszystkim o potrzebę krótkotrwałego wyłączenia dopływu wody. W większości przypadków montaż nie powinien trwać dłużej niż 30 minut. Następnie urządzenie należy przetestować pod kątem prawidłowego działania. W przypadku obiektów niemieszkalnych, montaż może trwać nawet kilka godzin, a przerwy w dostawie wody mogą być dłuższe. Oczywiście należy podkreślić, że urządzenia te są wyposażone w czujniki, baterie, mikrokontroler, odpowiednie złącze fizyczne/kablowe i inne opcjonalne funkcje. Po zebraniu danych o zużyciu energii, wodomierz zapisuje odczyty w pamięci nieulotnej i przesyła je do serwera dyspozytorskiego za pośrednictwem różnych sieci komunikacyjnych.

2.3.2. Sieć

Sieć komunikacyjna to prosta sieć w paśmie nielicencjonowanym, o niskim zapotrzebowaniu na energię oraz bardzo dobrej penetracji i zasięgu. Ilość przesyłanych danych jest ograniczona, co pozwala na komunikację z wieloma urządzeniami z jednej stacji bazowej. Ponadto komunikacja musi być uwierzytelniana w każdym urządzeniu i szyfrowana w bardzo wąskim paśmie częstotliwości z przeskokami częstotliwości, co zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa i odporność na zakłócenia. Stosowane rodzaje sieci komunikacyjnych to LoRA, M-Bus, Sigfox, NB-IoT lub sieci komórkowe GSM/GPRS, LTE, ZigBee, a nawet 5G.

2.3.3. Oprogramowanie/usługi

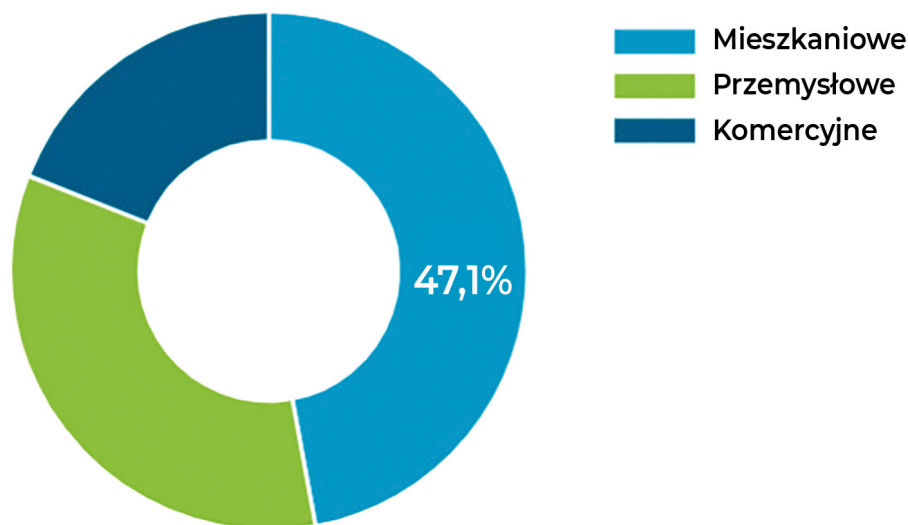
Architektura oprogramowania umożliwia obsługę wielu użytkowników i dostawców, a skalowalna i elastyczna infrastruktura umożliwia zaawansowaną analizę danych. Interfejs użytkownika obsługiwany z poziomu przeglądarki, zazwyczaj w formie platformy internetowej, powinien być nowoczesny i responsywny, dostępny zarówno z poziomu komputera, jak i urządzeń mobilnych, a także o spójnym wyglądzie i sposobie działania na różnych urządzeniach. Niektórzy producenci inteligentnych wodomierzy lub inteligentnych cyfrowych rozwiązań w zakresie opomiarowania wody oferują własne platformy do monitorowania danych, takie jak Advizzo, Deepki lub ADGT z własną platformą IOT24.EU, wymienione wcześniej w tym katalogu.



2.4. Obszary zastosowań

Główną zaletą inteligentnych wodomierzy jest ich wydajność i dokładność rozliczeń. To sprawia, że są nimi zainteresowane nie tylko przedsiębiorstwa wodociągowe i konsumenci indywidualni, ale także branże, w których zużywane są duże ilości wody, np. rolnictwo, przemysł tekstylny, sektor usług i inne.

Według analizy rynku inteligentnych wodomierzy przeprowadzonej przez Fortune Business Insight na lata 2015-2026, wartość europejskiego rynku inteligentnych wodomierzy w 2018 r. wyniosła 0,48 mld dolarów, podczas gdy wielkość rynku globalnego osiągnęła 1,38 mld dolarów. Technologia ta z roku na rok przyciąga coraz więcej klientów. Przewiduje się, że do 2026 r. wielkość rynku światowego osiągnie 3,07 mld USD. Przyglądając się obszarom zastosowań można stwierdzić, że rynek dzieli się na trzy części: mieszkaniową, komercyjną i przemysłową.



Rysunek 2. Udział w globalnym rynku inteligentnych wodomierzy według obszaru zastosowań w 2018 roku

Źródło: www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/smart-water-metering-market-100776

2.4.1. Przykłady

Jak wspomniano powyżej, technologia inteligentnego opomiarowania wody może być wdrażana w różnych sektorach. Przykładowo, zastosowanie inteligentnego opomiarowania w hotelu Djordan w Sofii pozwoliło zmniejszyć rachunki za wodę o 15%. Firma Icade, francuski inwestor rynku nieruchomości, odnotowała 27-procentową redukcję emisji gazów cieplarnianych od roku 2015, podczas gdy Cromwell Property Group, firma będąca właścicielem i zarządzająca nieruchomościami komercyjnymi, zmniejszyła zużycie energii o 7% w samym 2020 roku. W sektorze przemysłowym oszczędności w zużyciu energii elektrycznej, wody i emisji gazów cieplarnianych odnotowuje się w dużych korporacjach. Na przykład firma Ferrero dzięki zastosowaniu środków i polityki w zakresie oszczędzania wody, w tym wykrywania wycieków, zaoszczędziła ponad 4 mln m³ wody, firma Johnson & Johnson zmniejszyła jej łączne zużycie o 22% w latach 2010-2019, natomiast w tym samym okresie firma Boortmalt, podlegająca pod Axereal, zmniejszyła swoje całkowite zużycie energii o 30%.



2.5. Różnice między systemami i produktami dostępnymi na rynku

Jeśli chodzi o inteligentne systemy pomiarowe, główna różnica polega na rodzaju zastosowanej technologii pomiarowej. System inteligentnych wodomierzy może wykorzystywać technologię automatycznego odczytu liczników lub zaawansowaną infrastrukturę pomiarową. Automatyczny odczyt to technologia komunikacyjna, którą przedsiębiorstwa wodociągowe wykorzystują do automatycznego zbierania danych o zużyciu i stanie wody z wodomierzy, przy czym koniecznym jest wysłanie pracownika do miejsca, w którym prowadzony jest pomiar. Po pobraniu, dane z licznika są przesyłane do bazy danych, dzięki czemu firmy mogą monitorować i analizować zużycie, rozwiązywać problemy oraz wystawiać klientom rachunki na podstawie rzeczywistego zużycia, a nie prognoz sporządzanych co dwa miesiące lub kwartał, jak w przypadku fizycznych odczytów. Chociaż wciąż pojawiają się coraz to bardziej zaawansowane rozwiązania z zakresu automatycznego odczytu, to nadal nie dorównują one funkcjonalności zaawansowanej infrastruktury pomiarowej. Jest to zintegrowany system wodomierzy, sieci komunikacyjnych i systemów zarządzania danymi, który umożliwia dwukierunkową komunikację między punktami końcowymi wodomierzy a przedsiębiorstwami wodociągowymi. Nie ma tu konieczności zbierania danych przez pracowników przedsiębiorstwa wodociągowego, ponieważ system automatycznie przekazuje dane bezpośrednio w ustalonych odstępach czasu za pośrednictwem sieci komunikacyjnej. Zaawansowana infrastruktura pomiarowa zwiększa zaangażowanie klientów, umożliwiając im wizualizację i przewidywanie zużycia wody oraz wykrywanie wycieków i oszustw, a jednocześnie zapewnia prywatność i bezpieczeństwo danych.

Z drugiej strony, odwołując się do Rysunku 1. wykazano, że inteligentny system pomiaru wody składa się z różnych typów produktów/komponentów, tj. inteligentnych liczników, sieci komunikacyjnych oraz oprogramowania/usług. To, na jakie ich połączenie zdecyduje się użytkownik, zależy nie tylko od obszaru zastosowania i wymagań, jakie należy spełnić, ale także od pożądanych usług, cen i systemu przesyłu wody.

2.5.1. Przykłady

W celu przedstawienia różnic między produktami dostępnymi na rynku, porównano trzy z analizowanych w Katalogu rozwiązań cyfrowych: Advizzo, Deepki i Daiad.

Advizzo to oprogramowanie opracowane w Wielkiej Brytanii, które pomaga przedsiębiorstwom wodociągowym angażować klientów w usprawnianie ich działań i oszczędzanie wody.

Deepki również jest firmą brytyjską, która opracowała różne rozwiązania programowe automatycznie zestawiające i analizujące istniejące dane użytkowników w celu zidentyfikowania możliwości oszczędzania energii i wody, a także zmiany zachowań użytkowników na bardziej zrównoważone.

Daiad został opracowany w ramach projektu UE „Open Water Management - from droplets of participation to streams of knowledge” [Otwarta gospodarka wodna - od kropli uczestnictwa do potoków wiedzy] przez partnerów projektu z Niemiec, Grecji, Hiszpanii, Szwajcarii i Wielkiej Brytanii. Stosuje on technologię Big Data i uczenia maszynowego (ML) na cele wykorzystania danych z inteligentnych wodomierzy i pomocy konsumentom w zmianie ich nawyków w kierunku bardziej racjonalnego korzystania z wody. Wszystkie rozwiązania dostępne są w kilku wersjach, w zależności od typu klienta. W poniższej tabeli porównano wersje dla sektora przedsiębiorstw/użyteczności publicznej.



