



VADEMECUM DLA PRZEDSIĘBIORCÓW

Innowacyjne rozwiązania technologiczne.
Doświadczenia Partnerstwa „Budujmy Razem”



**Alternatywne zagospodarowanie
wód opadowych**



Katarzyna Gudelis-Taraszkiewicz, Ziemowit Suligowski



VADEMECUM DLA PRZEDSIĘBIORCÓW

Innowacyjne rozwiązania technologiczne.
Doświadczenia Partnerstwa „Budujmy Razem”

C.

**Alternatywne zagospodarowanie
wód opadowych**

- A. **Cieczowe systemy słoneczne** Maciej Wesołowski
- B. **Alternatywna kanalizacja** Ziemowit Suligowski, Agnieszka Tuszyńska
- D. **Dokumentacja projektowa** Zbigniew Kononowicz

Niniejsza publikacja została przygotowana przez projekt „Budujmy Razem” finansowany w ramach Inicjatywy Wspólnotowej Equal ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego i budżetu państwa.

Wyrażane tu poglądy są wyłącznie poglądami autorów publikacji i w żadnym przypadku nie mogą być utożsamiane z oficjalnym stanowiskiem Unii Europejskiej.

Wstęp

Oddajemy w Państwa ręce opracowanie zawierające doświadczenia wyniesione z Partnerstwa „Budujemy Razem”. Publikacja prezentuje innowacyjne rozwiązania technologiczne z zakresu ochrony środowiska, opisuje w skondensowany sposób konkretne rozwiązania techniczne aparatury i instalacji ciepłych, kanalizacyjnych i zagospodarowania wód opadowych. Skierowana jest zarówno do projektantów, wykonawców, jak i potencjalnych użytkowników. Zaproponowane rozwiązania przynoszą konkretne oszczędności ekonomiczne, tak ważne w procesie inwestowania. Ze względu na wszechstronność i prostotę publikacji będzie ona przydatna dla wszystkich praktyków zajmujących się szeroko rozumianym wykorzystaniem energii odnawialnej, wód opadowych i ścieków gospodarczych. Wierzimy, że pokazane przez nas rozwiązania posłużą lepszemu wykorzystaniu środków i technologii w celu przywracania, utrzymania i chronienia środowiska, w którym żyjemy.

Władysław Bielski

Prezes Olsztyńskiej Izby Budowlanej

SPIS TREŚCI

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Wstęp | 3 |
| C. Alternatywne rozwiązanie zagospodarowania wód opadowych | 7 |
| C.1. Cechy odpływu wód opadowych i warunki funkcjonowania zagospodarowania wód opadowych w Polsce | 11 |
| C.2. Uzasadnienie celowości stosowania rozwiązań alternatywnych | 14 |
| C.3. Elementy składające się na alternatywny system zagospodarowania wód opadowych | 16 |
| C.4. Charakterystyczne cechy urządzeń do alternatywnego zagospodarowania wód opadowych w aspekcie ich przydatności | 28 |
| C.5. Zasady postępowania przy wymiarowaniu alternatywnej instalacji zagospodarowania wód opadowych na przykładzie nowego systemu komór drenazowych typu SC-310 i SC-740 | 40 |
| C.6. Montaż komór drenazowych | 43 |
| C.7. Praktyczny przykład montażu systemu komór w ramach projektu EQUAL „Budujmy Razem” | 46 |
| C.8. Praktyczne zalecenia w zakresie zagospodarowania wód opadowych | 47 |
| Literatura | 52 |
| Materiały firm: | 53 |

C. Alternatywne rozwiązanie zagospodarowania wód opadowych

Wody opadowe są szczególnym zagadnieniem w warunkach funkcjonowania osadnictwa, a ich zagospodarowanie od chwili powstania było priorytetowe. Charakterystyczne, iż do tego zagadnienia podchodzono w sposób szczególny w okresie, gdy jednoznacznie lekceważono zagadnienia zaopatrzenia w wodę oraz zagospodarowania ścieków sanitarnych. Nie jest też przypadkiem, że nadal w eksploatacji pozostaje szereg elementów systemów zagospodarowania wód opadowych pochodzących sprzed połowy XIX wieku – a więc okresu, gdy powstały pierwsze współczesne systemy infrastruktury wodno – kanalizacyjnej¹. Sprawna organizacja odbioru wód opadowych należy do podstawowych warunków normalnego funkcjonowania jednostek osadniczych oraz transportu. Nawet pozostawanie niewielkiej warstwy wody tworzącej charakterystyczny film na nawierzchni drogowej stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Cechą szczególną spływu wód opadowych jest to, że zjawiska rozwijają się w granicach fizjograficznych zlewni, a nie w granicach administracyjnych gminy, jednostki osadniczej, czy też osiedla. Stąd przyjmowane rozwiązania muszą uwzględniać sytuacje rozwijające się poza formalnymi granicami danego obszaru, ale oddziałujące istotnie na jego stan. Na szczególną uwagę zasługuje tu spływ z terenów dominujących, w tym użytkowanych rolniczo oraz zalesionych.

Zagospodarowanie wód opadowych nie jest tożsame z ich kanalizowaniem. Celem nadrzędnym jest zawsze zapewnienie użytkownikom systemów minimalnego poziomu komfortu. Szczególnie miejsce zajmują tu odwodnienia układów komunikacyjnych, które **przede wszystkim** muszą być **skuteczne**. Ostatecznie wody muszą być usuwane z określonych powierzchni, ale nie muszą być natychmiast kierowane do odbiornika. Jednoznacznie stanowisko takie reprezentują od 2002 roku warunki techniczne², dopuszczające alternatywne zagospodarowanie wód opadowych o ile ma to miejsce w obrębie gruntu należącego do danego inwestora. Regulacje związane z ochroną

¹ Charakterystycznym przykładem jest tu rzymski kanał CLOACA MAXIMA, wybudowany jeszcze w epoce królów etruskich, a więc przed powstaniem republiki i późniejszego cesarstwa, przebiegający m.in. po FORUM ROMANUM pozostaje nadal bardzo ważnym elementem miejskiego systemu kanalizacji. W poszczególnych polskich miastach w eksploatacji pozostają nadal elementy melioracji miejskich pochodzących z okresu krzyżackiego.

² Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DU 75/2002.

środowiska zaliczając do kategorii ścieków jedynie wybrane spływy wód opadowych³ sprzyjają tego rodzaju rozwiązaniom.

W tej sytuacji bezwzględne żądania np. przyłączania nieruchomości do kanalizacji wód opadowych (lub ogólnospławnej) są nadinterpretacją i świadczą o niskim poziomie zrozumienia ważności prawidłowego rozwiązania zagospodarowania wód opadowych (zarówno w aspekcie technicznym, jak też ekologicznym). Oczywiście w poszczególnych przypadkach występują dodatkowe ograniczenia, takie jak np. zbyt wysoki poziom zwierciadła wody gruntowej⁴. Dodatkowo w odniesieniu do poszczególnych lokalizacji może z większym natężeniem wystąpić czynnik ochrony jakości zasobów wód gruntowych, czego konsekwencją mogą być podwyższone wymagania w stosunku do oczyszczania wód opadowych⁵.

W praktyce nie jest możliwe jednoznacznie „dobre” rozwiązanie systemu zagospodarowania wód opadowych. Uwzględniając losowość zjawisk meteorologicznych, każda decyzja musi się tu mieścić w kategorii „wyboru mniejszego zła”. Istotą zagadnienia jest zawsze to, żeby sytuacje przeciążenia elementów systemów nie powtarzały się nadmiernie często. Charakterystyczne, aczkolwiek niezwykle trudne do praktycznego wyegzekwowania, są tu zapisy normy EN752 (obecnie PN-EN752) – tab. C.1. Nawet w mocno złagodzonej wersji wytycznej ATVA118 (edycja 1999) stawia ona szczególne wymagania przed gestorami systemów – wymagając, aby były one nie tylko w stanie spełnić podstawowe wymagania projektowe, ale również nie dochodziło do rozlania odpowiednio powiększonego opadu⁶. Nie wchodząc bliżej w szczegóły zapisów normy i wytycznej trzeba podkreślić, że w bardzo dużym skrócie napełnienie dla warunków obliczeniowych (tzw. deszcz miarodajny) nie będzie większe niż 60-70% wysokości przewodu, a w warunkach górskich – 50% wysokości.

Tab. C.1. Częstotliwości występowania miarodajnego opadu dla obliczeń systemów zagospodarowania wód opadowych

| Zakres obsługi | Częstotliwość występowania deszczu | Możliwość wylania wg EN 752 | Możliwość wylania wg ATV A118 (1999) |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | n, (1 raz na „n” lat) | | |
| Osiedle wiejskie | 1 | 10 | 2 |
| Osiedle mieszkalne | 2 | 20 | 3 |

3 W innej sytuacji spływające wody mogą być poddane wstępnemu oczyszczeniu.

4 Szczegółowe ograniczenia w tym zakresie zawierają materiały poszczególnych producentów elementów do rozszczania. Mogą się one istotnie różnić od siebie.

5 Jest to wprawdzie dość rzadkie i wiąże się z charakterystyczną budową geologiczną, przykładem może tu być tzw. sandr leśzczyński. Zagadnienia omawiają E.Pluczyński i M.Bartkowiak w referatach na konferencji Leszno 2007 (Ekonomiczne i środowiskowe...).

6 Rozlanie na powierzchnię terenu **każdej** kanalizacji prowadzącej wody opadowe jest taką samą sytuacją eksploatacyjną, jak brak odpływu wód opadowych w okresie suchym. Można co najwyżej mówić o ograniczeniu prawdopodobieństwa wystąpienia tego zjawiska. Charakterystyczne podejście do zagadnienia reprezentuje tu norma EN752 i wytyczna ATVA118 (1999), gdzie wyraźnie mówi się o komforcie odbiorcy usług. W efekcie **przyjmowane rozwiązania powinny zapewnić** zarówno zachowanie określonego standardu technicznego, jak też posiadać dodatkową rezerwę stanowiącą o możliwości w miarę normalnego funkcjonowania również w sytuacjach ekstremalnych, po przekroczeniu parametrów obliczeniowych.

| Zakres obsługi | Częstotliwość występowania deszczu | Możliwość wylania wg EN 752 | Możliwość wylania wg ATV A118 (1999) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | n, (1 raz na „n” lat) | | |
| Centra miast, przemysł, usługi: - uwzględniając przepiętnienie - pomijając sprawdzenie przepiętnienia | 2 5 | 30 – | Rzadziej niż raz na 5 lat |
| Podziemne urządzenia komunikacyjne, przejścia podziemne | 10 | 50 | Rzadziej niż raz na 10 lat |

Takie podejście do problemu narzuca konieczność odpowiednio dokładnej znajomości zjawisk meteorologicznych i prowadzenia stałych inwestycji adaptujących istniejące systemy do nowych warunków pracy. Zwraca uwagę, że wiosną 2007 roku mieliśmy do czynienia z kolejną propagacją zjawisk ekstremalnych: w okresie 1 miesiąca opad powodujący szereg problemów (w tym wylanie się ścieków z otwartego koryta kanalizacji ogólnospławnej w Zielonej Górze) w województwie lubuskim, przypadki olsztyński i bydgoski oraz trzykrotne (praktycznie w okresie tygodnia) powtórzenie się deszczu nawalnego w Łodzi. Trzeba odpowiedzieć na pytanie, w jakim stopniu mamy do czynienia ze zmieniającym się klimatem (przykładowo koledzy niemieccy prognozują w okresie najbliższych lat wzrost opadu nawalnego o ok. 30%), a do jakiego stopnia są to konsekwencje braku dostatecznej znajomości zjawisk meteorologicznych. Zasadniczą rolę odgrywa tu długość okresu obserwacji, charakterystyczne są zalecenia ATV⁷ w przedmiotowym zakresie (tab. C.2).

Tab. C.2. Minimalna długość okresu obserwacji meteorologicznych potrzebna dla określenia wielkości opadu obliczeniowego o określonej częstotliwości

| Częstotliwość opadu (1 na „n” lat) | Minimalny okres obserwacji |
|------------------------------------|----------------------------|
| 1 na rok – 1 na 2 lata | 10 lat |
| 1 na 3 lata | 15 lat |
| 1 na 5 lat | 20 lat |
| 1 na 10 lat | 30 lat |

Równocześnie w praktyce często wykorzystuje się dla celów projektowych orientacyjne wskaźniki podane w tab. C.3. W praktyce, przy obecnej jakości polskich danych meteorologicznych każde obliczenie będzie z konieczności orientacyjne. Nadal brak jest informacji pozwalających na określenie charakterystycznych obciążeń zgodnie z aktualnymi standardami.

⁷ Inne zalecenia są zbliżone, aczkolwiek przyjmowane są zarówno nieco krótsze, jak też istotnie wydłużone minimalne czasy obserwacji. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że uporządkowane obserwacje meteorologiczne trwają w Niemczech od 160 lat, prace w zakresie systematyzacji opracowania wyników od ponad 60 lat, natomiast od ponad 20 lat funkcjonuje nowoczesny system rejestracji zjawisk, którego efektem jest elektroniczny atlas opadów KOSTRA.

Tab. C.3. Orientacyjne wartości odpływu wód pochodzenia opadowego o czasie trwania 10 i 15 minut, zależnie od prawdopodobieństwa, l/s.ha

| Lp. | Prawdopodobieństwo, % | Odpływ dla t = 15 minut | Odpływ dla t = 10 minut |
|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 100 | 77 | 100 |
| 2 | 50 | 96 | 127 |
| 3 | 20 | 131 | 172 |
| 4 | 10 | 210 | 216 |

C.1. Cechy odpływu wód opadowych i warunki funkcjonowania zagospodarowania wód opadowych w Polsce

Praktyka wykazuje, że nawet bardzo dobra znajomość opadów nie jest jednoznaczna z gwarancją uzyskania odpowiednio skutecznych rozwiązań technicznych, przy czym szczególną rolę odgrywa złożoność systemów, w tym różnorodność składających się na nie komponentów tworzących na obszarach zurbanizowanych⁸ tzw. systemy melioracji miejskich. Zagospodarowanie wód opadowych nie może być utożsamiane z ich kanalizowaniem i późniejszym odprowadzeniem do odbiornika wodnego. Na szerzej rozumiane systemy melioracji miejskich składają się takie elementy, jak:

- przewody kanalizacyjne, kanały kryte i otwarte;
- ciekі naturalne i sztuczne⁹;
- naturalne i sztuczne zbiorniki wodne;
- kryte i otwarte zbiorniki retencyjne (w tym stawy i jeziora dostosowane do pełnienia ich roli);
- drenaże budowlane oraz rowy odciążające;
- poldery wraz z pompowniami;
- w poszczególnych przypadkach elementy melioracji rolnych.