Tabela 4. Porównanie rozwiązań w zakresie inteligentnego pomiaru wody

| | ADVIZZO | DEEPMI | DAIAD |
|--|------------|-----------------------------------|---------------|
| Nazwa edycji | Enterprise | Deepki - Reduce your energy costs | Daiad@Utility |
| Platforma do obsługi klienta | ✓ | ✓ | ✓ |
| Dostępne na całym świecie | ✓ | ✓ | ✓ |
| Historia i monitorowanie zużycia | ✓ | ✓ | ✓ |
| Optymalizacja taryf | X | ✓ | ✓ |
| Korekta budżetu | ✓ | ✓ | ✓ |
| Wykrywanie wycieków | X | X | ✓ |
| Wskazówki dotyczące zmiany nawyków | ✓ | ✓ | ✓ |
| Porównanie budynków / gospodarstw domowych | ✓ | ✓ | X |
| Wsparcie | ✓ | ✓ | X |
| Bezpłatna wycena | X | X | ✓ |

Oprócz wersji biznesowych dostępne są również wersje dla użytkowników indywidualnych oraz innych użytkowników komercyjnych, a ceny różnią się w zależności od tego, czy jest to projekt dla firm, czy też przeznaczony dla ogółu społeczeństwa.

2.6. Koszty i oszczędności/korzyści

W świecie inteligentnych technologii pomiarowych, zidentyfikowane korzyści znacznie przeważają koszty. Aby uprościć prezentację obu tych kategorii, w poniższej tabeli przedstawiono koszty, a także korzyści w podziale na biznesowe, dla klientów i wspólne.

2.6.1. Koszty

Dla zidentyfikowanych kosztów podano ich opis, podmiot je ponoszący i ich szacunkową wysokość. Kwoty kosztów nie można oszacować w sposób ogólny, ponieważ zależy ona od każdego indywidualnego przypadku wdrożenia inteligentnej technologii pomiaru wody. Tabela została opracowana na podstawie dokumentu *Revealing unreported benefits of digital water metering: Literature review and expert opinions* [Ujawnienie dotychczas nieujawnionych korzyści płynących z cyfrowego pomiaru wody: Przegląd literatury i opinie ekspertów] autorstwa Monksa i in., natomiast przykłady szacowania kosztów pochodzą także z tego dokumentu lub z wyszukiwania danych w Internecie w tym zakresie.



Tabela 5. Koszty technologii inteligentnego pomiaru wody

| Kategoria | Opis | Podmiot ponoszący koszty | Szacowane koszty |
|--|--|--|---|
| Koszty inteligentnych wodomierzy | Koszty obejmują zakup, instalację i konserwację inteligentnych wodomierzy | Przedsiębiorstwa użyteczności publicznej lub klienci | Koszt instalacji nowego wodomierza może sięgać nawet 100 USD, Alicante, Hiszpania |
| Koszty sieci, aplikacji i portalu | Koszty obejmują utworzenie i utrzymanie infrastruktury sieciowej, a także dostarczania danych i usług IoT | Przedsiębiorstwa wodociągowe lub dostawcy sieci/ usług | W zależności od przypadku, na przykład koszty rozwiązania Advizzo dla przedsiębiorstw użyteczności publicznej są naliczane od licznika w ujęciu rocznym |
| Koszty zarządzania projektami i umowami | Potencjalne koszty obejmują szkolenia pracowników, przekwalifikowanie i (potencjalnie) przesunięcia, zarządzanie projektami, zarządzanie zamówieniami i ułatwianie ich realizacji, zarządzanie umowami, w tym działania w zakresie zapewniania jakości w odniesieniu do świadczenia usług zgodnie z warunkami umowy oraz mapowanie procesów biznesowych, zarządzanie procesem usprawniania i zmian | Przedsiębiorstwa wodociągowe | W zależności od przypadku |
| Koszty zaangażowania klientów i marketingu | Koszty obejmują udostępnienie portalu dla klientów oraz marketing (w tym kampanie) | Przedsiębiorstwa wodociągowe | W zależności od przypadku |
| Spadek przychodów | Koszt, który pojawia się w związku z „kosztownym” i „marnotrawnym” zużyciem wody oraz szybkim wykrywaniem wycieków | Przedsiębiorstwa wodociągowe | W zależności od przypadku |



2.6.2. Korzyści

Korzyści podzielone są na trzy części, przedstawione w poniższych tabelach. Każda tabela zawiera kategorię i podkategorię korzyści, opis i przykład uzyskanych oszczędności (w stosownych przypadkach). Są one skonstruowane zgodnie z dokumentem *Revealing unreported benefits of digital water metering: Literature review and expert opinions [Ujawnienie dotychczas nieujawnionych korzyści płynących z cyfrowego pomiaru wody: Przegląd literatury i opinie ekspertów]* autorstwa Monksa i in., natomiast podane przykłady pochodzą także z tego dokumentu lub z wyszukiwania danych w Internecie w tym zakresie.

Korzyści biznesowe

Korzyści, jakie przedsiębiorstwa wodociągowe mogą osiągnąć dzięki wdrożeniu technologii inteligentnego pomiaru wody, przekładają się na wzrost przychodów, jak przedstawiono poniżej.

Tabela 6. Korzyści biznesowe wynikające z zastosowania systemów inteligentnego pomiaru wody

| Kategoria | Podkategoria | Opis | Przykłady |
|---------------------------------------|-------------------------|---|---|
| Oszczędności na kosztach operacyjnych | Odczyty wodomierzy | Dotyczy zmniejszenia kosztów personelu i pracy, zmniejszenia liczby szacunkowych odczytów liczników i błędów w odczytach oraz zmniejszenia kosztów rozliczeń i windykacji | 171 tys. USD oszczędności na kosztach pracy w Aiken, Karolina Południowa, USA |
| | Zarządzanie finansami | Obejmuje poprawę przepływów pieniężnych dzięki comiesięcznym rozliczeniom, zmniejszenie kapitału obrotowego i lepsze prognozowanie przychodów, a także zmniejszenie liczby szkód ubezpieczeniowych i kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwa wodociągowe | 365 mln USD oszczędności w kapitale obrotowym uzyskane przez Origin Energy, Australia |
| | Koszty mediów | Obejmuje zmniejszenie kosztów hurtowych wody, korzyści środowiskowe, ograniczenie przypadków kradzieży wody, wycieków w sieci i innych przyczyn braku przychodów z tytułu dostaw wody, a także koszty pracy związane z wykrywaniem wycieków | 8% redukcja zużycia wody, Anglian Water, Anglia |
| | Inteligentne wodomierze | Odnosi się do technicznych aspektów wodomierzy, takich jak cykl życia, dokładność z upływem czasu itp. | W zależności od używanego wodomierza, baterie wystarczają na 10-15 lat pracy |
| | Taryfy | Odnosi się do możliwości opracowania bardziej elastycznych systemów taryfowych | Dostosowanie cen wody |



Katalog tematyczny 4

| Kategoria | Podkategoria | Opis | Przykłady |
|---------------------------------------|-------------------|--|--|
| Nowa wiedza | Segmenty klientów | Oszczędności uzyskane dzięki poszerzeniu wiedzy, uzyskaniu dodatkowych informacji na temat odbiorców, jak rodzaj działalności gospodarczej w przypadku odbiorców instytucjonalnych lub wpływu turystyki na regiony | Redukcja zużycia wody przez turystów o 10%, Baleary, Hiszpania |
| | Nowe algorytmy | Oszczędności uzyskane dzięki zastosowaniu dokładniejszych i wydajniejszych modeli, lepszemu modelowaniu przepływu ścieków i lepszemu prognozowaniu zapotrzebowania | Lepsze dopasowanie wodomierza dzięki dostępnym danym o zużyciu w ciągu godziny |
| Oszczędności na kosztach kapitałowych | Planowanie | Obejmują lepsze planowanie sieci/infrastruktury i modelowanie zużycia przez klientów | 20% redukcja kosztów utrzymania sieci, Walencja, Hiszpania |
| | Ryzyko | Modele obniżonej premii za ryzyko związane z gospodarką wodną | Zwiększenie wartości aktywów przedsiębiorstw wodociągowych |

Korzyści dla klientów

Można oczekiwać, że klienci odniosą bezpośrednie korzyści z modernizacji przedsiębiorstw wodociągowych obejmującej cyfrowy pomiar wody. Można je podzielić na związane z obsługą klienta oraz wynikające ze zdobycia nowej wiedzy.

Tabela 7. Korzyści dla klientów wynikające z inteligentnego pomiaru wody

| Kategoria | Podkategoria | Opis | Przykłady |
|-----------------|-------------------|--|---|
| Obsługa klienta | Koszt użytkownika | Oszczędności uzyskane dzięki ostrzeganiu o wyciekach w czasie rzeczywistym, zużyciu wody, miesięcznym rozliczeniom i zwiększonej świadomości/edukacji klientów | Zmniejszenie zużycia wody w gospodarstwie domowym o 3,7% w przypadku rozliczeń miesięcznych, Wisconsin, USA |



Katalog tematyczny 4

| Kategoria | Podkategoria | Opis | Przykłady |
|-----------------|---|---|---|
| Obsługa klienta | Rozliczenie zużycia w przypadku kompleksów mieszkaniowych / nieruchomości wielomieszkaniaowej | Dotyczy szybszego i łatwiejszego rozliczania rachunków dla nieruchomości, w której rozliczanych jest kilku użytkowników oraz łatwiejszej identyfikacji nieprawidłowości w instalacjach wodno-kanalizacyjnych w nieruchomościach o złożonej hydraulice | Łatwiejsze i dokładniejsze monitorowanie zużycia wody w blokach mieszkalnych, kompleksach mieszkaniowych itp. |
| | Nowe usługi | Możliwość indywidualnego wyboru dnia rozliczeniowego, rejestracja i analiza danych, alarmy o wyciekach itp. | 5-10% redukcja zużycia wody w całym mieście dzięki szybkiej identyfikacji wycieków u klientów |
| | Nowe produkty | Dotyczy pomiaru zużycia wody przez poszczególne urządzenia i ich profilu zużycia wody, w tym wprowadzania na rynek bardziej oszczędnych urządzeń | Inteligentne rozwiązanie prysznicowe Amphiro pozwoliło zaoszczędzić 17,1% wody i energii, hotel Gasthof Schonbuhl, Szwajcaria |
| | Ochrona | Poprawa ochrony obiektów dzięki monitorowaniu zdalnemu, monitorowaniu pustostanów (w tym włączanie/wyłączanie wody) oraz ochrona danych dotyczących zużycia | 2,25 mln USD oszczędności rocznie dzięki lepszemu monitorowaniu pustostanów, Kansas City, USA |
| Nowa wiedza | Wykorzystanie urządzeń/ Zastosowanie końcowe | Oszczędności uzyskane dzięki danym zebranych z inteligentnych liczników i „inteligentnych” urządzeń o wyższej klasie oszczędności (zmiany w zapotrzebowaniu i planowaniu) | 1,1% redukcja zużycia wody w gospodarstwie domowym przez zastosowanie urządzeń wodooszczędnych, Wisconsin, USA |
| | Analiza porównawcza | Oszczędności uzyskane dzięki połączeniu danych z wodomierzy z innymi danymi (urządzenia, rodzaj działalności itp.) i porównaniu podobnych profili zapotrzebowania | nd. |

Niektóre z wymienionych korzyści, takie jak ochrona i analiza porównawcza, są często trudne do oszacowania. Ochrona (z wyłączeniem pustostanów) jest korzyścią niematerialną, która daje klientom poczucie bezpieczeństwa i większą satysfakcję, natomiast analiza porównawcza pozwala klientom porównywać się z innymi, a tym samym dostosowywać zużycie. Trudno jest określić, czy oszczędności są wynikiem analizy porównawczej.



Wspólne korzyści

Niektóre kategorie wodomierzy cyfrowych mogą przynieść korzyści zarówno przedsiębiorstwu wodociągowemu, jak i odbiorcom wody. Przykładowo, korzyści mogą polegać na lepszej obsłudze klienta oraz obniżeniu kosztów działalności.

Tabela 8. Wspólne korzyści wynikające z zastosowania systemów inteligentnego pomiaru wody

| Kategoria | Podkategoria | Opis | Przykłady |
|-----------------------|-------------------------------|--|--|
| Interakcja z klientem | Reklamacje | Mniej reklamacji klientów dotyczących rozliczeń i poprawa ścisłości rachunków oraz zmniejszenie kosztów wewnętrznych firmy, zwiększenie zadowolenia klientów | 80% mniej reklamacji klientów, EPA, Ekwador |
| | Programy wsparcia klientów | Odnosi się do programów, które zapewniają klientom wsparcie w przypadku ukrytych nieszczelności (co oznacza niższe rachunki) lub trudności finansowych w płaceniu rachunków za wodę, natomiast dla przedsiębiorstw oznacza ograniczenie konieczności udzielania pomocy w zakresie instalacji wodno-kanalizacyjnych i redukcję nieszczelności skutkujących wysokim zużyciem | Skrócenie czasu wykrycia ukrytych nieszczelności z miesięcy do dni przynosi znaczne oszczędności finansowe |
| | Zarządzanie wierzytelnościami | Zmniejszenie kosztów związanych z ograniczeniem dostaw oraz odzyskiwaniem długów/postępowaniami sądowymi | Ostrzeżenie o nieszczelnościach i rozliczenia miesięczne pozwalają na zmniejszenie rachunków, co zwiększa skłonność klientów do płacenia |
| | Interakcje z klientami | Zmniejszenie liczby niezbędnych rozmów telefonicznych związanych z rozliczeniami dzięki portalom obsługi klienta, co pozwala także zwiększyć zadowolenie klientów | Zwiększenie zadowolenia klientów o 60% Walencja, Hiszpania |
| | Wartość firmy | Zwiększenie wartości firmy wynikające z wymiany informacji, tworzenia nowych usług i produktów, z uznania klientów dla wydajności operacyjnej i zarządzania kapitałem oraz z bardziej elastycznych taryf | Klienci doceniają powiadomienia o nieszczelnościach, co stanowi przykład zwiększenia wartości firmy dzięki wymianie informacji |



| Kategoria | Podkategoria | Opis | Przykłady |
|---|---------------|--|--|
| Przepisy prawa / przestrzeganie przepisów | Opomiarowanie | Lepiej dobrane wodomierze dla odbiorców biznesowych, usprawnioną analizę awarii liczników i wykrywanie utraty przychodów | Koszty przesyłowych strat wody zmniejszone do 30%, Walencja, Hiszpania |
| | Monitoring | Monitorowanie zgodności zużycia z ograniczeniami i przepisami | Zmniejszenie liczby wymaganych audytów jakości wody |

Aby osiągnąć wszystkie wymienione korzyści, przedsiębiorstwa wodociągowe będą musiały wprowadzić jedną lub więcej zmian w swoich systemach, procesach i zasobach.

2.7. Studia przypadków

2.7.1. Wielka Brytania

Southern Water¹

Przedsiębiorstwo wodociągowe Southern Water świadczy usługi wodociągowe i kanalizacyjne dla hrabstw Kent, Sussex, Hampshire i Isle of Wight - obejmując tym samym obszar 4 450 km² i obsługując ponad 2,26 mln klientów. Ponieważ południowo-wschodnia Anglia jest jedną z najbardziej zagrożonych niedoborem wody części Wielkiej Brytanii, Spółka w swoim planie zarządzania zasobami wodnymi [Water Resources Management Plan] z 2010 roku przedstawiła projekt wdrożenia programu powszechnego opomiarowania - zainstalowania liczników w zdecydowanej większości nieruchomości klientów celem osiągnięcia oszczędności wody poprzez zmniejszenie zapotrzebowania i poprawę wykrywalności wycieków.

Projekt trwał 5 lat i kosztował około 3,8 mln euro. Kluczowym priorytetem dla Southern Water było wdrożenie „podróży klienta” (customer journey), a nie tylko programu instalacji 450 000 wodomierzy. Na trzy miesiące przed planowaną datą uruchomienia wodomierzy wystartowała kampania informacyjną (za pośrednictwem mediów cyfrowych i informacyjnych, marketingu itp.), której celem było zapoznanie klientów ze sposobami na ograniczenie zużycia wody, oraz wyjaśnienie, dlaczego wprowadzono opomiarowanie. W jej wyniku udało się osiągnąć redukcję zużycia wody przez klientów o 12,5% jeszcze przed montażem liczników. Ważnym elementem programu są wizyty w gospodarstwach domowych klientów. W pierwszej turze udzielano wstępnych porad, natomiast kolejna odbyła się w dniu instalacji, podczas której klienci otrzymali broszurę informującą o uruchomieniu wodomierza i różnych dostępnych taryfach, w tym taryfy przejściowej gwarantującej, że jeśli rachunek za opomiarowane zużycie będzie wyższy niż rozliczenia za wodę nieopomiarowaną, to przez pierwsze dwa lata będzie on obniżony, aby dać odbiorcom czas na dokonanie zmian w sposobie jej użytkowania. Klienci mieli również możliwość przejścia na opłaty naliczane według wskazań wodomierzy bezpośrednio po instalacji. Dostępnych jest także szereg środków wsparcia finansowego dla klientów mających trudności z płaceniem rachunków. Dostępne są także taryfy oferujące wizytę domową specjalisty z zakresu „ekologicznych rozwiązań”, który może bezpłatnie zainstalować urządzenia pomagające oszczędzać wodę, takie jak perlatory do kranów i głowice prysznicowe o mniejszym zużyciu wody. W ramach programu w domach klientów zainstalowano 156 000 takich urządzeń. Przewiduje się uzyskanie średniej oszczędności 20 l/d na gospodarstwo domowe.

¹ <https://www.ice.org.uk/knowledge-and-resources/case-studies/southern-water-universal-metering-project>



Katalog tematyczny 4

U odbiorców, którzy zainstalowali kilka takich urządzeń i zmienili swoje nawyki, odnotowano nawet oszczędności rzędu 100l/d. Klienci znajdujący się w bardzo trudnej sytuacji mogą uzyskać obniżkę rachunków do 90%, jeśli spełniają kryteria kwalifikacyjne.

Program instalacji rozpoczął się pod koniec 2010 roku, a jego początkowe etapy koncentrowały się na obszarach, na których występują największe niedobory wody strefy zasobów Southern Water, w tym Southampton, Horsham i Medway, oraz tam, gdzie istniały największe możliwości ograniczenia wycieków. Przed zakończeniem projektu w 2015 roku program objął prawie 90% wszystkich nieruchomości odbiorców w hrabstwach Kent, Sussex i Hampshire.

Pozwolił on uzyskać znaczną redukcję zużycia wody, o około 27 mln litrów dziennie w południowo-wschodniej Anglii, co ostatecznie znacznie przewyższyło pierwotnie przewidywane 16 mln litrów. Automatyczny system wykrywania nieszczelności może przynieść dalsze oszczędności rzędu 7 mln litrów dziennie. Wszystko to niesie za sobą niezwykle pozytywny wpływ na środowisko naturalne regionu - mniej wody pobiera się z rzek i zbiorników, a także zmniejsza się zapotrzebowanie na uzdatnianie chemiczne. Zużycie w gospodarstwach domowych zmniejszyło się średnio o 16,5%, co znacznie przekracza przewidywaną średnią krajową wynoszącą 10% po zainstalowaniu wodomierzy. Dzięki zmniejszeniu zapotrzebowania, klienci odnieśli korzyści w postaci niższych rachunków - do 2016 roku 62% opomiarowanych gospodarstw domowych zaoszczędziło na rachunkach za wodę średnio 188 euro rocznie. Niższe są również rachunki za energię z powodu niższego zapotrzebowania na podgrzewanie wody na codzienne potrzeby, takie jak ogrzewanie centralne, kąpiel czy prysznic, które mogą stanowić około 30% emisji dwutlenku węgla w przeciętnym domu.