Szczególnym problemem są wcześniej kanalizowane ciekі oraz starorzeczecza pozostałe po wcześniej zasypanych ciekach¹⁰. Starorzecze w aspekcie bezpieczeństwa zabudowy nigdy nie będzie pełnowartościowym terenem budowlanym. Aktualnym problemem stał się wpływ zaniedbanych elementów melioracji rolnych na sąsiadujące obiekty.

Wielkość spływu wód opadowych opisuje ogólna zależność:

$$Q = q \cdot F \cdot \psi,$$

gdzie:

q – jest to natężenie jednostkowe opadu, F – powierzchnia zlewni, ψ – współczynnik spływu (określa, jaka część opadu może dotrzeć do systemu odbierającego wody opadowe).

Ponadto do wzoru wprowadzany jest element uwzględniający (bezpośrednio lub pośrednio – ATVA118) wielkość powierzchni zlewni i jej kształt. Praktycznie jedynym elementem niezmiennym we wzorze jest wartość powierzchni zlewni¹¹, jednak w warunkach kanalizacji ogólnospławnej może zmieniać się wartość F , co jest naturalną konsekwencją konieczności wychodzenia poza naturalne wododzia-

⁸ Nie oznacza to, że poza nimi zagospodarowanie wód opadowych jest sprawą nieważną – jest to problem istotny w każdej zorganizowanej (w tym wiejskiej) jednostce osadniczej, obiektach zaplecza ruchu turystycznego itp.

⁹ Brak jednoznacznych regulacji w zakresie odpowiedzialności za ciekі będące odbiornikami wód opadowych przepływające przez obszar zurbanizowany staje się przyczyną różnych lokalnych konfliktów. Szereg problemów stwarzają też odwodnienia drogowe.

¹⁰ W starszych jednostkach miejskich dość szczególną rolę odgrywają tu nawet starorzeczecza po zlikwidowanych systemach fos. Potrafią się one uaktywniać nawet po upływie setek lat.

¹¹ Niekiedy również kanalizacja rozdzielcza wód opadowych wkracza na nowe obszary co prowadzi do przełamania wododziałów i w efekcie wykroczenia poza granice naturalnych zlewni. Jest to sytuacja dość typowa w warunkach bezwzględnej forsowania kanalizowania wód opadowych, bez liczenia się zarówno z czynnikiem ekologicznym, jak też ekonomicznym.

ły¹². Dotychczasowe doświadczenia niemieckie wskazują na wzrost w miarę upływu czasu wartości natężenia jednostkowego opadu. Oczekiwany jest zarówno wzrost wartości jednostkowego spływu w warunkach deszczu nawalnego q , jak też częstotliwości występowania opadów nawalnych.

Wielkość spływu w bardzo dużym stopniu zależy od szczelności powierzchni zlewni i rodzaju jej przykrycia określanych przez ψ , przy czym dodatkowym czynnikiem jest spadek powierzchni zlewni. Ostatecznie Imhoff¹³ ocenia, że *nawet mała zmiana współczynnika spływu bardziej wpływa na końcowy wynik niż wszystkie inne elementy obliczeń*. Wartość współczynnika ψ waha się w szerokich granicach (na ogół podawane wartości mieszczą się w przedziale od 0,1 do 0,8-0,9, aczkolwiek pomiędzy poszczególnymi interpretacjami mogą występować pewne różnice¹⁴), ale przede wszystkim najważniejsza jest jej zmienność w czasie. Powszechnym zjawiskiem jest postępujące uszczelnianie się powierzchni zlewni i np. można oszacować, iż w ostatnim dwudziestoleciu wartość ψ dla terenów zurbanizowanych wzrosła nawet o ok. 40%. Wszystko wskazuje na to, że wzrost intensywności spływu pozostaje zjawiskiem perspektywnym.

Wprawdzie wiele mówi się o zabudowie ekologicznej, jednak również tam szczelne przykrycia stają się normą, postępuje też uszczelnianie powierzchni zabudowy jednorodzinnej. Szczególnego znaczenia nabiera wejście zabudowy na obszary wyżej położone (dominujące) i w efekcie poważne przyspieszenie spływu na niżej położone tereny. Konsekwencją tej sytuacji jest poważne zwiększenie obciążeń niżej położonych elementów systemów zagospodarowania wód opadowych.

Ostatecznie efektem tych wszystkich zmian są narastające w miarę upływu czasu problemy ilościowe i jest to zjawisko obiektywne. Zachowanie wystarczającej przepustowości (a więc niezbędnej sprawności) istniejących urządzeń wymaga systematycznego angażowania odpowiednio dużych środków. Konieczna staje się systematyczna rozbudowa wcześniej powstałych elementów i dostosowanie ich do zmieniających się warunków eksploatacji. Nawet zachowanie status quo wymaga ponoszenia określonych nakładów, jednak w odniesieniu do systemów zagospodarowania wód opadowych jest to równoważne ze stagnacją.

Warunki funkcjonowania zagospodarowania wód opadowych w Polsce

W polskich realiach brak jest tradycji poważnego traktowania wód opadowych. Wprawdzie na poziomie samorządów lokalnych raczej nie unika się jakiegś działania w tym zakresie, ale na ogół finansowanie ogranicza się do środków z budżetów lokalnych¹⁵. Przydzielane środki odpowiadają

12 Tu problemem szczególnym staje się ocena zdolności istniejącej sieci do funkcjonowania w zmienionych warunkach (w tym proporcji ilościowych pomiędzy wodami opadowymi i ściekami) i spełniania swoich podstawowych funkcji na oczekiwanym poziomie.

13 Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków. Poradnik. Arkady, Warszawa 1972.

14 Do pewnego stopnia może to tłumaczyć interpretacja Imhoffa zwracającego uwagę, że na ogół podaje się wartości przeciętne, nie uwzględniając wielkości spadku powierzchni zlewni.

15 Poszczególne samorządy starają się wprowadzić rozwiązania pozwalające na uzyskanie środków z opłat od użytkowników systemów, jednak wiąże się to z określonymi trudnościami i często z uciążliwą drogą sądową. Brak jednoznacznych regulacji prawnych stwarza przy tym groźbę bardzo różnego orzecznictwa. Stąd np. wyrok poznańskiego Sądu Apelacyjnego (dotyczący konfliktu w Pile) postrzegany jest w kategorii przywracającej pewną normalność, aczkolwiek Najwyższy Sąd Administracyjny zwrócił uwagę na brak jednoznacznych rozstrzygnięć prawnych.

bardzo często poziomowi wegetatywnemu, co z góry bardzo ogranicza, czy też wręcz uniemożliwia dostosowanie istniejących urządzeń do zmieniających się warunków.

Najważniejsze (w zasadzie trudno powiedzieć, co tu jest mniej ważne, efektem kontynuacji stanu obecnego pozostaje pogarszanie się stanu istniejącego) są zagadnienia:

- braku formalnych regulacji prawnych, określających miejsce położenia zagospodarowania wód opadowych w systemach infrastruktury;
- braku sprecyzowania kto odpowiada za zagospodarowanie wód opadowych¹⁶
- podstawowych regulacji prawnych pozwalających jednoznacznie określić zasady finansowania zagospodarowania wód opadowych oraz odpowiedzialności w tym zakresie;
- dość powszechnego utożsamiania zagospodarowania wód opadowych z ich kanalizowaniem;
- braku jakichkolwiek dostatecznie wiarygodnych danych pozwalających na dostatecznie wiarygodne prognozowanie ilościowe¹⁷;
- konieczność uwzględnienia indywidualnego charakteru występujących zdarzeń, który powinien znaleźć swój wyraz w procesie projektowania¹⁸.

Ostatecznie zasadniczym problemem pozostają konsekwencje wieloletniego lekceważenia problemów zagospodarowania wód opadowych. Charakterystyczne jest, że nadal przywołuje się w materiałach źródłowych informacje odnoszące się do lat 50-60-tych XX wieku, czy też nawet wyniki badań z XIX wieku. Zresztą system rejestracji opadów zawiera tak wiele luk, że praktycznie nie ma możliwości uzyskania dostatecznie wiarygodnej informacji dla tradycyjnego projektowania.

Zachowanie zdolności przepustowej odpowiadającej formalnym zaleceniom normy EN752 wymaga szczególnie wzmożonej działalności inwestycyjnej. Jeszcze bardziej skomplikowana sytuacja ma miejsce w przypadku zrzutu wód przelewowych z kanalizacji ogólnospławnej. Jeżeli obowiązujące regulacje nie mają stać się kolejnym martwym przepisem, niezbędne są inwestycje zarówno w zakresie sieci, jak też zbiorników retencyjnych o różnych konstrukcjach oraz odpowiednich przepompowni. W poszczególnych przypadkach chodzi tu o wielkie budowle możliwe do realizacji jedynie w wielkich aglomeracjach dysponujących odpowiednimi środkami.

16 Wprawdzie na zasadzie domniemania włącza się je do kategorii „zadania własnego gminy”, lecz w bezpośrednich regulacjach prawnych w przedmiotowych regulacjach brak jest jednoznacznych zapisów.

17 Wprawdzie mówi się, że mamy do czynienia z XIX wiecznymi sposobami określania prognoz przepływów, ale w rzeczywistości pozostajemy dalecy nawet od uzyskania ówczesnych standardów. Szczególnie musi niepokoić to, że nadal aktualne pozostają wszystkie negatywne uwagi Dziakiewicza (W. Dziakiewicz: Roboty wodne II. Kanalizacja miast systemu spławnego. Wyd. II, Warszawa ok. 1920) odnoszące się do braków i potrzeb stworzenia systemu gromadzenia wiarygodnych danych dla projektowania zagospodarowania wód opadowych. Ostatecznie wydaje się, że nadal pozostajemy w tym zakresie na poziomie sprzed ponad 90 lat (pierwsze wydanie książki) i niewiele się tu zmieniło. O znaczeniu zagadnienia świadczą zmieniające się treści wytycznej ATVA118 (edycja 1984 – dostępna również w polskiej wersji językowej i edycja 1999), przy czym pierwsza próba uogólnienia wyników nastąpiła ok. 1940 r. – mapa Reinholda, głęboka korekta (Pecher) mniej więcej 40 lat później, a ostatecznym efektem stała się zasadnicza zmiana systemu gromadzenia i opracowania danych (KOSTRA).

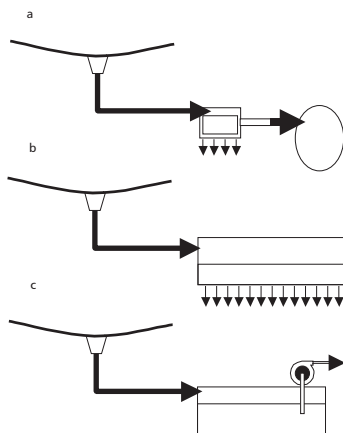
18 W szczególności w zakresie oceny wielkości natężenia opadu, niezbędnego w przypadku korzystania z nowoczesnych (dynamicznych) metod projektowania opartych m.in. na założeniu ruchu nieustalonego w przewodach. Alternatywą pozostają metody wywodzące się z XIX wieku – czy jednak **nawet one** są w pełni wykorzystywane w Polsce przy projektowaniu kanalizacji?

C.2. Uzasadnienie celowości stosowania rozwiązań alternatywnych

Celem alternatywnych rozwiązań zagospodarowania wód opadowych może być zarówno zastąpienie tradycyjnej kanalizacji, jak też odciążenie istniejących systemów kanalizacji (rys. C.1). W ostatnim przypadku mamy do czynienia z odpowiednio rozwiniętą funkcją retencji. Poszczególne rozwiązania mogą realizować równocześnie obydwa cele, z tym że w konkretnych przypadkach można preferować określoną funkcję. Zagadnienie celowości stosowania alternatywnych rozwiązań zagospodarowania wód opadowych można rozpatrywać w różnych aspektach: zarówno ekologicznym, jak też technicznym i ekonomicznym. Wbrew pozorom w odniesieniu do zagospodarowania wód opadowych nie są to kierunki sprzeczne.

Rys. C.1. Podstawowe cele alternatywnego rozwiązania zagospodarowania wód opadowych:

- a – odciążenie istniejącej kanalizacji,
- b – retencja i rozszczenie,
- c – retencja i wykorzystanie dla innych potrzeb



1. Aspekt ekologiczny wynika z zachowania bilansu zasobów wodnych. Przyspieszenie kanalizowanego spływu wód opadowych zakłóca naturalny obieg wody w przyrodzie, w tym zasilanie wód podziemnych.
2. Wzrost intensywności spływu stwarza zagrożenia powodziowe.
3. Czynniki techniczny i ekonomiczny to ograniczenie rozbudowy (niekiedy w ogóle rezygnacji z budowy) sieci odprowadzających wody opadowe. Zachowanie sprawności funkcjonowania tradycyjnego systemu zagospodarowania wód opadowych jest zadaniem kosztownym. Uwzględniając rzeczywiste relacje ilościowe w oparciu o dane niemieckie (ATV) koszt zagospodarowania 1 m³ wód opadowych jest zbliżony do kosztu zagospodarowania 1 m³ ścieków sanitarnych.
4. Wprawdzie wprowadza się w Polsce opłaty za wody opadowe, ale podstawy prawne są niejednoznaczne i nie stanowią dostatecznej podstawy dla kalkulacji opartych na poziomie tzw. niezbędnego przychodu¹⁹. Według danych z kalkulacji z ostatniego okresu²⁰, średni

¹⁹ Nie wydaje się, aby problem jednoznacznie rozwiązało rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 28 czerwca 2006 (DU 123) pozostające w dość wątpliwym stosunku z zasadniczą ustawą z dnia 6 czerwca 2001 o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dziennik Ustaw 72/2001). Ponadto przy kanalizacji ogólnospławnej pojawia się problem zabronionego w ustawie finansowania skrośnego.

²⁰ Np. o ile jeszcze 2-3 lata temu było to raczej 0,90 – 1,00 zł/m², to obecnie jest to raczej 1,20 – 1,30 zł/m².

koszt zagospodarowania wód opadowych na powierzchniach zurbanizowanych przekracza 1zł w przeliczeniu na 1m² powierzchni²¹. W poszczególnych miejscowościach są to w skali roku kwoty na poziomie od kilkuset tysięcy do kilku, a nawet kilkunastu milionów złotych. Dodatkowe problemy wiążą się z koniecznością likwidacji zaległości, które nagromadziły się w minionych latach.