Szkoła w północnym Londynie i City University of London

Oprócz sektora mieszkaniowego, komercyjnego (wynajem, gastronomia itp.) i przemysłowego (handel detaliczny, usługi komunalne itp.), technologia inteligentnych wodomierzy jest również wykorzystywana w szpitalach, na uniwersytetach i w szkołach.

Program „Water for Schools” [Woda dla szkół] (WfS) to partnerstwo utworzone w 2011 roku w celu doprowadzenia do bardziej racjonalnego gospodarowania wodą przez szkoły w Londynie. Program był realizowany przez okres czterech lat (2011-2014). W szkole w północnym Londynie działania obejmowały instalację urządzeń z zakresu automatycznego odczytu zużycia, audyt energetyczny i wodny, wizytę edukacyjną i wykłady na temat oszczędzania wody i energii, w których udział brali zarówno uczniowie, jak i nauczyciele. System automatycznego odczytu zużycia wykrył, że w szkole występowało ciągłe zużycie wody, także w nocy, gdy szkoła była zamknięta, dlatego zdecydowano się dokonać przeglądu szczelności. W jego wyniku okazało się, że 3 zawory kulowe na zbiornikach magazynowych były wadliwe, co było przyczyną ciągłego poboru wody. Dane z liczników wykazały, że wymiana tych wadliwych elementów przyniosła oszczędność wody w wysokości 1680 litrów dziennie, czyli 613 200 litrów rocznie. Biorąc pod uwagę obecne opłaty, szkoła zaoszczędziła na rachunkach za wodę do 1 473 euro rocznie.

City University of London, zapewniający usługi z zakresu kształcenia wyższego, prowadzenia badań, a także wyżywienia dla około 17 000 studentów w sześciu kolegiach, podjął działania mające na celu ograniczenie zużycia wody w ramach programu renowacji. Obejmowały one stałe monitorowanie zużycia wody i porównywanie odczytów wodomierzy z rachunkami za wodę, zainstalowanie regulatorów sputkiwania we wszystkich pisuarach niewyposażonych w takie rozwiązania, sprawdzanie i regulowanie ciśnienia wody, przeprowadzanie regularnych kontroli przelewów, instalacji rurowych, zaworów i urządzeń zużywających wodę, a także angażowanie pracowników i uczniów w działania na rzecz oszczędnego gospodarowania wodą poprzez program zmiany nawyków. Dzięki temu roczne oszczędności wody wyniosły do 2,5 tys. m³, a związane z tym potencjalne oszczędności kosztów - do 5,8 tys. euro.



2.7.2. Francja

Eau du Grand Lyon, Lyon

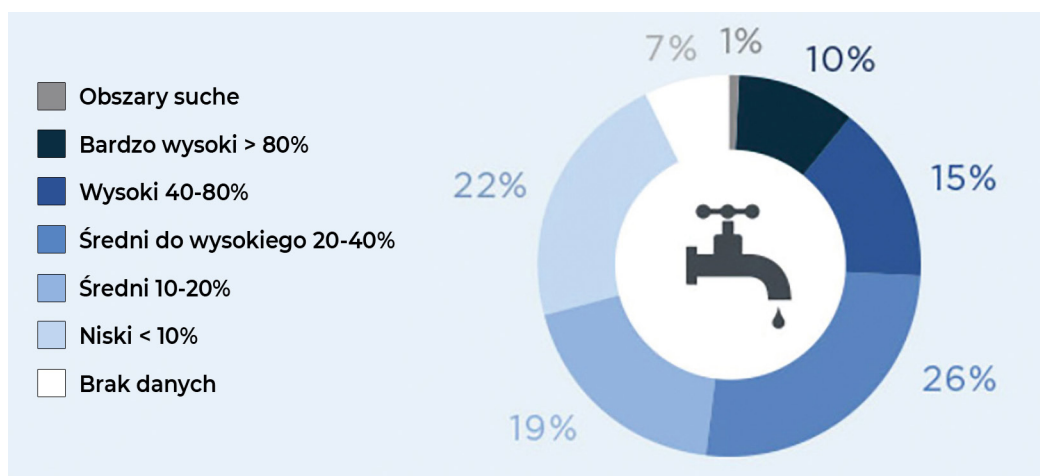
Eau du Grand Lyon, pod nadzorem miasta Lyon, zarządza i dostarcza wodę do ponad 1,3 mln mieszkańców. W 2015 roku firma Eau du Grand Lyon wdrożyła inteligentną sieć wodociagową, wykorzystując inteligentne czujniki wody (wodomierze i korelatory) firmy Birdz z urządzeniami LoRa. Nowe podejście do zarządzania wodą przyniosło znaczne korzyści, np. identyfikację, geolokalizację i szybszą naprawę 1,2 tys. nieszczelności w sieci dystrybucyjnej oraz 1 mln m³ wody zaoszczędzonej rocznie w produkcji dzięki poprawie wydajności sieci dystrybucyjnej. Przedsiębiorstwo wodociagowe osiągnęło ogólny 8-procentowy wzrost wydajności sieci wodociagowej w ciągu czterech lat, z 77% w 2014 roku do 85,2% w 2018 roku.

Grupa hoteli Accor²

Innym obszarem wdrażania technologii inteligentnych wodomierzy jest sektor turystyczny, w którym liczne hotele, schroniska, kempingi itp. wprowadziły innowacyjne systemy i rozwiązania oszczędzające wodę.

Jednym z takich przedsiębiorstw jest grupa hoteli Accor. Została ona założona we Francji, a obecnie posiada ponad 5,1 tys. obiektów w 110 krajach na całym świecie. Jako wiodąca grupa hotelowa w Europie, w centrum jej zainteresowania znajduje się odpowiedzialność za środowisko naturalne, w oparciu o program Planet 21, którego celem jest tworzenie pozytywnych doświadczeń w zakresie hotelarstwa. Planet 21 obejmuje również cele Accor w zakresie energii, wody, odpadów, żywności i emisji dwutlenku węgla w budynkach.

Ponieważ woda jest postrzegana jako czynnik środowiskowy i gospodarczy, hotele Accor określiły poziom narażenia na deficyt wody jako „średni do wysokiego”, „wysoki” i „bardzo wysoki”, zwłaszcza że jedna czwarta ich hoteli znajduje się w regionach dotkniętych niedoborem wody (Rys. 3), z czego większość w Europie (zwłaszcza w Hiszpanii i we Włoszech) oraz w Azji. Grupa koncentruje swoje działania przede wszystkim w Chinach, gdzie średnie zużycie wody na jeden nocleg wynosi blisko 800 litrów, podczas gdy w innych regionach dotkniętych niedoborem wody jest to 200 litrów. W związku z tym Grupa podjęła decyzję o wdrożeniu we wszystkich swoich obiektach działań mających na celu jej oszczędzanie, a tym samym obniżenie kosztów.



Rysunek 3. Obecny deficyt wody w hotelach Accor

² <https://group.accor.com/en/commitment/planet-21/building>

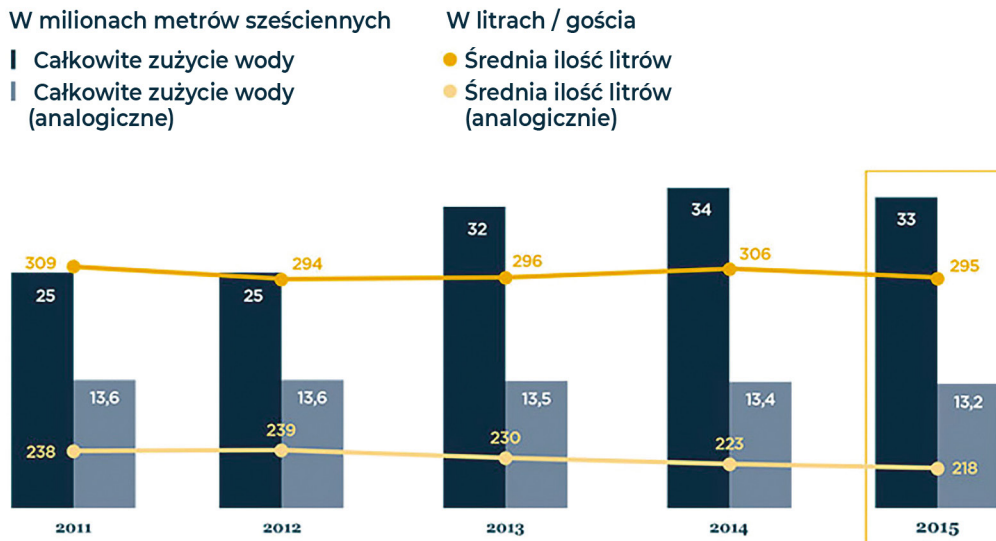


Katalog tematyczny 4

W celu zmniejszenia zużycia wody i obniżenia kosztów, grupa Accor wprowadziła kilka inicjatyw:

- wdrożenie narzędzia internetowego (OPEN) w 2005 roku oraz cyfrowego rozwiązania Deepki (po 2016 roku) do monitorowania zużycia energii i wody,
- instalacja systemów zarządzania budynkami w celu monitorowania zużycia energii,
- zwiększanie liczby rozwiązań energooszczędnych, w tym oświetlenia o niskim zużyciu energii, odzysku ciepła z systemów wentylacyjnych, izolacji rur z gorącymi i zimnymi płynami, urządzeń oszczędzających wodę, toalet ze spłukiwaniem dwudzielnym, inteligentnych liczników,
- podnoszenie świadomości pracowników i gości na temat potrzeby rozsądnego zużycia wody i energii.

Poniższy wykres przedstawia zużycie wody w hotelach własnych, dzierżawionych i zarządzanych przez Grupę w latach 2011-2015. W wyniku podjętych działań zużycie wody w tym samym okresie zmniejszyło się o 8,4% (średnia dla wszystkich hoteli na świecie).



Rysunek 4. Zużycie wody w hotelach Accor

Źródło <https://group.accor.com/en/commitment/planet-21/building>

Ponadto, do końca 2015 roku 97% hoteli w Grupie zainstalowało regulatory przepływu w prysznicach i kranach, 78% stosowało wodooszczędne sposoby pielęgnowania ogrodów, 70% wdrożyło wodooszczędny system prania, a 67% korzystało z toalet ze spłukiwaniem dwudzielnym. Hotele położone na obszarach o „wysokim” deficycie wody lub na terenach suchych zmniejszyły zużycie wody o 11%.

W 2016 roku hotele Accor wprowadziły plan „Water & Carbon” [Woda i Węgiel], obejmujący bardziej precyzyjne narzędzia monitorowania (inteligentne systemy pomiarowe), optymalizację obiektów, oświetlenie LED, regulatory przepływu wody, podnoszenie świadomości pracowników i monitorowanie emisji dwutlenku węgla. Jego wdrożenie doprowadziło do zmniejszenia zużycia energii o 5% na pokój i wody o 5% na noc w 2018 roku w hotelach będących własnością grupy, a także przez nią dzierżawionych i zarządzanych na całym świecie.



2.7.3. Hiszpania

Gandia³

Gandia jest jednym z największych miast nadmorskich w Hiszpanii. W okresie letnim przebywa w niej nawet ponad 200 tys. osób, zatem jest to bardzo popularna miejscowość turystyczna, w której zużywane są znaczne ilości wody, zwłaszcza w szczycie sezonu. Dlatego władze miasta postanowiły zoptymalizować zasoby, zwiększyć oszczędności wody i zaoferować mieszkańcom doskonałe usługi.

Poprzednio stosowane sposoby monitorowania zużycia wody opierały się na metodach obejmujących odczyt zdalny za pomocą systemu przenośnego lub obwoźnego. Oznaczało to brak danych przekazywanych w czasie rzeczywistym, a co za tym idzie nie było możliwości dokładnego prognozowania zapotrzebowania na wodę czy skutecznego zarządzania zleceniami wykonania prac i wykrywania wycieków. W tym kontekście Gandia dążyła do kontrolowania zużycia wody w czasie rzeczywistym za pomocą inteligentnych wodomierzy, a także do zaoferowania obywatelom usług o wartości dodanej poprzez przesyłanie i analizowanie zgromadzonych danych. W projekcie skupiono się także na ograniczeniu zużycia ścieków i maksymalizacji efektywności wykorzystania zasobów służących do zbierania, uzdatniania i dystrybucji wody.

Idrica (firma zajmująca się cyfrową transformacją branży wodociągowej), Vodafone i władze miejskie połączyły siły w ramach inicjatywy, która obejmowała montaż 40 tys. inteligentnych liczników. Sieć NB-IoT firmy Vodafone zbiera i przesyła informacje o zużyciu energii, natomiast technologia GoAigua (rozwiązanie firmy Idrica) przekształca dane w użyteczne usługi dla użytkowników końcowych. Projekt przyczynił się do oszczędnego gospodarowania zasobami, przy znacznych oszczędnościach wody (w tym ścieków) w całym cyklu, a także do zmniejszenia zużycia energii w procesach pozyskiwania i uzdatniania wody. Przykładowo, system inteligentnej gospodarki wodnej umożliwia wykrycie około 60 ekstremalnych i 150 regularnych wycieków miesięcznie, co pozwala zaoszczędzić 112 ton CO₂ i 0,5 hektometra sześciennego wody rocznie.

GoAigua w Międzynarodowym Porcie Lotniczym Hamad

Port lotniczy, który znajduje się w mieście Doha w Katarze, działa od 2014 roku i może obsłużyć 30 mln pasażerów rocznie. Lotnisko borykało się z dużą ilością niewykrytych strat i nieszczelności w swojej rozległej sieci dystrybucyjnej (rzędu tysięcy m³).

W tym kontekście należało wdrożyć regulowaną inwentaryzację na cele zarządzania aktywami zakładu, utworzyć system monitorowania sieci dystrybucyjnej, a także wprowadzić scentralizowane zarządzanie dystrybucją i zaopatrzeniem. W projekcie połączono usługi inżynierskie z wdrożeniem rozwiązania technologicznego firmy GoAigua służącemu wykrywaniu nieszczelności i zapobieganiu im. W ten sposób, dzięki mapowaniu sieci, instalacji czujników oraz scentralizowanemu zarządzaniu aktywami, obiektami i sieciami dystrybucyjnymi udało się ograniczyć niezarejestrowane zużycie wody. Dokładniej rzecz ujmując, osiągnięto redukcję kosztów utrzymania o 20%, a koszty instalacji rozwiązań cyfrowych o 80%. Ponadto zużycie energii na lotnisku spadło o 15%, a nieszczelności sieci zostały zredukowane o 60%.

³ <https://www.idrica.com/case-studies/>



2.7.4. Dania

Towarzystwo Budownictwa Społecznego ALBOA, Aarhus⁴

Towarzystwo Budownictwa Społecznego ALBOA jest odpowiedzialne za administrowanie i wynajem około 7 tys. mieszkań w 80 działach mieszkaniowych (tzn. za wynajem lokali komunalnych). Większość mieszkań znajduje się w budynkach wielopiętrowych wybudowanych w latach 50. oraz 70. ubiegłego wieku, ale posiada ono w także bardziej nowoczesne budynki, takie jak niskie szeregowce. W ostatnim czasie powstało kilka nowych oddziałów budownictwa niskoenergetycznego, a kilka z nich spełnia już wymagania energetyczne na rok 2020. Zasadnicza różnica między tymi działami nie polega tylko na zasobach mieszkaniowych, ale także na sposobie opomiarowania wody i energii. Obecnie tylko w około jedna trzeciej z 80 działów budownictwa mieszkaniowego ALBOA są zainstalowane indywidualne wodomierze, podczas gdy w kolejnej jednej trzeciej nie ma ich wcale. Pozostała jedna trzecia mieszkańców jest rozliczana bezpośrednio przez przedsiębiorstwo wodociągowe.

Po zainstalowaniu indywidualnych wodomierzy w dziale obejmującym 156 umów najmu, zużycie wody zmniejszyło się o 50%. W zaokrągleniu oznacza to oszczędność 6 tys. m³, co oznacza, że lokatorzy zyskują rocznie około 40 tys. euro. ALBOA przewiduje, że w nadchodzących latach więcej budynków zostanie wyposażonych w indywidualne wodomierze.

Szkoła Tinderhøj, Rødovre

W 2019 roku w szkole Tinderhøj zainstalowano, w ramach nowej inicjatywy cyfrowej, System Zarządzania Wodą. Inicjatywa ta jest pierwszą tego typu w Danii, i przyniosła duże oszczędności operacyjne. W ramach systemu zainstalowano także na recepcji szkoły monitor, na którym wyświetlane są informacje potwierdzające proekologiczność szkoły. Koszt instalacji systemu wyniósł około 54 tys. euro i obejmował montaż 180 inteligentnych baterii umywalkowych oraz system monitorowania. Dzięki monitorowaniu danych szkoła może odbierać alarmy o wyciekach, śledzić zużycie wody oraz w razie konieczności uruchamiać przepłukiwanie chroniące przed zastojami wody. Działanie to jest częścią inicjatywy gminy Rødovre dotyczącej renowacji energetycznej, której celem jest zmniejszenie całkowitego zużycia CO₂ o 2% rocznie.

2.7.5. Chorwacja

W 2016 roku 449 podmiotów prawnych (135 publicznych i 314 lokalnych dostawców) prowadziło w Chorwacji działalność w zakresie zaopatrzenia w wodę, z których 62 zaopatruje ponad 5 tys. mieszkańców i dostarcza ponad 1 tys. m² wody dziennie. W czterech żupaniach - Primorje-Gorski Kotar, Split-Dalmacja, okręg Istria i miasto Zagrzeb - dostarczanych jest ponad 20 mln m² wody. Szacuje się, że 87% ludności jest podłączona do publicznego wodociągu, a około 1,6% do wodociągu lokalnego. W ciągu ostatnich 30 lat odsetek podłączeń do sieci wodociągowej wzrósł o 32%. W Chorwacji kontynentalnej wciąż więcej odbiorców jest zaopatrywanych z lokalnych systemów w porównaniu do Istrii czy w Dalmacji, jednak w ostatnim okresie odnotowano spadek takich podłączeń.

Najnowocześniejsze rozwiązania w dziedzinie technologii pomiaru wody w Chorwacji dotyczą standardowego odczytu przez pracowników sieci lub technologii automatycznego odczytu zdalnego za pomocą systemu przenośnego lub obwoźnego. Niektóre przedsiębiorstwa wodociągowe umożliwiają także płacenie rachunków przez Internet. Jednak przedsiębiorstwo wodociągowe Vodovod i odvodnja Zagreb (VIO Zagreb) zmodernizowało część swojej sieci z zastosowaniem zaawansowanej infrastruktury pomiarowej. Poniżej przedstawiono projekt pilotażowy przeprowadzony w 2011 roku.