Zasadniczym argumentem technicznym na rzecz rozwiązań alternatywnych są problemy dostosowania istniejących sieci i urządzeń do zmieniających się obciążeń. Jeśli nawet da się rozwiązać problem ekonomiczny, to zagadnieniem często praktycznie nierozwiązywalnym jest po prostu brak miejsca dla lokalizacji nowych inwestycji. Ze względu na swoje wymiary oraz zagłębienia, elementy tradycyjnych systemów zagospodarowania wód opadowych są ponadto często lokalizowane pod jezdniami, lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie. W tej sytuacji jakiegokolwiek poważniejsze prace na sieciach wiążą się z poważnymi zakłóceniami ruchu drogowego, o ile w ogóle będzie je można wykonać.

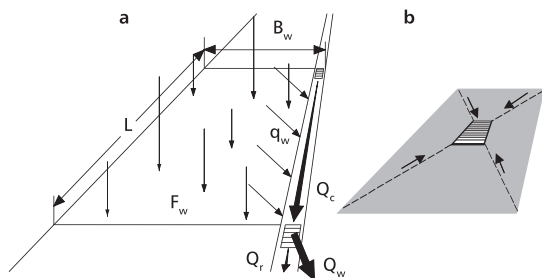
²¹ Uśrednionej, ze względu na niejasność norm prawnych. Dość powszechnie mamy do czynienia z tendencją do nadmiernego komplikowania i tak już dostatecznie złożonych problemów kalkulacji.

C.3. Elementy składające się na alternatywny system zagospodarowania wód opadowych

Sprawny system zagospodarowania wód opadowych obejmuje odpowiednio wyprofilowaną zlewnię (rys. C.2), przejmującą wodę spływającą z nawierzchni i kierującą ją do wpustu, wpust (rys. C.3) oraz przykanalik. Do miejsc powstawania podstawowych zakłóceń w pierwszym etapie należą:

- nawierzchnia zlewni²² w tym braki w jej wyprofilowaniu dostosowanego do rozmieszczenia wpustów,
- wpust deszczowy, stan techniczny (w tym położenie wysokościowe w stosunku do obsługiwanej powierzchni, odpowiedniość nasady, w tym samej kratki – rys. C.4, systematyczność prac eksploatacyjnych); jednym z nowych kierunków rozwoju wpustów jest zintegrowane rozwiązanie połączone z oczyszczeniem wód opadowych – rys. C.5
- przykanalik, stan techniczny, w warunkach skrajnych również przepustowość²³.

Ważnym elementem może być właściwie użyte odwodnienie liniowe (rys. C.6, rys. C.7), szczególnie interesujące ze względu na długi czas kontaktu spływu z rusztem.



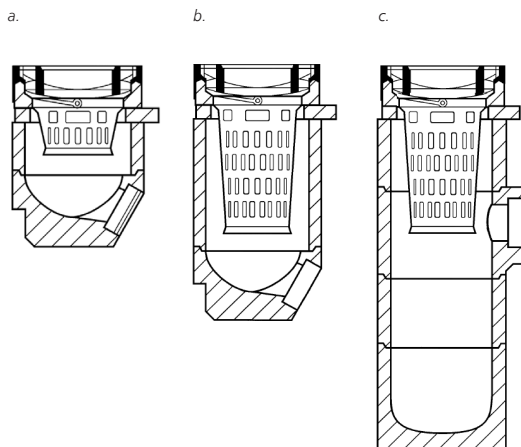
Rys. C.2. Zlewnia elementu odwodnienia

a – klasyczny układ odwodnienia drogowego wraz z rynną (rynsztokiem),

b – odwodnienie powierzchni

²² Pozostaje zagadnieniem otwartym szczelność nawierzchni – zgodnie z trendami ekologicznymi tam, gdzie jest to możliwe należy stosować nawierzchnię pozwalającą na naturalne przesiąkanie wody. Z kolei w rejonach podwyższonego ryzyka (np. stacji obsługi samochodów, stacji paliw, warsztatów, placów manewrowych transportu samochodowego, poszczególnych zakładów produkcyjnych itp.) konieczne jest wykonanie bardzo szczelnych nawierzchni pozwalających bezpiecznie skierować spływ do urządzeń oczyszczających. Formalne zaliczenie (prawo wodne, prawo ochrony środowiska) wybranych spływów do kategorii „ścieków” nie jest tu dostatecznie miarodajne. Konieczna jest rzeczowa analiza odnosząca się do konkretnych sytuacji – por. R. Edel „Odwodnienie drogowe”, WKiŁ Warszawa 2006.

²³ W przeciętnych warunkach średnica przykanalika nie powinna stanowić elementu zakłócającego odpływ wód opadowych, mogą to być np. przewody $\varnothing 150$ mm, natomiast $\varnothing 100$ mm są generalnie zbyt małe.

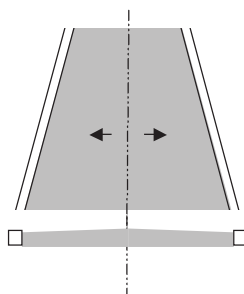
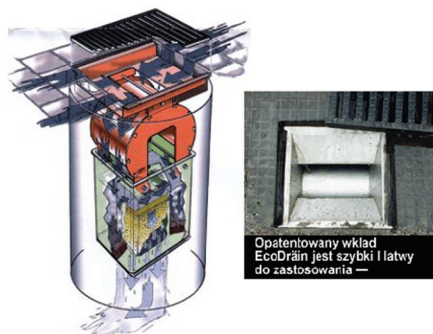


Rys. C.3. Wpust deszczowy:
a – krótki z wiadrem,
b – średni z wiadrem bez osadnika,
c – długi z wiadrem i osadnikiem

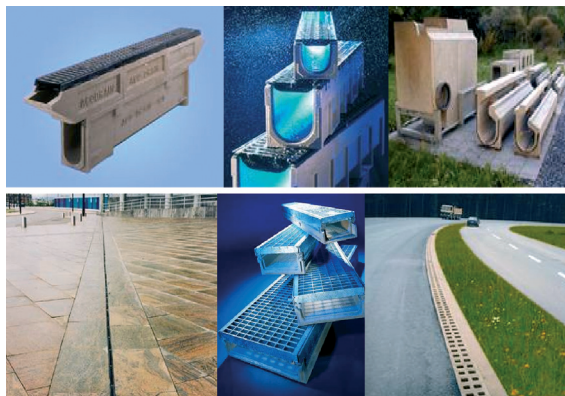


Rys. C.4. Przykłady współczesnych rozwiązań krat wpustów (układ prętów i ich wyprofilowanie sprzyja przelewaniu się wody do wnętrza)

Rys. C.5. Przykład wpustu łączącego funkcję oczyszczania wód opadowych (np. oferty firmy TUZAL)



Rys. C.6. Układ odwodnienia liniowego



Rys. C.7. Przykłady rozwiązań odwodnień liniowych (na przykładzie dokumentacji firmy ACO PASSAVANT)

Zadaniem każdego sprawnego technicznie alternatywnego systemu zagospodarowania wód opadowych jest:

1. zapewnienie sprawnego odbioru wód spływających z powierzchni zlewni oraz z ciężących do niej powierzchni przyległych,
2. doprowadzenie ich do punktu odbioru (wpust, odwodnienie liniowe),
3. wstępne podczyszczenie w stopniu zależnym od potrzeb wynikających z występujących zanieczyszczeń oraz dalszego zagospodarowania,
4. zapewnienie dostatecznej objętości do zatrzymania intensywnego spływu i zmagazynowania ich do czasu późniejszego zagospodarowania.

Efektem końcowym może być:

1. spowolnienie odpływu spływających wód i opóźnione w czasie przekazanie ich do istniejących elementów systemu odwodnienia (klasyczna funkcja retencji),
2. bezodpływowe lokalne zagospodarowanie wody opadowej poprzez:
 - zatrzymanie i wykorzystanie dla innych potrzeb (nawodnienia np. pól golfowych²⁴, polewanie ogrodów, zewnętrzna higiena domu, tzw. dualne instalacje wodociągowe²⁵),
 - wykorzystanie dla potrzeb dekoracyjnych,
 - wprowadzenie do gruntu za pośrednictwem urządzeń rozsączających,

²⁴ Aktualnie wykorzystanie zatrzymanych wód opadowych dla potrzeb nawodnień pól golfowych stało się w poszczególnych krajach rozwiązaniem standardowym, pozwalającym na istotną redukcję zużycia wody w strefach rekreacji (przykładowo informacje brytyjskie oraz australijskie potwierdzają obniżenie do połowy realnego zużycia wody). Tego rodzaju rozwiązanie wdraża się również w Polsce.

²⁵ Wprowadzie takie działania są popularne w poszczególnych środowiskach, jednak bezpieczne w aspekcie sanitarnym wprowadzenie do instalacji wód opadowych wymaga wprowadzenia szeregu zabezpieczeń (elektroniczne, przerwa powietrzna) instalacji wody pitnej przed skażeniem, stosowania specjalnych rozwiązań materiałowych instalacji stykającej się z wodą pochodzenia opadowego (środowisko kwaśne), armatury wykluczającej możliwość przypadkowego poboru itp. W praktyce jest to równorzędne z całkowitą przebudową instalacji i wiąże się z wysokimi kosztami w fazie inwestycji i eksploatacji, co w efekcie skutkuje wyższym kosztem pozyskania wody niż jej zakupu z sieci wodociągowej. Ponadto rekomendowane użycie wody opadowej dla potrzeb prania jest bardzo problematyczne.

- odparowanie ze specjalnych zbiorników bezodpływowych²⁶,
- połączenie ze sobą funkcji retencji i rozsączania.

Szczególne cechy elementów systemu

Alternatywne rozwiązania zagospodarowania wód opadowych polegają na:

- ogólnym spowolnieniu spływu z powierzchni, przybliżającym warunki do naturalnych;
- wprowadzeniu elementu „spłaszczenia” maksymalnych obciążeń istniejących urządzeń przez zatrzymanie (zbiornik retencyjny, zabudowa cieków, poprawa właściwości przykrycia powierzchni spływu);
- użyciu rozwiązań pozwalających na zatrzymanie spływu i ułatwieniu jego przesiąkania do gruntu;
- wykorzystaniu przejętych wód opadowych dla innych potrzeb.

To ostatnie rozwiązanie jest bardzo skomplikowane i w sumie kontrowersyjne. Przede wszystkim w polskich warunkach meteorologicznych typowe są dość długie okresy bez opadów i potrzebne jest magazynowanie stosunkowo dużych mas wody (rys. C.8), w wersji podstawowej typowego zbiornika jest to pojemność do 6-9m³.

Rys. C.8. Zbiornik wód opadowych w wersji podstawowej i rozbudowanej, np. materiałów firmy KESSEL



Kolejnym problemem są urządzenia do przygotowania wody. O ile np. przy użyciu poza domem rozwiązanie jest stosunkowo proste (rys. C.9), a oczyszczanie sprowadza się do użycia najprostszego filtra (rys. C.10), to uzyskanie wody nadającej się do wprowadzenia do wnętrza budynku jest znacznie bardziej skomplikowane i odpowiednio kosztowne²⁷ (rys. C.11).

Rys. C.9. Typowa instalacja do polewania ogrodu: od lewej – schemat ogólny, pompa o małej wydajności, pompa duża (np. materiałów firmy KESSEL)



²⁶ Wprawdzie zbiornik odparowujący jest dość popularny w poszczególnych środowiskach, jednak w polskich realiach klimatycznych takich urządzeń nie należy stosować. W sąsiedztwie dróg (zwłaszcza szybkiego ruchu) tego rodzaju urządzenia powinny być w ogóle zabronione.

²⁷ W aspekcie ekonomicznym nie można znaleźć uzasadnienia dla tego rodzaju postępowania.



Rys. C.10. Typowe filtry stosowane przy kierowaniu wody opadowej do innego użytkowania (np. materiałów firmy KESSEL)



Rys. C.11. Typowa instalacja pozwalająca na wykorzystanie wody opadowej w domu od lewej: schemat ogólny, urządzenie pompowe obejmujące równocześnie bezpieczne przyłączenie uzupełniającej instalacji wody pitnej (np. materiałów firmy KESSEL)

Ukształtowanie odwadnianej powierzchni

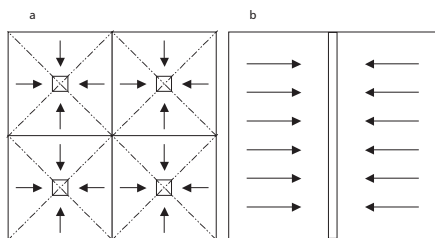
Dla zapewnienia sprawnego odbioru spływających wód konieczna jest odpowiednia organizacja zlewni wpustów. Teoretyczna chłonność standardowego („ulicznego”) wpustu deszczowego jest wysoka, jednak jego rzeczywista sprawność to jedynie 10% – 80% nominalnej²⁸. W efekcie konieczne jest zarówno odpowiednio gęste rozmieszczenie, przy czym efektywna zlewnia jednostkowa wpustu wynosi ok. 200m², pod warunkiem odpowiedniego ukształtowania powierzchni. Praktycznie spadek odwadnianej nawierzchni w kierunku kratki powinien wynosić min. 2 – 2,5%²⁹, a praktyczny rozstaw wpustów nie powinien być rzadszy niż 10-25m, przy czym gęstszy rozstaw odnosi się do zlewni o mniejszych spadkach.

Wpusty punktowe mogą być zastąpione liniowymi, co pozwala usprawnić samo przejmowanie spływu, przede wszystkim na uproszczenie wyprofilowania spadku nawierzchni (rys. C.12). Tu jednak pojawia się pewien problem – w handlu dostępne są koryta o różnych wymiarach³⁰, niektóre z nich predestynowane są do użycia dla małych obiektów typu domek jednorodzinny. Jednak również wówczas, w warunkach prawdopodobnego wystąpienia intensywnego spływu (skarpy!) wskazane jest użycie koryt o szerokości co najmniej 150mm, a nawet 200mm. Problem ten powinien być każdorazowo starannie rozważony przez projektanta, teoretyczna przepustowość hydrauliczna węższego koryta nie może być tu elementem rozstrzygającym. W przypadku odwadniania powierzchni płaskich możliwe jest użycie większej liczby węższych koryt.

²⁸ W konsekwencji odpowiednio mniejsza jest wielkość powierzchni jego jednostkowej zlewni.

²⁹ R.Edel, Z.Suliński: Wpływ parametrów wpustów deszczowych na sprawność odwodnienia powierzchniowego dróg i ulic. Gdańsk, 2004.

³⁰ Szereg informacji w przedmiotowym zakresie zawierają materiały firmy ACO PASSAVANT, w szczególności odnosi się to do charakterystycznych odmian konstrukcyjnych odwodnień liniowych.