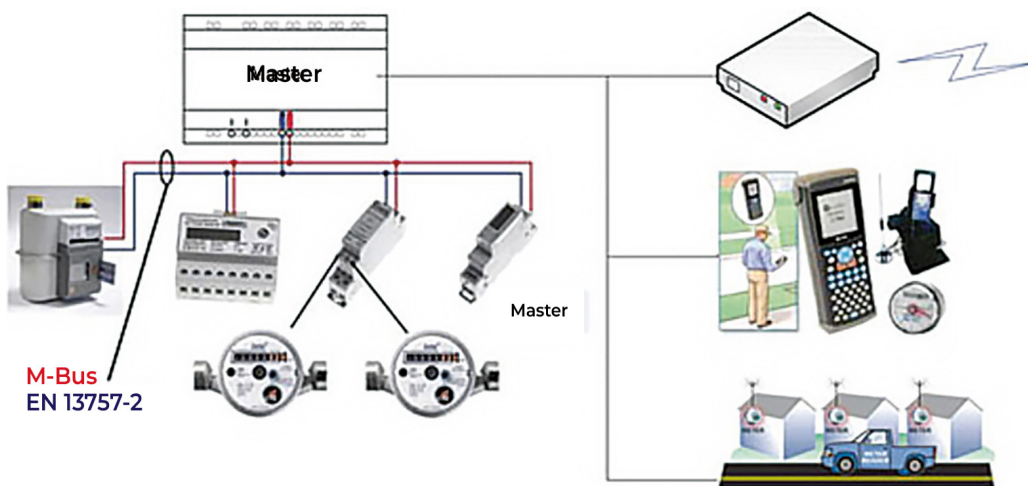
⁴ <https://www.kamstrup.com/en-en/customer-references/submetering/case-alboa-housing-association>



Projekt pilotażowy VIO Zagrzeb VIO AWMR

VIO świadczy usługi wodno-kanalizacyjne dla miasta Zagrzebia i części żupani zagrzebskiej. Sieć wodociągowa obejmuje obszar o powierzchni ponad 800 km², zamieszkiwany przez około 900 tys. osób. Na terenie samego miasta obsługiwanych jest około 360 tys. odbiorców, u których zainstalowane jest 170 tys. wodomierzy różnego rodzaju, z których 25% jest odczytywanych zdalnie. Przy tej liczbie urządzeń pomiarowych w 2011 roku przeprowadzono 520 tys. odczytów, co oznacza, że odczyt każdego urządzenia jest dokonywany około 3 razy w roku.

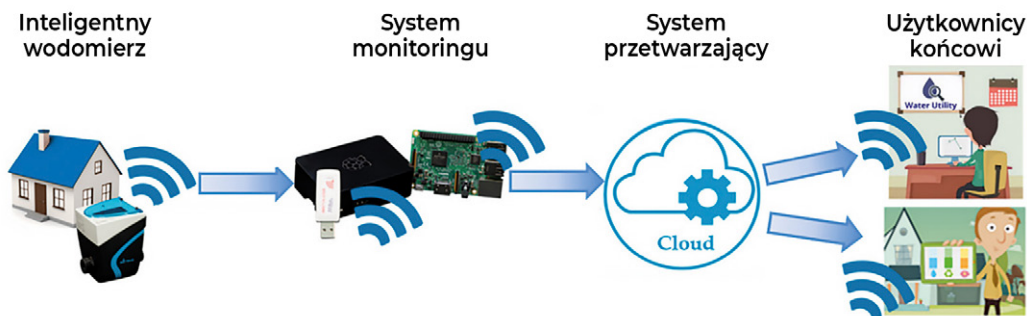
Istniejący system zdalnego odczytu w VIO był oparty na technologii magistrali M-Bus. System ten został opracowany specjalnie z myślą o systemach odczytu zużycia gazu, energii elektrycznej oraz wody i zbiera sygnały za pośrednictwem dwóch linii. Magistrala M-Bus działa w systemie hierarchicznym (rys. 5), w którym komunikacja jest kontrolowana przez jednostkę centralną (master). Kilka jednostek pomocniczych (slave) jest połączonych równoległe z jednostką centralną za pomocą dwużyłowego kabla komunikacyjnego, a taka jednostka może przesyłać zebrane dane do centralnego systemu rozliczeniowego. Mogą to być różne modemy, urządzenia GSM/GPRS, łącza ADSL itp. Możliwe jest także zbieranie danych o zużyciu wody z rejestratora danych za pomocą systemów przenośnych lub obwoźnych.



Rysunek 5. System M-Bus

Źródło <http://www.infotrend.hr/clanak/2012/11/sto-to-mudri-rade-s--pametnim-mrezama-,75,960.html>

Z całkowitej liczby wodomierzy impulsowych znajdujących się w tym systemie, zainstalowanych na terenie miasta Zagrzebia, tylko 13% z nich w pełni spełnia wymogi wiarygodnego odczytu. Dlatego w tych miejscach wykonuje się klasyczne odczyty ręczne (87%). Jest to spowodowane głównie niską jakością wodomierzy impulsowych oraz słabą konserwacją całego systemu M-Bus (za którą odpowiedzialni są inwestorzy/użytkownicy). Z powyższych względów system nie spełnia wymogów zdalnego pomiaru i nie umożliwia klientom wglądu w zużycie wody, dostępu do alarmów o wyciekach czy możliwości rozliczeń online. W związku z tym Spółka zdecydowała się na wdrożenie zaawansowanej infrastruktury pomiarowej (Rysunek 6) o nazwie AWMR VIO.



Rysunek 6. System zaawansowanej infrastruktury pomiarowej

Źródło <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/405>

AWMR VIO to zintegrowany system, który obejmuje:

- system wyposażony w protokół komunikacji sieciowej ZigBee/802.15.4 z komunikacją dwukierunkową;
- przesyłanie danych z urządzenia pomiarowego do VIO UPN (zawieranie umów, sprzedaż i rozliczenia) za pośrednictwem własnej sieci stacjonarnej;
- zaawansowany system alarmowy: wycieki, pęknięcia, samowolna ingerencja w konstrukcję wodomierzy;
- umożliwienie komunikacji z systemem informatycznym służącym do zarządzania energią;
- zaawansowany system rozliczeń (e-UPN - Moj VIO);
- monitorowanie online rzeczywistego zużycia energii;
- możliwość połączenia z innymi inteligentnymi urządzeniami w domu;
- możliwość podłączenia do innych inteligentnych sieci (elektroenergetycznych, gazowych, ciepłych).

Centralną częścią systemu zaawansowanej infrastruktury pomiarowej jest oprogramowanie Končar MARS (Rysunek 7), które zbiera i przechowuje dane pomiarowe oraz umożliwia ich późniejsze przetwarzanie i wyświetlanie. Interfejs użytkownika aplikacji internetowej pozwala na wyświetlenie wykresów geograficznych z lokalizacją urządzeń, wgląd w zużycie zmierzone przez każdy licznik i stan alarmów oraz rozliczenia online.

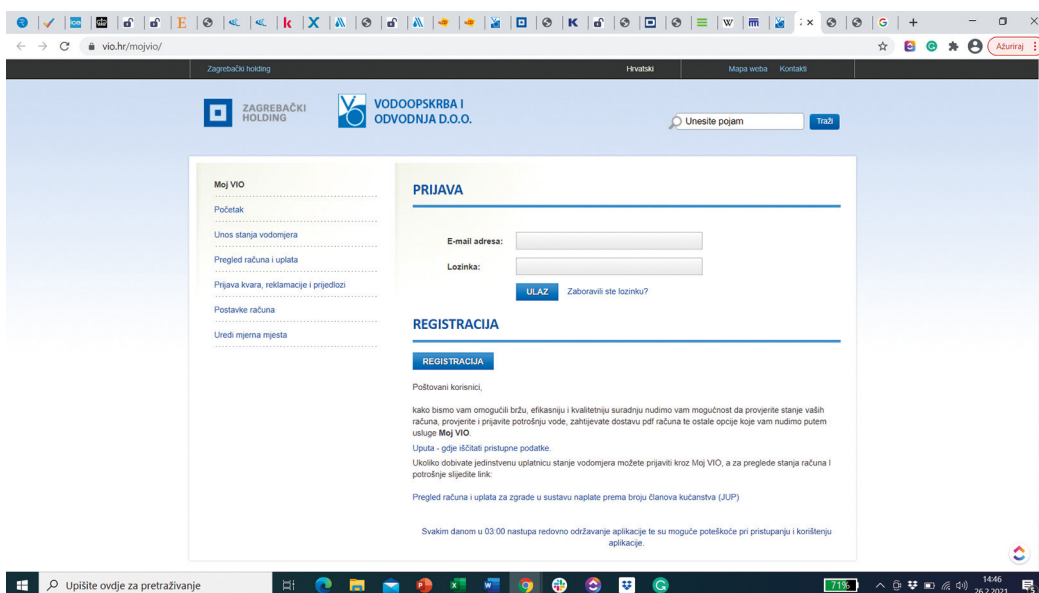


Katalog tematyczny 4



Rysunek 7. Interfejs aplikacji internetowej Končar MARS (koncepcja z 2011 roku)

Źródło <http://www.infotrend.hr/clanak/2012/11/sto-to-mudri-rade-s-pametnim-mrezama-,75,960.html>



Rysunek 8. Moj VIO - interfejs rejestracyjny systemu rozliczeniowego (2021)

Źródło: <https://www.vio.hr/mojvio/>



Pilotaż wykazał, że opłacalność rozwiązania wzrosła wraz z możliwością wdrożenia go w chmurze, co ułatwiło konserwację i obniżyło koszty. Integracja z rozliczeniami online skutkowałą zwiększeniem zadowolenia użytkowników końcowych i dodatkowymi oszczędnościami dla VIO (możliwych do osiągnięcia także przez każde inne przedsiębiorstwo użyteczności publicznej lub podobne, które zastosuje tę metodę). W przypadku VIO Zagrzeb, nowatorska technologia automatycznego odczytu zdalnego, polegająca na przesyłaniu danych za pomocą stacjonarnych odbiorników radiowych, została wdrożona na wyspie Kaprije (żupania Šibenik-Knin) przez Vodovod i odvodnja Šibenik (VIO Šibenik). Eliminacja konieczności udawania się pracowników na miejsce w celu dokonania odczytu umożliwiła monitorowanie zużycia wody w dowolnym czasie oraz skuteczne i szybkie wykrywanie wycieków

Szkoła podstawowa „Nad lipom”

Szkoła podstawowa „Nad lipom”, znajdująca się w Zagrzebiu, pracuje z dziećmi niepełnosprawnymi. W szkole prowadzona jest grupa ekologiczna, która realizuje wiele projektów dotyczących ochrony środowiska i energii. Jednym z projektów był projekt dotyczący ochrony zasobów wodnych pod nazwą Podróż po kropli wody 2008/2009. Projekt rozpoczął się od zakończonego sukcesem udziału w konkursie fundacji Armal, działającej pod patronem firmy Mariborska livarna Maribor, pod hasłem „Armal dla zdrowej, pitnej wody”. Projekt obejmował edukację obywateli/uczniów w zakresie znaczenia zapewnienia wszystkim istotom żywym dostępu do zdrowej, pitnej wody oraz ochrony źródeł takiej wody. Zaowocowało to zwiększeniem oszczędności wody o 10% i wygraną w postaci 10 „inteligentnych” baterii Armal w celu usprawnienia infrastruktury hydraulicznej w szkole.

Biorąc pod uwagę powyższe, chociaż technologie inteligentnych systemów pomiarowych w Chorwacji wciąż znajdują się w fazie koncepcyjnej i opierają się głównie na technologii automatycznego odczytu zdalnego, to istnieje szereg projektów unijnych oraz krajowych, które wspierają transformację cyfrową sektora wodnego i zachęcają obywateli do zmiany nawyków na wodooszczędne. Dlatego w przyszłości należy spodziewać się przyspieszenia wdrażania technologii i zmiany nawyków na bardziej zrównoważone pod względem zużycia wody.

2.8. Wpływ inteligentnego pomiaru wody na zmianę nawyków konsumentów

W poprzednim rozdziale przedstawiono koszty i korzyści wynikające z zastosowania technologii inteligentnego pomiaru zużycia wody. Jak wykazano, przynosi ona klientom oszczędności finansowe, ale także zwiększa ich zadowolenie, bezpieczeństwo i wpływa pozytywnie na ich działania. Można więc śmiało założyć, że technologia ta, a zwłaszcza narzędzia cyfrowe umożliwiające indywidualne monitorowanie zużycia, ma wpływ na zachowania odbiorców, zmieniając je na bardziej oszczędne i zrównoważone. Stanowi to jedynie uzupełnienie ogólnej zmiany zachowań społeczno-ekonomicznych, która nastąpiła w ostatniej dekadzie. Ze względu na postępującą zmianę klimatu, na całym świecie występują problemy z niedoborem wody pitnej i dotkliwie susze.

Dlatego przedsiębiorstwa wodociągowe oraz rządy na całym świecie starają się zmieniać nawyki ludności na takie, które sprzyjają oszczędzaniu wody, poprzez podnoszenie poziomu świadomości na temat kwestii związanych z gospodarką wodną, wdrażanie inteligentnych systemów pomiaru zużycia oraz promowanie narzędzi cyfrowych. Na przykład, w wyniku kampanii medialnych prowadzonych na przestrzeni kilku lat w Barcelonie udało się dotrzeć z przekazem dotyczącym skutków poważnych susz i związanej z tym potrzeby oszczędzania wody do niemal wszystkich



mieszkańców (92%). Ponadto prawie dwie trzecie populacji zadeklarowało podjęcie działań mających na celu ograniczenie zużycia wody, choć większość z nich miała charakter zmiany nawyków, np. krótszy prysznic (74%), zakręcanie kranu podczas mycia zębów (67%) i robienie prania tylko wtedy, gdy pralka jest pełna (49%). Potencjalny wpływ na oszczędność wody mogą mieć elastyczne taryfy opłat za wodę i wodooszczędne urządzenia. Przykładowo, badanie przeprowadzone w Australii wykazało 80% zmniejszenie zapotrzebowania na wodę dzięki zastosowaniu zbiorników na deszczówkę. Wdrożenie technologii inteligentnego pomiaru zużycia wody zmniejszyło zapotrzebowanie na wodę, zapewniając konsumentom wgląd w ich profile zużycia, ostrzeżenia o nieszczelnościach oraz wskazówki dotyczące lepszego gospodarowania wodą. Zastosowanie inteligentnych wodomierzy pozwala na zaoferowanie lepszych cen, precyzyjne naliczanie opłat i spersonalizowane komunikaty, które mogą zwiększyć możliwości oszczędzania wody w wyniku wdrożenia i zmniejszyć efekt zachowań kompensacyjnych. Wyżej wymienione korzyści dla klienta/ wspólne korzyści przedstawiają kilka przykładów redukcji zużycia wody w wyniku wdrożenia systemu inteligentnych wodomierzy.

Rozwiązania cyfrowe wymienione w niniejszym katalogu mają na celu zmianę nawyków obywateli/ klientów poprzez promowanie oszczędnego gospodarowania wodą za pomocą różnych platform (Fiware4Water, Freewa, iWIDGET itp.), narzędzi internetowych, takich jak Castwater, różnych aplikacji mobilnych (Eevie, Eco life hacks, Environment challenge itp.) oraz gier internetowych, takich jak Imprex i DWC Game Nexus. Przykładowo, użytkownicy aplikacji mobilnej Dropcountr oszczędzają do 9% wody miesięcznie, podczas gdy korzystanie z rozwiązań Advizzo, oferujących spersonalizowane wskazówki dotyczące zmiany zachowań, przyniosło 6-9% oszczędności energii rocznie na gospodarstwo domowe.



Rysunek 9. Czynniki sprzyjające oszczędzaniu wody i poziomy interwencji

Źródło https://www.researchgate.net/publication/328495243_Promoting_Water_Conservation_Where_to_from_here



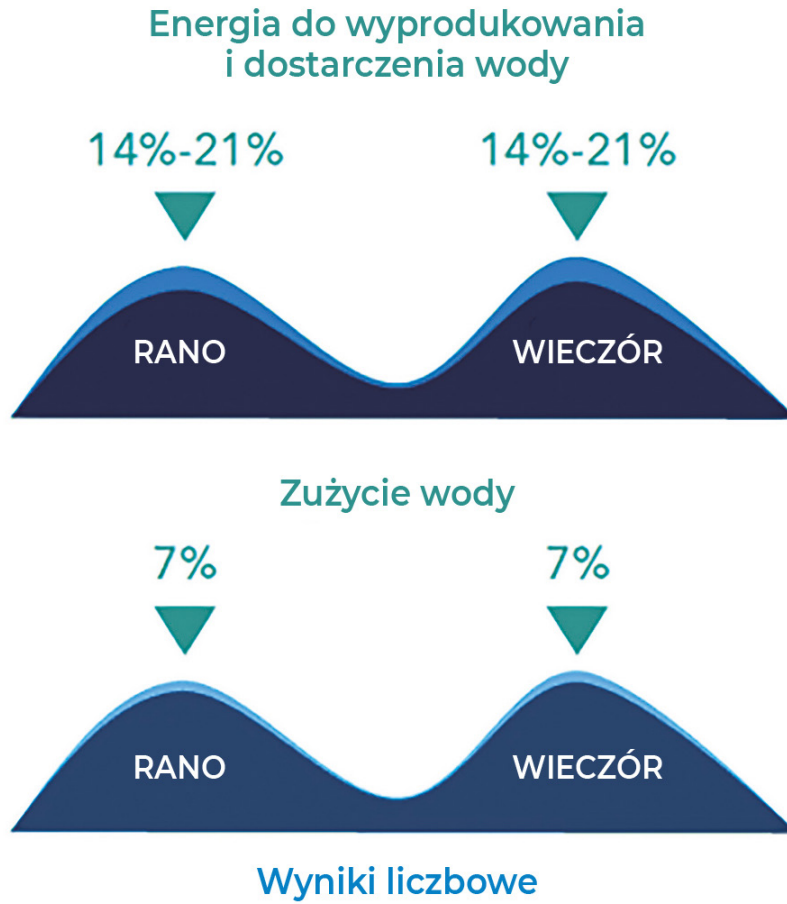
Na rysunku 9 przedstawiono rodzaje działań, które mogą być stosowane w ramach interwencji, począwszy od szeroko zakrojonych działań mających na celu kształtowanie zapotrzebowania na wodę u wszystkich odbiorców, poprzez bardziej ukierunkowane działania w określonych sektorach lub grupach, które uznano za zainteresowane oszczędzaniem wody, a skończywszy na działaniach na poziomie pojedynczego odbiorcy.

2.8.1. Przykład

Vitens jest największym przedsiębiorstwem zaopatrzenia w wodę pitną w Holandii i rocznie dostarcza 350 mln m³ wody za pomocą 100 stacji uzdatniania wody i 49 tys. km sieci wodociągowej. Będąc liderem w branży wodociągowej, w firmie Vitens zaczęto zastanawiać się, jak najlepiej wpływać na ludzkie zachowania i czy można w ten sposób ograniczyć szczytowe zużycie energii w sieci, co z kolei przyczyniłoby się do wydłużenia czasu eksploatacji infrastruktury. Firma Vitens chciała sprawdzić, czy jest w stanie zmienić nawyki odbiorców poprzez wykorzystanie innowacyjnej technologii i gier komputerowych. Innym kluczowym czynnikiem dla przedsiębiorstwa użyteczności publicznej było poznanie siły młodszych pokoleń; czy po nauczaniu się danego zachowania będą oni w stanie nauczyć go starsze pokolenia? Ten aspekt badania pomoże także firmie Vitens w dalszym pogłębianiu zaangażowania klientów, co jest nieocenionym atutem dla ciągłego rozwoju marki. Bardziej techniczny aspekt wyzwania, przed którym stanęła firma, polegał na konieczności zidentyfikowania i spłaszczenia obciążeń szczytowych w sieci. Osiągnięcie tego celu pozwoliłoby także na dopasowanie rozmiaru sieci, co z kolei pozwoliłoby na zwiększenie ogólnej wydajności. Gdyby firma Vitens zastosowała inteligentne czujniki wody, dane przekazywane przez nie w ramach sieci pozwoliłyby zrozumieć wymagania techniczne dotyczące przepływu wody/zapotrzebowania na nią, co pomogłoby wpłynąć na sposób myślenia i nawyki klientów.