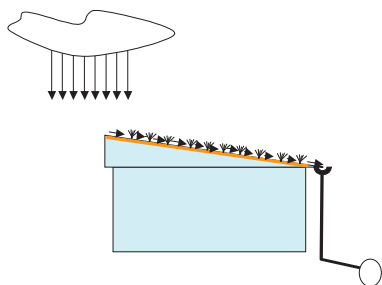


Rys. C.12. Przykłady rozwiązania spadków odwadniającej nawierzchni:
a – przy użyciu klasycznych wpustów,
b – z wykorzystaniem odwodnienia liniowego

Praktycznie zawsze pojawia się problem zanieczyszczeń występujących w spływie, w tej sytuacji wskazane jest zawsze korzystanie z wpustów z tzw. wiadrami – pojemnikami na grubsze zanieczyszczenia (rys. C.3), które muszą być systematycznie czyszczone. Ponadto wskazane jest użycie wpustu z osadnikiem (rys. C.3c). Zależnie od potrzeb spływające wody mogą być wstępnie podczyszczone³¹ (piaskownik, separator lamelowy, względnie koalescencyjny). Usunięcie znajdujących się w spływie zanieczyszczeń ma szczególne znaczenie w aspekcie dalszego zagospodarowania wód opadowych.

Spowolnienie spływu wody

Podstawowym sposobem ograniczenia intensywności spływu wód opadowych jest zwiększenie zdolności retencyjnej zlewni (w praktyce zmniejszenie wartości parametru ψ). Na terenach zurbanizowanych jest to zadanie bardzo skomplikowane, szczególne miejsce zajmuje tu zabudowa plombowa. Wzrost ceny gruntu powoduje, że nawet tzw. zabudowa proekologiczna charakteryzuje się znacznym uszczelnieniem nawierzchni. Stąd spotykane są np. dachy z nasadzeniami roślinnymi spowalniającymi spływ wód opadowych (rys. C.13). Charakterystyczne, że o ile przez wiele lat było to rozwiązanie charakterystyczne dla mniejszych obiektów (w tym gospodarczych) to obecnie sięga się po nie również w przypadku obiektów typu monumentalnego. Przykładowo obsiew dachu budynku biblioteki w Eksjö (Szwecja, rys. C.14) pozwolił uniknąć konieczności budowy dodatkowego kolektora deszczowego. Oczywiście takie rozwiązanie wymaga odpowiedniego projektu konstrukcji oraz starannego wykonawstwa. Charakterystyczne, że takie rozwiązanie przyjęto jako standard dla obiektów



technicznych o relatywnie niedużych kubaturach, lecz zajmujących względnie duże powierzchnie. Charakterystycznym przykładem mogą tu być garaże stosowane na szwedzkich osiedlach willowych (rys. C.15).

Rys. C.13. Zatrzymanie (częściowa redukcja, spowolnienie) spływu wód opadowych poprzez zastosowanie obsiewu powierzchni dachowej

³¹ Por. K.Gudelis-Taraszkiewicz, Z.Suligowski, R.Edel: *Autostrady*, nr 6 i 7/2006.

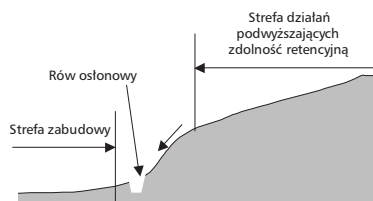


Rys. C. 14. Przykład zabudowy wielokobaturowej typu monumentalnego z obsiewem powierzchni dachowej



Rys. C. 15. Charakterystyczne rozwiązanie pokrytego roślinnością dachu garaży na osiedlu w rejonie Goeteborga

Elementem istotnie ograniczającym spływ z powierzchni dominujących są specjalne rowy odciągające u ich podnóża (rys. C.16). Jest to zadanie o tyle istotne, że w dotychczasowej tradycji mieściła się nie tyle dbałość o takie urządzenia, co ich dewastacja. Ponadto bardzo ważnym zadaniem jest zwiększenie zdolności retencyjnej terenów dominujących. Charakterystycznym przykładem może być Elbląg, gdzie przed 1945 r. praktycznie wszystkie zbiorniki naturalne i sztuczne na wysoczyźnie były przystosowane (specjalna zabudowa) do pełnienia roli standardowych zbiorników retencyjnych. Analogiczną rolę odgrywają stawy na Potoku Oliwskim, czy też na ciekach w Sopocie (różnice rzędnych terenu w granicach miasta przekraczają 100 m).



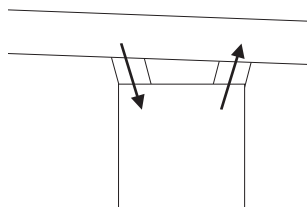
Rys. C. 16. Charakterystyczne strefy występujące w warunkach istnienia obszaru dominującego w stosunku do zabudowy

Kolejnym elementem zabezpieczającym w warunkach dużych różnic terenu jest odpowiednia zabudowa cieków, spowalniająca narastanie spiętrzenia wody. Wg obecnego stanu wiedzy najwłaściwszym rozwiązaniem jest tu system obejmujący względnie dużą liczbę niewielkich spiętrzących progów. Rozbudowa relatywnie dużych zbiorników retencyjnych może wiązać się z zagrożeniami wynikającymi z bardzo szybkich spiętrzeń i w efekcie z reguły nie nadają się one do użytkowania typu rekreacyjnego.

Spowolnienie spływu wód w ramach istniejących kolektorów wymaga rozbudowy specjalnych zbiorników retencyjnych³². W najbardziej ogólnym przypadku (rys. C. 17) zasada działania takiego zbiornika polega na odbiorze nadwyżki wody z kolektora, jej czasowym przetrzymaniu, następnie powtórny skierowaniu do przewodu. Istnieją różne odmiany zbiorników retencyjnych (w tym rurowe, wykonane z przewodów o odpowiednio dużych średnicach), jednak ich realizacja w klasycznej wersji wiąże się

32 Por. J. Dziopak: Modelowanie wielokomorowych zbiorników retencyjnych. Monografia Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.

z odpowiednio wysokimi kosztami. Jednak z jednej strony jest to praktycznie jedyne rozwiązanie pozwalające realnie odciążyć istniejące przewody, z drugiej często brak na nie po prostu miejsca.



Rys. C.17. Ogólna zasada działania zbiornika retencyjnego

Do często dyskutowanych należy problem stosowania otwartych, względnie zamkniętych (krytych) zbiorników retencyjnych. Ze względu na specyficzne właściwości polskiego klimatu powszechne stosowanie otwartych zbiorników retencyjnych jest bardzo problematyczne. Szczególnie w sąsiedztwie dróg szybkiego ruchu wiążą się one z zagrożeniami takimi, jak zamglenia i szadź.

Kubatura niezbędna dla potrzeb zatrzymania przejmowanej wody

Urządzenia przejmujące spływające wody przejmowane z odwadnianych powierzchni muszą posiadać odpowiednią kubaturę, pozwalającą na spełnienie oczekiwań w zakresie sprawnego odwodnienia. Przykładowo firma WAVIN³³ zaleca uzależniać pojemność urządzeń do infiltracji od prawdopodobieństwa (wielkości opadu) i wielkości odwadnianej powierzchni (tab. C.4). Z kolei kierując się wskazaniem dla odwodnień drogowych (współczynnik retencji $\psi = 0,9$, współczynnik bezpieczeństwa $\zeta = 1,5$) obliczono niezbędną kubaturę przypadającą na 1 ha odwadnianej powierzchni. Rezultaty obliczeń podano w tab. C.5.

Tab. C.4. Zalecenia firmy WAVIN w zakresie liczby przyjmowanych skrzynek (system AZURA) dla zatrzymania spływających wód (1 m³ ogólnej kubatury odpowiada ok. 5 skrzynek)

| Rodzaj gruntu | Opad 100 l/s.ha dla dachu o powierzchni (m ²) | | Opad 150 l/s.ha dla dachu o powierzchni (m ²) | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------|-----|
| | 100 | 150 | 100 | 150 |
| Przepuszczalny | 4 | 6 | 6 | 8 |
| Słabo przepuszczalny | 13 | 20 | 20 | 26 |

Tab. C.5. Orientacyjne zapotrzebowanie 1 ha odwadnianej powierzchni drogowej na pojemność retencyjną w uzależnieniu od prawdopodobieństwa wystąpienia opadu (p) oraz czasu trwania deszczu (t)

| Czas trwania deszczu t (min.) | Objętość (m ³) dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu (p,%) | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| | 10 | 20 | 50 | 100 |
| 5 | 182 | 158 | 122 | 97 |
| 10 | 231 | 203 | 162 | 122 |
| 15 | 267 | 231 | 182 | 140 |

33 Gudelis-Taraszkiewicz, Suligowski, Edel op. cit.

Urządzenia do alternatywnego zagospodarowania

Cechą charakterystyczną nowoczesnych urządzeń alternatywnego zagospodarowania wód opadowych jest to, że są one mało uciążliwe dla otoczenia. Typowe „oczka wodne” i podobne obiekty mają przede wszystkim znaczenie dekoracyjne, ich rola w przejmowaniu spływów pozostaje bardzo ograniczona. Każde rozwiązanie alternatywne powinno zapewnić przede wszystkim sprawny odbiór spływających wód, ich wstępne podczyszczenie, oraz dostatecznie dużą pojemność dla zatrzymania całego spływu do czasu:

- jego rozsączenia do gruntu,
- zatrzymania do chwili przekazania do wykorzystania dla innych potrzeb.

Popularny jest układ mieszany, gdzie nadwyżka wód opadowych kierowana jest do kanalizacji, względnie lokalnego odbiornika. Jednak niektóre rozwiązania techniczne mogą z góry narzucić ograniczenie poszczególnych funkcji.

W praktyce przy rozsącaniu do gruntu stosowane są 3 grupy urządzeń (rys. C.18):

- studnie chłonne w których filtracja odbywa się przez dno³⁴,
- skrzynki rozsączające w których infiltracja odbywa się przez ściany, z tym że w zależności od konkretnego systemu oraz konfiguracji w różnym stopniu aktywne są ściany czołowe³⁵;
- komory, gdzie podstawowa część infiltracji odbywa się przez otwarte dno, jest ona ewentualnie uzupełniona wypływem przez otwory boczne³⁶.

Urządzenia przypowierzchniowe (komory, skrzynki) są przypadkiem szczególnym systemu alternatywnego zagospodarowania wód opadowych. Posiadają one relatywnie małą głębokość posadowienia³⁷, w poszczególnych przypadkach również znaczną odporność na występujące obciążenia statyczne i dynamiczne³⁸.

Wprawdzie niekiedy mówi się również o wykorzystaniu w **infiltracji wód opadowych drenów**, ale w praktyce jest to problem bardzo skomplikowany, o ile jako podstawę przyjmie się skuteczność rozwiązania³⁹. W odróżnieniu od tradycyjnych rozwiązań małej kanalizacji chodzi tu o relatywnie duże masy wody, a więc o odpowiednio dużą pojemność urządzeń. Tymczasem uzyskanie pojemności na poziomie 1 m³ wymaga użycia ponad 100 metrów tradycyjnego ciągu drenarskiego. Stąd ewentualne drene wymagają budowy specjalnego zbiornika retencyjnego, dopiero z niego mogą

34 Ewentualna rola infiltracji przez nieszczelne połączenia elementów konstrukcyjnych pozostają drugorzędne.

35 Układ przestrzenny może ograniczyć, względnie uniemożliwić współpracę określonych powierzchni z podłożem gruntowym przyjmującym wypływ.

36 Z tym, że niektóre rozwiązania typu komora przeznaczone są wyłącznie do pełnienia funkcji zbiornika retencyjnego.

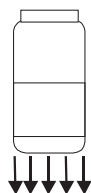
37 W ogólnym przypadku głębokość posadowienia nie musi tu wiązać się z wielkością pojemności, decydującą o efektywności odebrania spływu.

38 W Polsce nadal brak tradycji odpowiednich podbudów nawierzchni i trzeba interpretować krytycznie zalecenia zagraniczne w zakresie bezpiecznego przykrycia. Normatywy projektowania dróg są w znacznym stopniu zdezaktualizowane, rzeczywiste obciążenia osiowe są mniej więcej dwukrotnie wyższe, wskazane jest podwyższenie o 1 klasę wytrzymałości elementów na powierzchni.

39 Musi niepokoić brak zrozumienia, że naczelną zasadą planowania dowolnego systemu zagospodarowania wód opadowych musi być zdolność do szybkiego i skutecznego ich usuwania z chronionych powierzchni. Stąd np. **nie można utożsamiać zdolności do skutecznego przejmowania wody z podłoża gruntowego (np. drene francuskie, konstrukcje wytwarzane na bazie geokrat/tłuczeń) ze zdolnością do przejęcia jej gwałtownego napływu i przetrzymania do czasu przesiąknięcia.**

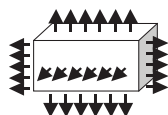
być wyprowadzane ciągi drenarskie. Odnosi się to również do ostatnio pojawiającej się koncepcji odwrotnego wykorzystania tzw. **drenu francuskiego** (rys. C.19). Jest to wprawdzie wysoko wydajne odwodnienie, ale nie nadające się w podstawowej wersji do wykorzystania przy zagospodarowaniu wód opadowych. Konieczne byłoby wprowadzenie dodatkowej pojemności retencyjnej przez dodanie rury perforowanej o dostatecznie dużej średnicy. Nie wydaje się, aby z różnych przyczyn było to racjonalne. Zwraca uwagę to, że szereg systemów (wykorzystujących komory, czy też niektóre skrzynki) wykorzystuje w znacznym stopniu efekt analogiczny do drenu, jednak **jako podstawowe rozwiązanie infiltracji wód opadowych dren francuski jest po prostu nieracjonalny**.

Studnia chłonna



a

Skrzynka rozsączająca



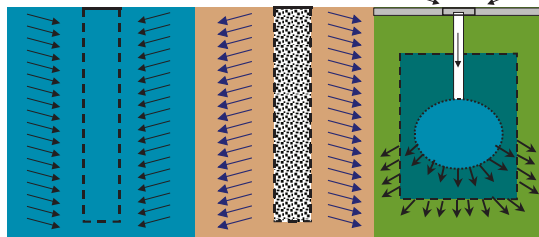
b

Komora



c

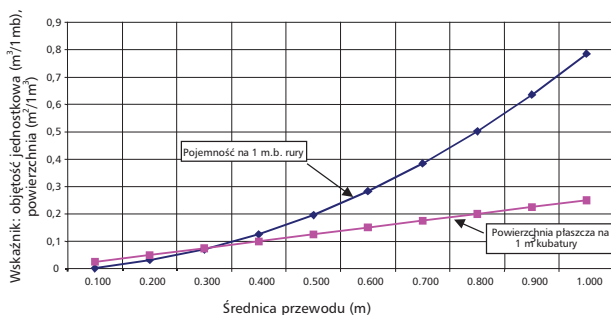
Rys. C.18. Podstawowa klasyfikacja urządzeń rozsączających



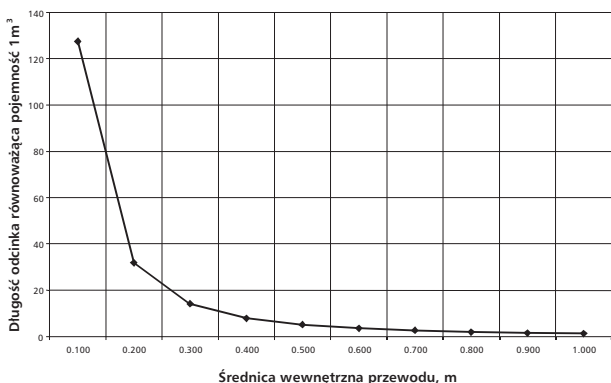
Rys. C.19. Dren francuski:
a – ogólna koncepcja (dren tworzy gruboziarniste wypełnienie otoczone odpowiednio dobraną geowłókną,
b – w wersji rozsączającej,
c – ewentualne rozwiązanie dla zagospodarowania wód opadowych

Uzyskanie odpowiedniej zdolności retencyjnej może być uzyskane poprzez zastosowanie rur o odpowiednio dużych średnicach i wystarczającej długości (rys. C.20, rys. C.21). W efekcie może to być przewód co najmniej $\varnothing 300 - \varnothing 400$ mm o perforacji ścian zapewniającej dobry kontakt z podłożem. Stąd o racjonalnym stosowaniu дренаżu można mówić **jedynie w odniesieniu do wysoko specjalistycznych rozwiązań drenów**.

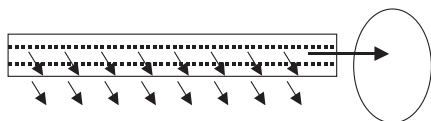
Rura w specjalnym wykonaniu może być wykorzystana jako bufor (rys. C.22) pomiędzy przejściem spływu a kanalizacją wód opadowych (rys. C.22). Wówczas do kanalizacji trafia tylko część wód, względnie (od ok. $\varnothing 1000$ mm) jako liniowy zbiornik retencyjny.



Rys. C.20. Charakterystyczne wskaźniki ilustrujące przydatność rury jako elementu alternatywnego zagospodarowania wód opadowych

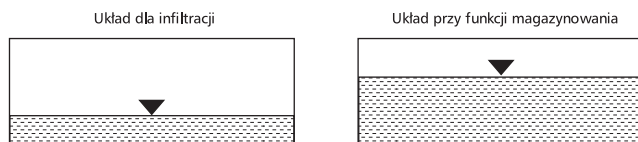


Rys. C.21. Długość rurociągu odpowiadająca jego pojemności równej 1 m³ w zależności od średnicy



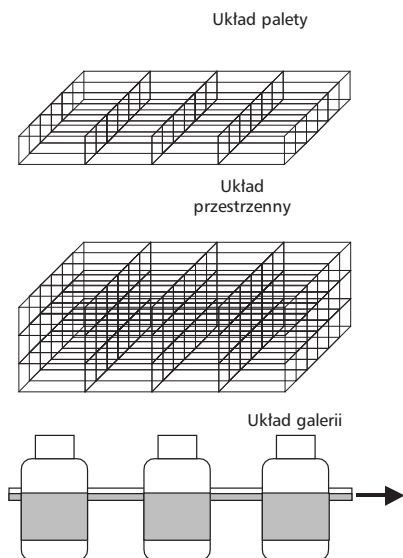
Rys. C.22. Propozycja wykorzystania perforowanej rury rozsączającej jako elementu pośredniego pomiędzy odwadnianą powierzchnią a kanalizacją odbierającą nadmiar wód opadowych w stosunku do przesiąkania do podłoża

Przy analizach urządzeń oraz tworzonych z nich układów należy podkreślić, że dla realizacji funkcji infiltracji wskazane jest ograniczenie wielkości spiętrzenia wody. Badania wrocławskie E. Burszty-Adamiak wskazują, że spiętrzenie wody sprzyja kolmatacji (rys. C.23). Stąd na szczególną uwagę zasługują rozwiązania zapewniające duże powierzchnie kontaktu wody opadowej z przejmującym ją podłożem gruntowym.



Rys. C.23. Charakterystyczne stany napełnienia

Przy funkcji zbiornika retencyjnego użyte elementy powinny być otoczone geomembraną, natomiast przy (całkowitym lub częściowym) rozsączeniu stosowane są odpowiednie geowłókny, w niektórych grupach rozwiązań mogą być użyte geosiatki, wewnątrz których znajduje się wypełnienie w postaci elementów doprowadzających wodę do rozsączenia (np. rurki wykonane z geosiatki). Przy równoczesnym pełnieniu obu funkcji potrzebne jest użycie geowłókny przy zapewnieniu dodatkowej pojemności. Wskazane, aby stosowane urządzenia były dostępne z zewnątrz w celu kontroli oraz ewentualnego oczyszczania. Poszczególne jednostkowe urządzenia tworzą charakterystyczne układy. W praktyce mogą to być (rys. C.24): palety, prostopadłościennymi formy przestrzenne, względnie galerie. Skrzynki mogą funkcjonować w dowolnym schemacie, natomiast komory w różnych wersjach przeznaczone są dla układu palety, a studnie dla galerii. Przy przewadze funkcji rozsączenia wskazany jest układ palety lub galerii.



Rys. C.24. Układy zbiorcze urządzeń do rozsączenia

C.4. Charakterystyczne cechy urządzeń do alternatywnego zagospodarowania wód opadowych w aspekcie ich przydatności

Najbardziej charakterystycznymi parametrami charakteryzującymi urządzenia do infiltracji wód opadowych są, obok cech wytrzymałościowych (obciążenia statyczne i dynamiczne): głębokość (chodzi przede wszystkim o położenie w stosunku do zwierciadła wody gruntowej), efektywna pojemność V_{netto} oraz efektywna powierzchnia czynna (netto) kontaktu z podłożem F_{netto} przez którą odbywać się będzie infiltracja. Wzajemną relację pomiędzy tymi opisuje wskaźnik względnej powierzchni kontaktu F_e :

$$F_e = F_{\text{netto}} / V_{\text{netto}}$$

W praktyce bardzo ważną cechą urządzeń jest możliwość wykonania na ich podstawie układów zbiorczych oraz prowadzenia późniejszej eksploatacji. Charakterystycznym problemem jest gromadzenie się (niezależnie od wstępnego oczyszczenia) osadów i kolmatacja podłoża. Stąd, zwłaszcza w przypadku odwadniania ważnych terenów, wskazane jest preferowanie rozwiązań umożliwiających realizację normalnych prac eksploatacyjnych (prześwietlenie kamerą TV, czyszczenie przy użyciu dysz ciśnieniowych). Alternatywą pozostaje konieczność okresowego przekładania urządzeń (analogicznie z klasycznym drenażem rozsączającym). Ostatecznie dla skutecznego alternatywnego zagospodarowania wód opadowych należy wykorzystywać jedynie specjalistyczne systemy rurociągów o odpowiednio dużych średnicach (np. ok. Ø 400mm) do rozsączania wód opadowych. Przykładem takiego rozwiązania może być oferta firmy REHAU (system RAUSIKKO, rys. C.25).



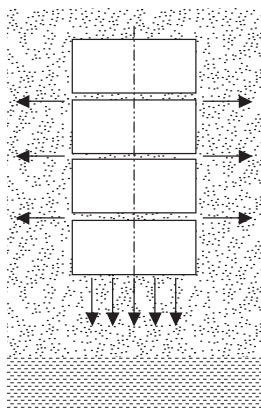
Rys. C.25. Rura rozsączająca w systemie RAUSIKKO (REHAU) przeznaczona do infiltracji wód opadowych (np. dokumentacji firmy REHAU)

Studnie rozsączające

Studnie rozsączające należą do stosunkowo najstarszych urządzeń, stanowiąc rozwinięcie tradycyjnej studni chłonnej⁴⁰. W przekroju poprzecznym studnia zajmuje stosunkowo niewiele miejsca w porównaniu z innymi elementami, często jest wykonywana z miejscowych materiałów. Równocześnie jednak pojawia się problem dość znacznej głębokości, w konsekwencji mogą wystąpić problemy wzajemnych relacji ze zwierciadłem wody gruntowej.

⁴⁰ Znowu jednak (analogicznie jak w przypadku drenażu) trzeba pamiętać, że o ile spływ ścieków sanitarnych do studni chłonnej jest raczej powolny i przypomina sączenie, to napływ wód opadowych jest często gwałtowny i wymaga względnie szybkiego usunięcia (wprowadzenia do warstwy) znacznej masy wody.

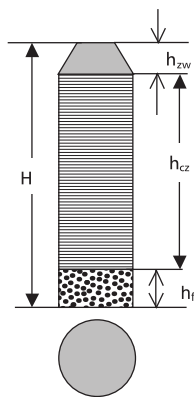
Infiltracja wody odbywa się przede wszystkim przez dno studni, niekiedy również w ograniczony sposób przez ściany boczne (rys. C.26). Wprawdzie wzorem rozwiązań stosowanych w przeszłości na ujęciach wody⁴¹ są rozwiązania skomplikowane, wymagające wysoko wyspecjalizowanego wykonawstwa i trudno oczekiwać, aby mogły one znaleźć szersze zastosowanie. O poważniejszym wykorzystaniu filtracji przez płaszcz (wzdłuż wysokości) można mówić jedynie w odniesieniu do firmowych wyrobów markowych. Charakterystyczne, że np. w ofercie firmy KESSEL⁴² znajdują się segmentowe studnie rozsączające (PE) o wodoszczelnych połączeniach elementów i wypływie wyłącznie przez dno. Studnie te wykorzystywane są m.in. jako element większej instalacji (rys. C.27). Mówiąc o „przeciętnej” studni rozsączającej trzeba wziąć pod uwagę to, że jest ona z reguły wykonana z kręgów betonowych ok. Ø1,0 m, a połączenia pomiędzy kręgami są raczej słabo szczelne i mogą odgrywać pomocniczą rolę przy infiltracji.



Rys. C.26. Zasada funkcjonowania studni rozsączającej (chłonnej)



Rys. C.27. Współczesna studnia rozsączająca (np. materiałów firmy KESSEL)



Studnia rozsączająca (rys. C.28) w procesie infiltracji efektywnie wykorzystuje tylko część pojemności (odpowiada jej wysokość czynna h_{cz}), natomiast łączna wysokość martwa (zwieńczenie h_{zw} i warstwa filtracyjna h_r) to ok. 1 m na otwór. W tej sytuacji można przyjąć, że $h_{cz} = H - 1$ m i z każdego otworu „traci” się 1 metr, co powinno być brane pod uwagę przy projektowaniu.

Rys. C.28. Charakterystyczne strefy występujące w studni rozsączającej

41 Por. T.Gabryszewski „Wodociągi”, Arkady Warszawa 1982.

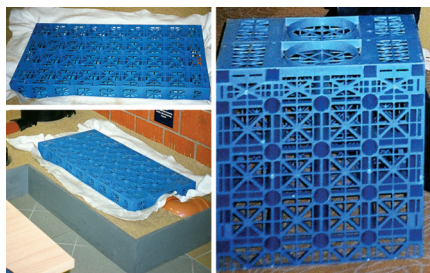
42 Lenting, Niemcy.

Niezależnie od cech korzystnych w aspekcie inwestora studnia rozsączająca posiada dość istotne wady, przede wszystkim:

- konieczność dużych zagłębień (dla efektywnej wysokości 1,0 m konieczny otwór o głębokości ok. 2,0 m);
- w przypadku płytkiego zwierciadła konieczne jest zwiększenie liczby otworów;
- stosunkowo małą powierzchnię kontaktu z podłożem (dla kręgu Ø1,0 m ok. 0,8 m²);
- relatywnie niewielką jednostkową pojemność (ok. 0,8 m³ w przeliczeniu na 1 m.b. i krąg Ø1,0 m), co narzuca konieczność przegłębiania oraz zwiększenia liczby otworów;
- niekorzystny wskaźnik względnej powierzchni kontaktu F_{e} wynoszący dla najczęściej stosowanych głębokości jedynie od ok. 1,0 m²/m³ do ok. 0,17 m²/m³;
- warunki sprzyjające rozwojowi przyspieszonej kolmatacji;
- ogólnie warunki niesprzyjające racjonalnej eksploatacji.

Skrzynki rozsączające

Skrzynki rozsączające stanowią znaczącą grupę urządzeń do rozsączania. W podstawowej wersji (rys. C.29) są to obiekty o relatywnie niedużej jednostkowej kubaturze zazwyczaj w granicach od 0,2 m³ (AZURA WAVIN, wymiary 0,4x0,5x1,0 m) do ok. 0,3 m³ (D-RAINTANK FUNKE, wymiary 0,4x0,81x0,86 m), których szkielet wykonany jest z PE lub PP. Szkielet montowany z prostokątnych lub kwadratowych elementów ściennych owijany jest następnie geowłókniną.



Rys. C.29. Klasyczna skrzynka rozsączająca na przykładzie systemu AZURA (WAVIN)

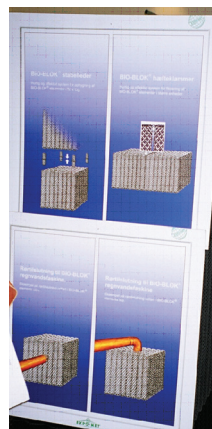
Równocześnie (aczkolwiek pomiędzy poszczególnymi systemami mogą występować znaczące różnice) skrzynki jako jednostkowe obiekty charakteryzują się dobrze rozwiniętą powierzchnią kontaktu z przejmującym wody opadowe. Przykładowo wskaźnik powierzchni czynnej skrzynki AZURA wynosi ok. 43%, dla RAIN-TANK przekracza nawet 70%. W efekcie wartość wskaźnika F_{e} jest odpowiednio wysoka i waha się od niespełna 5 m²/m³ do ponad 7 m²/m³. Wprawdzie w przypadku układu skrzynek wskaźnik ten zmniejsza się (stosunkowo najmniej dla systemu AZURA w układzie liniowym), ale i tak jest znacznie bardziej korzystny niż np. dla studni rozsączających.

Odmianą skrzynki są konstrukcje z geokraty oparte na układzie przestrzennym prostopadłościanu z wypełnieniem rurkami (rys. C.30) w roboczym położeniu pionowym. Jest to bardzo interesujące rozwiązanie, jednak np. w stosunku do tradycyjnej skrzynki posiada ono zmniejszoną pojemność

retencyjną. W chwili obecnej brak jest jednak bliższych informacji i doświadczeń z polskiej eksploatacji tego interesującego skandynawskiego rozwiązania (rys. C.31).