Jako możliwe rozwiązanie, firma Vitens postanowiła przeprowadzić badanie trwające 3 miesiące, z udziałem 180 uczestników. Firma Vitens zastosowała innowacyjną technologię w postaci inteligentnej sieci, na którą składało się 300 czujników rozmieszczonych na 9 tys. km infrastruktury sieci wodociągowej wraz z dedykowaną infrastrukturą informatyczną i nowoczesną dyspozytornią. Badanie przeprowadzono w mieście Leeuwarden w północnej Holandii, które firma Vitens nazwała „Vitens Innovation Playground”. Dane były zbierane przez inteligentne liczniki i przesyłane do serwera gier za pomocą systemu radiowego FlexNet™. Kluczową różnicą w porównaniu z innymi badaniami przeprowadzonymi wcześniej jest to, że przedsiębiorstwo wykorzystało grę do wpływania na ludzkie zachowania, a także to, że dostarczyło przedsiębiorstwu dodatkowych informacji na temat okresów szczytowego zużycia energii w sieci oraz sposobów zmiany popytu po stronie klienta.

Wyniki trzymiesięcznego badania były obiecujące. 83% uczestników nie tylko stwierdziło, że uzyskało lepszy wgląd we własne zużycie wody, a świadomość znaczenia ograniczenia szczytowego zużycia wody wzrosła z 40% do 90%. Innym ważnym celem przedsiębiorstwa było lepsze zwymiarowanie sieci i wykorzystania szczytowego, co pozwoliło zabezpieczyć infrastrukturę i jakość wody w sieci. W trakcie badań odnotowano 14-21% zmniejszenie zużycia energii potrzebnej do dostarczania wody oraz 7% redukcję zużycia wody rano i wieczorem. Dla firmy Vitens zmniejszenie zużycia wody o 7% oznacza 23 mln m³ rocznie.



Rysunek 10. Efekty wykorzystania gry „Water Battle”

Źródło <https://sensus.com/emea/resources/case-studies/influencing-human-behavior-reducing-peak-consumption/>

2.9. Wyzwania i ograniczenia

Każda technologia niesie za sobą zalety i wyzwania związane z jej wdrażaniem - infrastrukturalne, środowiskowe, społeczne i inne. Inteligentne opomiarowanie wody nie jest tu wyjątkiem. Wyzwania związane z tą technologią można podzielić na trzy kategorie, tj. techniczne, oparte na wiedzy i praktyczne.

Wyzwania techniczne

Wyzwania te obejmują instalację niezbędnego sprzętu i adaptację systemu sieci wodociągowej. W związku z tym, ograniczenia dotyczą technologii, która łatwo ulega dezaktualizacji i uszkodzeniu, kompatybilności systemów łączności z licznikami, trudności z portalami dla klientów, obaw związanych z ochroną prywatności oraz zmienności sygnału w przypadku odczytu za pomocą systemów przenośnych lub obwoźnych czy łączności bezprzewodowej. Jednym z kluczowych problemów jest również brak wspólnego standardu dla tej technologii oraz rozbieżności w protokołach komunikacyjnych, informacyjnych i częstotliwościowych pomiędzy producentami. Wdrażanie technologii inteligentnej gospodarki wodnej napotyka nie tylko ograniczenia techniczne i badawcze, ale także finansowe (ze względu na wysokie nakłady inwestycyjne). Nawet jeśli fundusze są dostępne, często brakuje odpowiedniego wsparcia technicznego (w zależności od położenia geograficznego), które jest niezbędne do skutecznego utrzymania takiej technologii. Decyzja o jej zastosowaniu na cele miejskie zależy od władz lokalnych.



Wyzwania oparte na wiedzy

Ograniczenia oparte na wiedzy są częścią ograniczeń społecznych, zwykle związanych z kwestiami prywatności, ogólnym odrzuceniem nowych technologii oraz brakiem „know-how” na temat odpowiednich technologii: „co, gdzie i dlaczego”. Na przykład użytkownicy mogą obawiać się wykorzystania danych osobowych przechowywanych w chmurze lub że zostaną one niewłaściwie wykorzystane przez osoby trzecie. Dlatego też rządy muszą stworzyć przepisy, które ograniczą możliwość nadużywania danych osobowych przez firmy lub poprzez cyberataki. Ponadto, ponieważ inteligentne wodomierze są nową technologią, wiedza i doświadczenie branży wodociągowej w zakresie wdrażania projektów są nadal ograniczone, a liczba istniejących przypadków biznesowych pokazujących wymierne rezultaty jest niewielka. Podczas opracowywania przypadków biznesowych pojawiają się jednak pewne problemy, takie jak niechęć ze strony hierarchii wewnętrznej, istniejące standardy branżowe niewystarczające z punktu widzenia potrzeb biznesowych, trudności z pozyskaniem odpowiedniej technologii i inne.

Wyzwania praktyczne

Ograniczenia te obejmują czas potrzebny na instalację i uruchomienie liczników, brak istniejącego systemu biznesowego i przepływu pracy, zarządzanie danymi i ich analizę, co odnosi się do wiedzy specjalistycznej umożliwiającej maksymalizację korzyści z danych, oraz zaangażowanie klientów niemieszkalnych w działania związane z alarmami o wyciekach.



Wykaz piśmiennictwa

<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/smart-water-metering-market-100776>

<https://www.advizzo.com/>

<https://www.deepki.com/en/>

http://daiad.eu/index5ae0.html?page_id=2002

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=City+cuts+costs,+improves+accuracy+with+radio+frequency+meter+reading&author=Hastreiter,+J.&publication_year=1997&journal=Water+Eng.+Manag.&volume=144&pages=33%E2%80%9335

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Annual+Report&author=Origin+Energy+Ltd&publication_year=2016

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837711000172>

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Benefits+and+challenges+of+using+smart+meters+for+advancing+residential+water+demand+modeling+and+management%E2%80%9494A+review&author=Cominola,+A.&author=Giuliani,+M.&author=Piga,+D.&author=Castelletti,+A.&author=Rizzoli,+A.E.&publication_year=2015&journal=Environ.+Model.+Softw.&volume=72&pages=198%E2%80%93214&doi=10.1016/j.envsoft.2015.07.012

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652613003272>

<https://www.linkedin.com/pulse/smart-shower-meter-reduces-hotels-energy-consumption-susanne-h%C3%A4cki>

<https://www.ice.org.uk/knowledge-and-resources/case-studies/southern-water-universal-metering-project>

<https://iwa-network.org/eau-du-grand-lyon/>

<https://www.businesswire.com/news/home/20190612005891/en/Semtech-Supports-Deployment-of-Birdz%E2%80%99s-New-LoRaWAN%E2%AE-based-Water-Metering-Network>

<https://www.idrica.com/case-studies/>

<https://group.accor.com/en/commitment/planet-21/building>

<https://www.kamstrup.com/en-en/customer-references/submetering/case-alboa-housing-association>

<https://sustainablehospitalityalliance.org/>

<https://www.epa.gov/watersense/h2otel-challenge>

https://www.london.gov.uk/sites/default/files/water_for_schools_case_study.pdf

<https://wrap.org.uk/resources/water-efficiency-case-study/city-university-london>

<http://challisagplus.com/case-studytinderhoj-school-denmark-install-water-management-system-wms/>

<https://www.myswep.com.au/About>

<https://efdinitiative.org/news/smart-water-meters-south-african-schools-drive-down-water-wastage-saving-millions-rands>

<http://www.schoolswater.co.za/>

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Changes+in+water+consumption+linked+to+heavy+news+media+coverage+of+extreme+climatic+events&author=Quesnel,+K.J.&author=Ajami,+N.K.&publication_year=2017&journal=Sci.+Adv.&volume=3&doi=10.1126/sciadv.1700784&pmid=29075664

<https://sensus.com/emea/resources/case-studies/influencing-human-behavior-reducing-peak-consumption/>



Katalog tematyczny 4

https://www.researchgate.net/profile/Cara_Beal/publication/269818965_The_2014_Review_of_Smart_Metering_and_Intelligent_Water_Networks_in_Australia_New_Zealand/links/5497734a0cf2ec13375d3cea/The-2014-Review-of-Smart-Metering-and-Intelligent-Water-Networks-in-Australia-New-Zealand.pdf

<https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/vodoopskrba-i-upravljanje-rizicima-u-vodoopskrbi-u-republici-hrvatskoj/>

https://www.google.com/search?q=smart+water+metering+system&tbm=isch&ved=2ahUKEwjJorz_aD-vAhVm1uAKHTyiDFcQ2-cCegQIABAA&oq=smart+water+metering+system&gs_lcp=CgNpbWcQAzlCCAAyBA-gAEBg6BAGAEb5QhzhYkEBgsENoAHAAeACAAaoBiAGvB5IBazAuN5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scIent=img&ei=ED9GYMnaNOasgwe8xLK4BQ&bih=738&biw=816#imgrc=aKKJR5yZDGVwGM

<http://www.os-nad-lipom-zg.skole.hr/ekoskola3.php>

<https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/582/html>

<https://www.mdpi.com/2073-4441/11/4/838/htm#B20-water-11-00838>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-012-0456-2>

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504851.2011.629977>

<https://www.mdpi.com/2073-4441/10/11/1510/htm#B35-water-10-01510>

<http://www.infotrend.hr/clanak/2012/11/sto-to-mudri-rade-s--pametnim-mrezama-,75,960.html>

https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2018/01/miot_smart_water2_02_18.pdf

https://www.iskraemeco.com/app/uploads/2020/10/IE_Smart-Water-Management-Solution.pdf



www.interreg-central.eu/Content.Node/CWC.html



citywatercircles



CirclesCity



citywatercircles

City Water Circles

Międzynarodowy podręcznik online w zakresie
gospodarki wodnej o obiegu zamkniętym
i wykorzystania wody w miastach

2021