Rys. C.30. Przestrzenny układ rozsączający wykorzystujący wypełnienie rurkami i obudowę wykonane z geosiatki

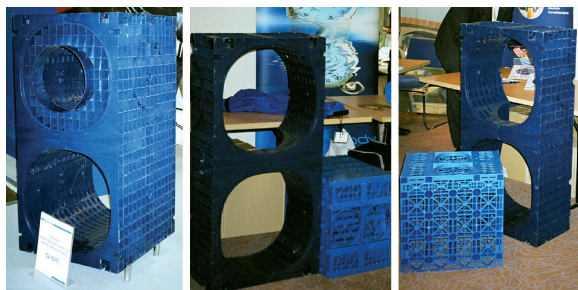


Rys. C.31. Plansza układu rozsączającego skonstruowanego z elementów pokazanych na rys. C.30

Tradycyjna skrzynka to nieduży obiekt, po ułożeniu w gruncie i zasypaniu nie podlegający kontroli i nie nadający się do udrożnienia bez demontażu. W tej sytuacji jest ona predestynowana w warunkach zmniejszonego poziomu ryzyka awarii (np. dla zabudowy jednorodzinnej).

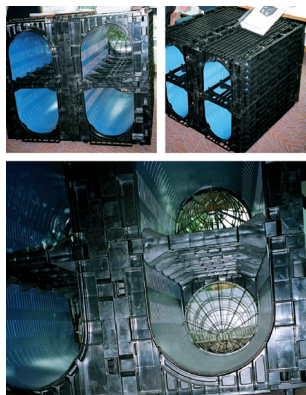
Efektom tej sytuacji jest nowa koncepcja skrzynki, pozwalająca na lepszy rozdział wody oraz umożliwiający stosowanie czyszczenia ciśnieniowego. Charakterystycznym przykładem nowej konstrukcji są skrzynki firmy WAVIN i firmy REHAU. Wspólną cechą nowych konstrukcji skrzynek powinna być ich podwyższona wytrzymałość na oddziaływanie obciążeń (sztywność pionowa).

Skrzynka Q-BIC jest konstrukcją znacznie większą od tradycyjnej AZURY (rys. C.32), charakteryzuje się również interesującym rozwiązaniem konstrukcyjnym w aspekcie statyki. Zespół skrzynek tworzy charakterystyczny wewnętrzny kolektor pozwalający na stosowanie standardowych procedur eksploatacyjnych (prześwietlenie kamerą, płukanie ciśnieniowe).



Rys. C.32. Skrzynka Q-BIC (WAVIN) w porównaniu z tradycyjną skrzynką AZURA

Z nieco innych założeń wychodzi rozwiązanie firmy REHAU, skrzynka RAUSIKO (rys. C.33). Modułowa budowa skrzynki umożliwia tworzenie jej różnych wariantów bez potrzeby użycia specjalnych łączników (rys. C.34). Przykładowo przy głębokości równej 800 mm szerokość typowej skrzynki waha się od 1200 do 430 mm, wysokość od 660 do 345 mm, pojemność wodna od 0,6 m³ do nieco ponad 0,1 m³.



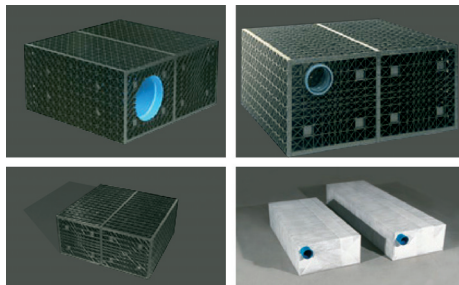
Rys. C.33. Skrzynka RAUSIKO (REHAU)



Rys. C.34. Przykłady rozwiązań opartych na skrzynce RAUSIKO

W skład systemu RAUSIKO wchodzi dodatkowo studzienki osadnikowe, rury rozsączające, geowłókna oraz kształtki i rury połączeniowe. Wewnętrzny kanał rozdzielający ułatwia uporządkowany dopływ wody do wnętrza skrzynki, umożliwiając równocześnie płukanie wysokociśnieniowe. Stworzono warunki dla wytrącania się osadów w zamkniętej części przewodu, dzięki temu ograniczono zagrożenie kolmatacją.

Szczególnym problemem prostopadłościenności konstrukcji typu „skrzynka” jest zdolność do przenoszenia obciążeń. W odróżnieniu od sklepienia owalnego (w tym typu jajo, dzwon, usta) układ prostokąta jest mniej korzystny statycznie co powoduje, że skrzynka może być mniej lub bardziej podatna na obciążenia dynamiczne. Poszczególni producenci starają się rozwiązać ten problem, przykładem może być charakterystyczna kratownica stanowiąca podstawę rozwiązania firmy FUNKE



(rys. C.35). Skrzynki nowej generacji posiadają specyficzne rozwiązania konstrukcyjne, charakterystyczne dla danego wytwórcy.

Rys. C.35. Charakterystyczna kratownica wykorzystana w konstrukcji skrzynki FUNKE (np. dokumentacji firmy FUNKE)

Podsumowując skrzynka jest alternatywnym rozwiązaniem dla kanalizacji wód opadowych charakteryzującym się wyjątkowo korzystną geometrią. Nadaje się ona do samodzielnego, względnie zespołowego, zastosowania; wprawdzie wówczas parametry są mniej korzystne dla infiltracji, ale i tak są znacznie lepsze niż w przypadku studni. Ponadto łatwość tworzenia spiętrzonych zespołów typu paleta pozwala na budowę prostych w konstrukcji podziemnych zbiorników retencyjnych również przez indywidualnych inwestorów. Jednak trzeba pamiętać o problemach związanych z odpornością na obciążenia dynamiczne.

Wprawdzie w dokumentacji poszczególni producenci podają liberalne zalecenia w tym zakresie, jednak nie wolno zapominać tego, że zalecenia odnoszące się do specyfiki innych krajów (w tym szczególnie Niemiec) nie powinny być automatycznie przenoszone na polskie realia. Zasadniczym problemem pozostaje kwestia podbudowy nawierzchni drogowych, parkingowych, a nawet chodników. Niestety w polskiej tradycji mieści się lekceważenie problemu podbudów, ponadto ruch drogowy jest niewystarczająco zdyscyplinowany szczególnie w zakresie obciążeń osiowych. Dotychczasowe rozwiązania normatywne zakładały mniej więcej dwukrotnie zaniżone obciążenie, a ciężki ruch kierowany jest często nawet na ulice wewnątrzmiastowe.

Na pewno skrzynki są wyjątkowo predestynowane do użycia na obszarach o ekstensywnej zabudowie, poza strefami ruchu samochodowego. Są one również bardzo interesującą alternatywą dla odwodnień obsługujących parkingi dla samochodów osobowych, również przy sklepach w centrach handlowych. Podstawowym warunkiem jest jednak staranne wykonanie warstwy pokrycia skrzynek. Jednak ich użycie pod nawierzchniami stref występowania ciężkiego transportu jest dość problematyczne. Ważne, iż nowe rozwiązania techniczne pozwoliły ograniczyć problem zamulania skrzynek.

Komory

Reprezentantem trzeciej grupy zamkniętych urządzeń do alternatywnego zagospodarowania wód opadowych są komory. W tej grupie rozróżnia się dwa podstawowe rozwiązania:

- urządzenia spełniające rolę retencionującą – rozsączającą, względnie ograniczoną tylko do retencji (Komory drenażowe H-20, SC-310, SC-740 - EKOBUDEX) – rys. C.37,
- wykorzystanie (wyglądem zbliżonych do komór) specjalnych stalowych profili rurowych prowadzące się do wykonania zbiornika retencyjnego w formie rury o odpowiednio dużej średnicy (VIA CON)⁴³ – rys. C.36

⁴³ W swojej podstawowej postaci wykorzystywanych m.in. do budowy przepustów drogowych.

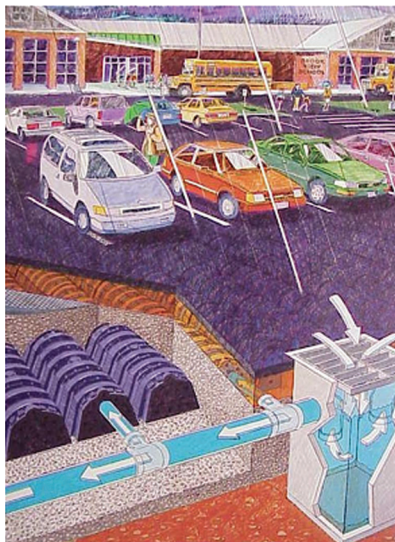


Rys. C.36. Rura podatna nadająca się do użycia jako podstawa podziemnego zbiornika retencyjnego (np. dokumentacji firmy VIA CON)

Wspólną cechą wszystkich komór stosowanych dla infiltracji jest to, że są one obiektami o stosunkowo dużych jednostkowych pojemnościach i równocześnie niewielkich wysokościach – przykładowo komora H-20 (rys. C.37, rys. C.38) przy wysokości 0,41 m, szerokości 0,86 m i długości 1,9 m posiada pojemność retencyjną ok. 0,5 m³. Odpływ może odbywać się zarówno przez ścianę boczną i przez dno (np. H-20⁴⁴), lub tylko przez dno⁴⁵. Komory są stosowane zarówno pojedynczo (np. pod każdą rurą spustową), jak też w zespołach. Charakterystycznym rozwiązaniem jest układ szeregowo – równoległy w obsypce z grubego tłucznia (rys. C.39). Wówczas tłuczeń stwarza dodatkową pojemność retencyjną. W przypadku funkcji retencyjno – rozsączającej warstwa tłucznia jest otoczona geowłókniną, natomiast w przypadku zbiornika retencyjnego – geomembraną.



Rys. C.37. Komory drenażowa H-20 stosowana w systemie (EKOBUDEX)

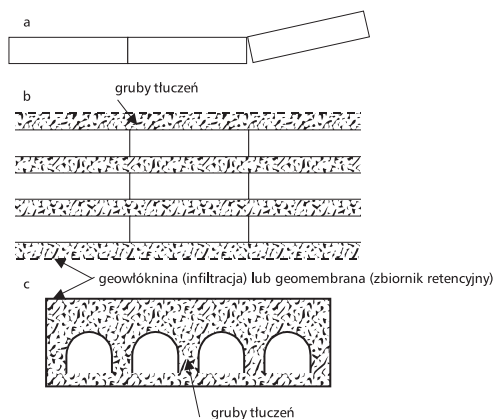


Rys. C.38. Komora infiltracyjna H-20, odpływ przez dno i ściany boczne, od strony czołowej tarcza szczytowa (EKOBUDEX)

⁴⁴ Wersja podstawowa komory; jej rozwinięcie zostanie przedstawione w rozdziale C.7.

⁴⁵ Tego rodzaju komory mogą być stosowane również dla rozsączenia do gruntu oczyszczonych ścieków, zastępując klasyczny drenaz rozsączający. W tym aspekcie możliwe jest zarówno ograniczenie zajmowanej powierzchni, jak też uniknięcie kłopotliwego przekładania rurek i wymiany skołmatowanego gruntu. Komory rozsączające mogą być czyszczone przez odsysanie.

Szczególną cechą komór stosowanych w zagospodarowaniu wód opadowych jest to, że korzystny profil poprzeczny oraz charakterystyczne ożebrowanie (rys. C.37., rys. C.38.) nadają im relatywnie wysoką wytrzymałość na obciążenia dynamiczne. Przykładowo w systemie INFILTRATOR deklaruje się, że przy bezpiecznym przykryciu (w granicach 0,46 – 2,43 m) są one w stanie przenosić obciążenia osiowe na poziomie 14,5 tony, a więc wartość odpowiadającą obecnemu ciężkiemu transportowi. Ponadto wysoka efektywność powoduje potrzebę stosowania względnie małej liczby jednostek (tab. C.6). Ważną cechą jest możliwość realizacji na niewielkich głębokościach, a więc komory nadają się do prowadzenia infiltracji również przy stosunkowo wysokim poziomie zwierciadła wody gruntowej, w sytuacji, gdy np. użycie studni jest praktycznie wykluczone.



Rys. C.39. Charakterystyczny układ szeregowo – równoległy komór w obsypce z tłucznia:
a – montaż komór,
b – układ w rzucie,
c – układ w przekroju

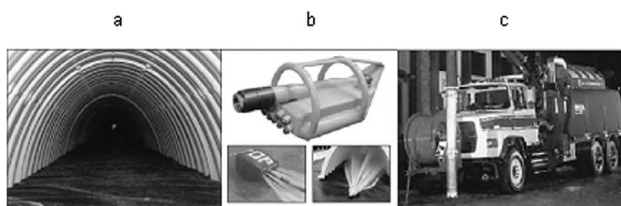
Tab. C.6. Przykładowe zapotrzebowanie na urządzenia rozsączające dla zlewni drogowej o powierzchni 1 ha i deszczu piętnastominutowego

| Typ urządzenia | Jednostka | Liczba jednostek dla deszczu o prawdopodobieństwie p, % | | | |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------|----------|----------|---------|
| | | 10 | 20 | 50 | 100 |
| Studnia chłonna o średnicy Ø1,0 m | Efektywna długość (m.b.) | 340 | 294 | 232 | 178 |
| Skrzynka rozsączająca, zależnie od konkretnego rozwiązania | Szt. | 1000-1670 | 870-1450 | 690-1140 | 530-880 |
| Komora infiltracyjna na przykładzie H-20 | Szt. | 530 | 460 | 365 | 280 |

Podsumowując komory są korzystnym rozwiązaniem nadającym się do użycia na powierzchniach obciążonych ciężkim transportem oraz przy wysokim położeniu zwierciadła wody gruntowej. Podstawowa infiltracja (o ile rozwiązanie nie jest ograniczone do retencji) odbywa się przez dno, obecne doświadczenia nie potwierdzają, aby przy użyciu właściwego wypełnienia (gruby tłuczeń)

kolmatacja stanowiła problem eksploatacyjny. Równocześnie specjalne otwory rewizyjne umożliwiają usunięcie ewentualnych zanieczyszczeń np. przez odsysanie. Komory stwarzają możliwość konstruowania na niewielkich głębokościach podziemnych zbiorników retencyjnych o relatywnie dużych kubaturach (powiększonych o przestrzenie wewnątrz obsypki wykonanej z grubego tłuczenia). Podobnie, jak w przypadku skrzynek, również dla komór przy kalkulacji ich liczby potrzebne jest uwzględnienie wodoprzepuszczalności podłoża. Przykładowo w tab. C.7 zestawiono zalecenia dla systemu komór drenażowych.

Charakterystycznym elementem systemów są studzienki rewizyjne pozwalające na prowadzenie inspekcji kamerą TV oraz płukania przy użyciu specjalnych dysz (rys. C.40). Działania te pozwalają na przeciwdziałanie kolmatacji podłoża, jednak dotychczasowe doświadczenia z eksploatacją systemu INFILTRATOR nie wskazują, aby przy zastosowaniu materiałów zgodnych z systemem był to istotny problem.



Rys. C.40. Eksploatacja komór rozsączających: a – inspekcja TV systemu, b – dysze ciśnieniowe do usuwania osadu z dna, c – samochód płukający. Opracowano np. materiałów firmy Storm Tech

Tab. C.7. Orientacyjna liczba komór drenażowych H-20 w systemie INFILTRATOR (EKOBUDEX)

| Natężenie deszczu (l/s.ha) | 100 | | | 150 | | |
|-------------------------------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Odwadniana powierzchnia (m ²) | 100 | 150 | 200 | 100 | 150 | 200 |
| Wodoprzepuszczalność gruntu (k _p) | Ilość komór drenażowych H-20 | | | | | |
| 5.10 ⁻³ m/s – żwiry | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 5.10 ⁻⁴ m/s – piaski gruboziarniste | 4 | 5 | 7 | 5 | 7 | 10 |
| 5.10 ⁻⁵ m/s – piaski drobnoziarniste | 5 | 7 | 10 | 7 | 11 | 14 |
| 5.10 ⁻⁶ m/s – piaski gliniaste | 6 | 8 | 11 | 8 | 12 | 16 |

Podsumowanie

Urządzenia podziemne do infiltracji względnie retencji i infiltracji, w niektórych przypadkach samej retencji, stanowią interesującą alternatywę dla tradycyjnej kanalizacji wód opadowych. Najkorzystniejszymi właściwościami charakteryzują się skrzynki i komory, z tym że te ostatnie posiadają bardzo dużą wytrzymałość na obciążenia dynamiczne od ruchu samochodowego. Na rzecz studni chłonnych przemawia ograniczone zapotrzebowanie na teren (np. w realiach miejskich), jednak jest

to rozwiązanie posiadające szereg istotnych wad. W aspekcie ochrony środowiska infiltracja pozwala zachować naturalny obieg wody w przyrodzie zasilając zasoby wód podziemnych.

Trzeba podkreślić, że skrzynki i komory są elementami umożliwiającymi również łatwe tworzenie stosunkowo dużych oraz relatywnie tanich zbiorników retencyjnych. W odróżnieniu od klasycznych zbiorników nie ma potrzeby użycia ciężkiego sprzętu, a realizacja nie stwarza zagrożeń dla otoczenia. Same zbiorniki mogą być realizowane przez indywidualnych inwestorów, jedynym problemem może tu być potrzeba wygospodarowania odpowiedniego terenu. Skrzynki i komory mogą być instalowane nawet pod obsługiwanymi nawierzchniami komunikacyjnymi – podstawowym warunkiem jest przestrzeganie wymagań producenta co do minimalnego przykrycia. Jednak w tym aspekcie bezpieczniejsze wydają się być komory, jako urządzenia posiadające wyjątkowo dużą wytrzymałość na obciążenia dynamiczne.

Podstawowym warunkiem dla prowadzenia infiltracji jest zachowanie odpowiedniej odległości urządzenia od zwierciadła wody gruntowej. Przykładowo w dokumentacji systemu komór drenażowych (EKOBUDEX) jest ona określona jako 0,50 m. Ponadto urządzenia powinny być umieszczane w bezpiecznej odległości od zabudowy i tak w materiałach firmy WAVIN minimalną odległość od budynków z izolacją określono na 2,0 m, a przy jej braku na 5,0 m. Dopuszcza się infiltrację do gruntów o zróżnicowanej wodoprzepuszczalności – k od 10^{-3} m/s do 10^{-6} m/s, tj. od piasku grubego po piaski drobne, a nawet mułki. Podstawowym warunkiem jest odpowiednie zwiększenie liczby urządzeń (np. wg firmy WAVIN w granicach 3-3,5 razy), względnie zastosowanie współczynnika bezpieczeństwa równego 1,5. (tab. C.8).

Tab. C.8. Orientacyjne oszacowanie liczby urządzeń rozsączających przypadającej na 1 ha obsługiwanej powierzchni. Założono wielkość miarodajnego opadu na poziomie przyjmowanym jako przeciętny dla Polski przy obliczeniach kanalizacji, czas trwania opadu 15 minut oraz współczynnik bezpieczeństwa⁴⁶ $\xi = 1,50$. Obliczenia wykonano dla gruntu wodoprzepuszczalnego (piaski), dla gruntu o małej wodoprzepuszczalności (np. mułków) liczbę urządzeń należy potroić

| Charakter zabudowy | Współczynnik retencji ψ^I | Łączna pojemność (m ³) | Liczba urządzeń | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|
| | | | skrzynki ^{II} | studnia – długość netto (czynna) dla Ø1,0 m ^{III} | komory ^{IV} |
| Jednorodzinna, ekstensywne użytkowanie (typ wiejski) ^V | 0,30 | 41 | 137 – 205 | 52 | 82 |
| Jednorodzinna, przeciętna ^{VI} | 0,50 | 68 | 227 - 340 | 86 | 136 |
| Jednorodzinna, intensywne użytkowanie (typ osiedle satelickie) ^{VII} | 0,70 | 95 | 317 - 475 | 120 | 190 |
| Miejska przeciętna | 0,70 | 120 | 400 - 600 | 152 | 240 |

⁴⁶ Jak dla odwodnień drogowych, dla innych można pominąć tę wartość. W praktyce jednak zawsze obliczając odwodnienie kierujemy się zasadą „wyboru mniejszego zła” i raczej łatwiej jest nie docenić istniejące potrzeby niż je przeszacować.

| Charakter zabudowy | Współczynnik retencji ψ^I | Łączna pojemność (m ³) | Liczba urządzeń | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|
| | | | skrzynki ^{II} | studnia – długość netto (czynna) dla Ø1,0 m ^{III} | komory ^{IV} |
| Miejska zwarta | 0,80 | 186 | 620 - 930 | 235 | 372 |
| Specjalna – o dużym potencjale szkody (np. centra handlowe z elementami podziemnymi, przejścia podziemne, wybrane parkingi) | 0,90 | 263 | 877 - 1315 | 333 | 526 |

^I w przypadku odwodnień drogowych wartość współczynnika należy przyjmować równą 0,90

^{II} zależnie od rozwiązania konstrukcyjnego

^{III} ponadto na 1 otwór przypada ok. 1 m głębokości martwej – zasypka filtracyjna, zwieńczenie

^{IV} dla komory o parametrach przytoczonych w tekście, kubatura użyteczna ok. 0,5 m³

^V do ujęcia pozostaje spływ z powierzchni dachowych

^{VI} spływ z powierzchni uszczelnionych

^{VII} spływ z całej powierzchni

W polskich warunkach szczególnie problem stanowi zawsze wytrzymałość poszczególnych konstrukcji na obciążenia dynamiczne, np. od pojazdów. Poszczególne zalecenia firmowe sprowadzają się do określenia odpowiedniego przykrycia. Zależy ono od konstrukcji urządzenia rozsączającego oraz skali zagrożenia i przykładowo firma WAVIN zaleca przyjmować je w przypadku skrzynek jako 0,4 m dla terenów zielonych oraz 0,8 m dla terenów o dużych obciążeniach (np. od ruchu drogowego). Z kolei w dokumentacji firmy EKOBUDEX jako bezpieczne określane jest przykrycie w granicach $0,46 \div 2,43$ m i dopuszcza się bardzo wysokie obciążenie osiowe (jest to efekt korzystnych charakterystyk wytrzymałościowych użytego przekroju poprzecznego i podłużnego samej komory) równe 145 kN (14,5 t/oś)⁴⁷.

W niektórych przypadkach występuje charakterystyczne (osadzone teleskopowo) zwieńczenie studni z tworzyw o wysokości $0,4 \div 0,9$ m i formalnie powinno ono stanowić podstawową ochronę samej komory. Jednak teleskop użyty przy studni o dużej średnicy osłania tylko część korpusu i nie może być utożsamiany ze stosowanym w małośrednicowych studzienkach. W materiałach firmy FUNKE zostały przedstawione szczegółowo wymagania w stosunku do bezpiecznego posadowienia skrzynek. Dla obciążenia zbliżonego do standardowego dla samochodu osobowego (2,5 t) zalecane jest przykrycie o miąższości 0,4 m, natomiast dla charakterystycznego w przypadku ciężkiego transportu (obciążenie osiowe na poziomie 13 t) o miąższości 1,0 m. Od razu trzeba zastrzec, że przy określeniu przykrycia chodzi o całkowitą grubość przykrycia, na które składają się 3 warstwy:

⁴⁷ Wiele wskazuje, że obciążenie osiowe pojazdów typu TIR jest w Polsce często dwukrotnie wyższe niż dopuszczalne normatywnie. Efektem są m.in. uszkodzenia nawierzchni oraz nieodpowiednio osłoniętych przewodów; stąd minimalne przykrycie nie powinno być mniejsze niż 1,40 m, a istotą problemu jest nie tyle nadmiernie ekspozowane przemarzanie, co często pomijane obciążenie dynamiczne.

- podbudowa z materiału filtracyjnego,
- mrozoodporna konstrukcja drogowa,
- nawierzchnia drogowa.

Elementem typowym w niemieckim budownictwie drogowym jest płyta żelbetowa. Dlatego **wszelkie zalecenia niemieckie** w zakresie **ochrony przed zgniataniem** nie mogą być automatycznie przenoszone na polskie realia. Bez takiej płyty prostopadłościenna konstrukcja jest zawsze bardziej podatna na zgniatanie niż owalna i komory jako takie mają korzystniejszy schemat statyczny.

Wprowadzenie wód opadowych do gruntu jest korzystną alternatywą tradycyjnej kanalizacji wód opadowych. Nie są tu konieczne duże inwestycje, realizacja mieści się w możliwościach poszczególnych inwestorów. Jednak nigdy nie ma rozwiązań dostatecznie uniwersalnych, które są wskazane do użycia w każdej sytuacji. Przyjęte szczegóły rozwiązania technicznego muszą być dostosowane do konkretnych potrzeb i odpowiadać lokalnym warunkom. Zagadnieniem szczególnym jest ochrona przed zgniataniem obiektów posadowionych na terenie, na którym odbywa się ruch samochodowy. Szereg zaleceń w tym zakresie nie gwarantuje dostatecznego zabezpieczenia. Przy korzystaniu z katalogów firmowych trzeba przede wszystkim brać pod uwagę charakterystyczne rozwiązania nawierzchni drogowych, dopiero wówczas można mówić o bezpiecznym posadowieniu.

C.5. Zasady postępowania przy wymiarowaniu alternatywnej instalacji zagospodarowania wód opadowych na przykładzie nowego systemu komór drenażowych typu SC-310 i SC-740

Komory drenażowe nowego systemu (rys. C.41, tab. C.9) są urządzeniami przeznaczonymi do odwodnienia obszarów zurbanizowanych. Posiadają bardzo duże pojemności instalacyjne od 0,9 m³ do 2,6 m³ wody opadowej. Pozwala to na **skuteczne** zagospodarowanie bardzo dużej ilości wód opadowych na stosunkowo niewielkiej powierzchni. Wytrzymałość 40 ton/m² umożliwia stosowanie komór w projektach drogowych. Komory bardzo dobrze wpasowują się w istniejącą infrastrukturę i pozwalają na elastyczne projektowanie. Infiltracja odbywa się **wyłącznie** przez dno.



Rys. C.41. Komora drenażowa SC-310, SC-740

Tab. C.9. Podstawowe dane techniczne komory drenażowej SC-310, SC-740

| Parametr | Jednostka | Komora: | |
|-------------|----------------|---------|-----------|
| | | SC-310 | SC-740 |
| Wymiary: | | | |
| - szerokość | m | 0,86 | 1,30 |
| - długość | m | 2,17 | 2,17 |
| - wysokość | m | 0,41 | 0,76 |
| Pojemność | m ³ | 0,9-1,2 | 2,12-2,60 |
| Ciężar | kg | 17 | 34 |

Projektowanie systemu komór drenażowych

Przed podjęciem prac projektowych należy określić funkcję, jaką ma spełniać system komór drenażowych, tzn.: infiltracja wód opadowych do gruntu, retencja wód deszczowych, czy zatrzymanie pierwszej fali spływu ze zlewni oraz dokonać oceny warunków gruntowych hydrologicznych, a także prawnych (uzyskanie stosowanych pozwoleń). Polskie regulacje dopuszczają działania mieszczące się jedynie w granicach gruntu należącego do konkretnego inwestora.

Określenie wielkości systemu polega na wyznaczeniu ilości komór, pokryw, tłucznia, geowłókniny oraz objętości wykopu.

Na podstawie tak określonych ilości wyznacza się orientacyjny koszt systemu.

Wymagana objętość komór $[V_s]$ w m^3

Wymagana objętość komór drenażowych jest równa objętości spływu wód deszczowych. Dla obliczenia orientacyjnych kosztów przyjęto:

$$V_s = Q = q \times F_{ZR} [m^3]$$

gdzie:

V_s - objętość komór drenażowych $[m^3]$,

Q - objętość spływu wód deszczowych $[m^3]$,

q - natężenie deszczu ($q = 0,131 m^3/(s \times ha)$),

F_{ZR} - powierzchnia zredukowana zlewni $[ha]$,

F - powierzchnia rzeczywista zlewni $[ha]$.

Wstępnie zakłada się, że powierzchnia zlewni zredukowanej F_{ZR} równa jest powierzchni całkowitej zlewni F (tzn. współczynnik spływu $\phi = 1$). Stąd wzór na objętość komór drenażowych przyjmuje postać:

$$V_s = 0,131 \times F [m^3]$$

Wymagana ilość komór $[C]$ w szt.

$$C = V_s / \text{Pojemność wybranej komory (z tab. C.10)}$$

Tab. C.10. Charakterystyczne wskaźniki pojemności komór w systemie INFILTRATOR

| Typ komory | Pojemność magazynowania wody przez samą komorę, m^3 | Pojemność magazynowania wody m^3 przypadająca na komorę oraz fundament o grubości: | | |
|------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| | | 15 cm | 30 cm | 46 cm |
| SC-740 | 1,3 | 2,1 | 2,3 | 2,5 |
| SC-310 | 0,4 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |

Wymagana powierzchnia łóżyska (wykopu) z komorami $[S]$ w m^2

$$S = C \times 3,14 m^2 + 0,3 m \times \text{obwód łóżyska SC-740}$$

lub

$$S = C \times 2,2 m^2 + 0,3 m \times \text{obwód łóżyska SC-310}$$

Wymagana ilość obsypki z tłucznia [V_{st}] w m^3

W celu przeliczenia całkowitej masy **grubego** tłucznia (wymiar w granicach 2-5 cm^{48}) stosujemy przelicznik z tab. C.11

$$V_{st} = C \times \text{przelicznik (z tab. C.11)}$$

Tab. C.11. Podstawy dla określenia niezbędnej ilości komór

| Typ komory | Objętość przypadająca na pojedynczą komorę przy fundamencie kamiennym o grubości: | | | | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 15 cm | | 30 cm | | 46 cm | |
| | t | m^3 | t | m^3 | t | m^3 |
| SC-740 | 3,5 | 2,1 | 4,2 | 2,5 | 4,5 | 3,0 |
| SC-310 | 1,8 | 1,1 | 2,5 | 1,5 | 3,0 | 1,8 |

Wymagana objętość wykopu [E_x] w m^3

$$E_x = C \times \text{przelicznik (z tab. C.12)}$$

Tab. C.12. Przelicznik dla określenia objętości wykopu w systemie INFILTRATOR

| Typ komory | Objętość prac ziemnych (m^3) przypadająca na pojedynczą komorę przy fundamencie kamiennym o grubości: | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| | 15 cm | 30 cm | 46 cm |
| SC-740 | 4,2 | 4,7 | 5,2 |
| SC-310 | 2,2 | 2,6 | 2,9 |

Wymagana ilość materiału filtracyjnego [F] w m^2

Dno i boki łóżyska oraz warstwa wierzchnia z tłucznia musi zostać pokryta geowłókniną. Pole powierzchni ścian bocznych musi być kalkulowane z dodaniem 60 cm zakładu w przypadku umieszczenia 2 rolek tkaniny filtracyjnej bok do boku lub skraj do skraju.

Ilość sztuk ścian przednich/tylnych (pokryw) [E_p]

$$E_p = 2 \times (\text{ilość ciągów komór}) \quad [\text{szt.}]$$

48 Użycie drobniejszego materiału nie pozwala na uzyskanie oczekiwanego efektu retencji.

C.6. Montaż komór drenażowych

Montaż komór drenażowych SC i pokryw jest bardzo prosty, odbywa się metodą nakładkową bez użycia elementów łączeniowych. Pofałdowania powierzchni komór zachodzą na siebie pozwalając na wykonanie w prosty sposób niezawodnego połączenia. Istnieje możliwość skracania komór na placu budowy i dostosowania systemu do istniejących warunków lokalizacyjnych.

Etapy montażu systemu komór

Prace należy rozpocząć od wykonania wykopu i przygotowania miejsca dla łożyska komorowego. Następnie wykładamy wykop geowłókniną, a następnie na dnie umieszczamy warstwę obsypki z przemylego tłucznia (średnica 2-5 cm *użycie materiału drobniejszego uniemożliwia uzyskanie oczekiwanego efektu*), którą zagęszczamy do min. 95% gęstości standardowej Proctora. Przystępujemy do układania ciągów komór drenażowych. Pierwsza układana komora powinna posiadać pokrywę zamontowaną w przedniej części. Dwie sąsiednie komory powinny być połączone na zakładkę. Na końcu ostatniej komory ciągu należy założyć pokrywę. W podobny sposób należy łączyć kolejne ciągi komór. Zgodnie z projektem należy zamontować osadnik wstępny, przewody dopływowe wraz z rurą dystrybucyjną, którą doprowadzimy wodę do systemu. Przykrycie systemu wykonujemy za pomocą obsypki z tłucznia, następnie układamy materiał filtracyjny w celu zabezpieczenia systemu przed zanieczyszczeniem, a nad nim wykonujemy zasypkę o grubości kilkunastu centymetrów. Po wykonaniu tych czynności możemy rozpocząć układanie np. chodnika, nawierzchni ulicy, itp.

Wykonanie wykopu i przygotowanie miejsca dla systemu komór drenażowych

Wykop należy poszerzyć o 30 cm w każdym kierunku w stosunku do projektowych rozmiarów systemu drenażowego.

Podstawa łożyska komór powinna być zagęszczona do min. 95% gęstości standardowej Proctora.

Nietkany materiał filtracyjny (zgodny z dokumentacją projektową) należy ułożyć na dnie i na brzegach wykopu.

Na całej powierzchni dna łożyska należy umieścić warstwę obsypki z przemylego tłucznia (2-5 cm). Użycie innego materiału uniemożliwia uzyskanie oczekiwanego efektu.

Podsypkę z tłucznia należy zagęścić używając dwóch przejazdów walca wibracyjnego przy stałej sile dynamicznej. Nie wolno przechodzić do następnego etapu montażu zanim powierzchnia tłucznia nie będzie płaska i równa.

Montaż systemu komór drenażowych

Komory układamy w ciągi jedna za drugą i następnie obok siebie.



Następne komory w ciągu należy dokładać na zakładkę.



Na początku i końcu ciągu należy założyć pokrywę na zakładkę.



Pomiędzy rzędami komór zachować odstęp co najmniej 15 cm.



W opisany wyżej sposób instalowane są kolejne ciągi komór.



Przykrycie systemu komór drenażowych

Obsypką z tłucznia należy zasypać przestrzenie pomiędzy komorami oraz nad nimi, do wysokości min. 15 cm powyżej komory.

Obsypkę należy zagęścić przy użyciu przesuwanej ręcznie zagęszczarki wibracyjnej lub walca wibracyjnego o sile dynamicznej nie przekraczającej 4500 kg.

Obsypkę należy przykryć materiałem filtracyjnym. Jeżeli przy przykrywaniu systemu dwie rolki materiału nakładają się na siebie, to zakładka musi wynosić przynajmniej 60 cm.

Nad materiałem filtracyjnym należy wykonać zasypkę min. 31 cm grubości. Zasyпка nie powinna zawierać dużych kamieni, części organicznych, korzeni. Zagęszczona, dobrze dobrana zasyпка zawiera max. 10% równomiernie rozłożonych drobinek (muł, piasek, żwir). Zagęszczenie min. 95% w/g standardowej normy Proctora.

Zasyпка stanowi podbudowę dla nawierzchni.

Po wykonaniu zasyпки można rozpocząć wykonywanie warstwy np. chodnika (nawierzchni) nad zasypką.



Uwaga: Do obsypywania zalecana jest koparka.

Materiał zasypujący na komorach można rozprowadzać małą spycharką. Obsypka musi być rozprowadzana wzdłuż komór. Dopuszczalne obciążenie spycharką nie może przekraczać 500 kg/m². Należy również pamiętać o zagęszczeniu obsypki.

Uwaga: Przez cały okres montażu łózysko musi być oznakowane dla ochrony przed ruchem pojazdów.

C.7. Praktyczny przykład montażu systemu komór w ramach projektu EQUAL „Budujmy Razem”

Montaż systemu komór zrealizowano podczas szkolenia zorganizowanego przez Warmińsko-Mazurski Zakład Doskonalenia Zawodowego w Olsztynie w ramach projektu EQUAL „Budujmy Razem”. W pierwszym dniu szkolenia (tj. 6 września 2007 r.) podano informacje teoretyczne z zakresu zagospodarowywania wód opadowych oraz stosowania systemu komór drenażowych. W drugim dniu (7 września 2007 r.) wykonano pokazowy montaż systemu komór drenażowych H-20 w Biskupcu, na posesji Centrum Edukacji W-M ZDZ (ul. Słowackiego 12) w skali naturalnej.

System komór składał się z 3 jednostek podstawowych oraz 6 pokryw skrajnych. Montaż przeprowadzono na parkingu przed budynkiem. System komór drenażowych w tym miejscu ma pomóc zagospodarować wody deszczowe i zapobiec powstawaniu kałuż. Zamontowano 3 komory pracujące w układzie równoległym.

Wykonano wykop, zagęszczono podłoże, na którym następnie wysypano 8 cm warstwę tłucznia (podsypka), którą również zagęszczono. Na tak przygotowanym łóżu uczestnicy szkolenia ułożyli komory drenażowe.



Na bokach wykopu rozłożono geowłókninę, w skrajnych pokrywach wycięto otwory w celu wprowadzenia rur dystrybucyjnych. Następnie zamontowano pokrywy skrajne. Kolejną czynnością było wycięcie otworu w górnej części komory w celu zamontowania studni kontrolno-rewizyjnej. Doprowadzono rury dystrybucyjne z PCV do każdej komory.



Następnie zasypano system komór 16 cm warstwą tłucznia, którą zagęszczono.

Od góry tłuczeń przykryto geowłókniną i przysypano gruntem rodzimym na wysokość 16 cm. Na warstwie rozmieszczono geosiatkę, którą następnie przysypano gruntem rodzimym. Po wykonaniu powyższych prac system jest gotowy do ułożenia od góry nawierzchni.



C.8. Praktyczne zalecenia w zakresie zagospodarowania wód opadowych

Praktycznie bardzo często pojawiają się nowe rozwiązania techniczne, czy też koncepcje w zakresie zagospodarowania wód opadowych. Stąd trudno oczekiwać, aby jednorazowa nawet szczegółowa informacja techniczna pozwalała od razu rozwiązać wszystkie występujące problemy. Można jednak w oparciu o dotychczasowe doświadczenia zaproponować kierowanie się następującymi ogólnymi zasadami postępowania:

1. Przed przystąpieniem do realizacji trzeba określić, czy w sąsiedztwie znajdują się **obszary dominujące** (wzgórza, skarpy, tereny szczególnie przykryte pozbawione odwodnienia) mogące w sposób istotny **oddziaływać na sytuację** panującą na terenie, dla którego planowane jest zagospodarowanie wód opadowych. Dotyczy to **również obszarów o niskiej intensywności** użytkowania, w tym: zabudowy willowej, terenów zielonych, lasów oraz terenów użytkowanych rolniczo. W tym ostatnim przypadku należy liczyć się z co najmniej **okresowym występowaniem** wplywie **zwiększonej zawartości zawieszin**. Stąd wskazane jest instalowanie piaskowników, względnie odpowiednio częste czyszczenie urządzeń.
2. Ochrona przed spływami z terenów dominujących powinna być realizowana przede wszystkim przy użyciu urządzeń otwartych, jakimi są rowy odciażające. Możliwe jest wykorzystanie systemów odwodnień liniowych z tym, że:
 - **koryt 100 mm** nie można tu zalecać ze względu na niewielką przepustowość w warunkach gwałtownego napływu wód opadowych,
 - w warunkach obiektu typu wjazd do indywidualnego garażu w piwnicy o ile występują skarpy minimalna szerokość koryta powinna wynosić 150 mm,
 - przy odwodnieniach większych obiektów potrzebne jest użycie koryt 200 – 300 mm,
 - ze względu na specyfikę klimatu **w żadnej sytuacji nie zaleca się** stosowania bezodpływowego (przez odparowanie) zagospodarowania wód opadowych,
 - w ogóle **stosowanie urządzeń otwartych** (rowy z ograniczonym odpływem, zbiorniki, stawy) powinno być **ograniczone** do lokalizacji nie zagrażających szlakom komunikacyjnym (mgły, szadź), nie powinny się one znajdować w sąsiedztwie ważniejszych dróg (w szczególności autostrad i dróg ekspresowych).
3. W **szczególnie trudnych sytuacjach** możliwe jest wykonanie zbiornika retencyjnego uwzględniającego funkcję infiltracji (komory, zmodyfikowane skrzynki o konstrukcji uwzględniającej możliwość inspekcji i czyszczenia), względnie zbiorników rurowych. Zbiorniki **otwarte** należy stosować jedynie w sytuacji, **gdy nie zagrażają one** układowi

komunikacyjnemu (szadź, parowanie) względnie nie powodują uciążliwości mieszkańców (komary). W polskich warunkach klimatycznych **w ogóle nie należy** natomiast stosować bezodpływowych zbiorników odprowadzających.

4. Zasadnicze znaczenie posiada zawsze **szybki i sprawny odbiór spływu** powierzchniowego. Odwadnianie powierzchni powinny posiadać spadki ukierunkowane do urządzeń przejmujących (wpusty, odwodnienia liniowe). Rozstaw wpustów powinien odpowiadać ich rzeczywistej sprawności hydraulicznej (10 – 80% nominalnej). Wpusty muszą być ustawione niżej w stosunku do odwadnianych powierzchni, w przypadku rynsztoka wskazane jest stosowanie nasad wpustów sprzyjających wydłużeniu czasu kontaktu spływającego strumienia z nasadą (kratką) wpustu.
5. **Wytrzymałość nasad** powinna odpowiadać skali rzeczywistych zagrożeń. W szczególności w rejonach przemieszczania się pociągów drogowych (w tym strefy dowożenia zaopatrzenia do centrów handlowych) wskazane jest stosowanie rozwiązań odpowiadających warunkom jak dla autostrad i dróg ekspresowych. **Rzeczywiste obciążenia dynamiczne** są w Polsce mniej więcej o 1 klasę wyższe niżby to wynikało z formalnej kategoryzacji drogi.
6. Bezwzględnie należy stosować **wpusty z pojemnikami** na grubsze zanieczyszczenia (liście, papiery) – tzw. **wiadra**; nasady wpustów oraz wiadra powinny być systematycznie czyszczone. Na obszarach o potencjalnie wyższym zagrożeniu (parkingi w tym zwłaszcza w rejonie centrów handlowo – usługowych, strefy zagrożone spływem z terenów dominujących nie pokrytych trwałą roślinnością: trawy, krzewy itp.), o ile pozwalają na to miejscowe warunki gruntowo – wodne, **wskazane jest użycie wpustów z osadnikami**.
7. Podstawowym urządzeniem oczyszczającym spływ z dużych powierzchni takich, jak wyżej podane powinny być **piaskowniki**. Piaskowniki powinny być okresowo czyszczone przez gestora odwadnianych powierzchni, względnie urządzeń do których trafia spływ wód opadowych. O ile odpady olejowe będą stanowić zagrożenie to dodatkowo należy użyć dodatkowych urządzeń przejmujących np. typu **separator** lamelowy (obszar o niskim stopniu zagrożenia np. parking) lub koalescencyjny (obszary podwyższonego zagrożenia np. stacje obsługi samochodów, bazy samochodowe, stacje benzynowe, warsztaty – nie są nimi natomiast standardowe parkingi i spływy z nawierzchni drogowych).
8. Tzw. **piaskownik zintegrowany** z separatorem jest w warunkach zwiększonej masy zawiesin (a więc w sytuacji dość typowej dla większości systemów) mniej skuteczny ze względu na swoją ogólnie niewielką pojemność. Ponadto pojawia się problem organizacji specjalistycznego serwisu i kosztów serwisowania. Skuteczna eksploatacja separatora lamelowego własnymi środkami jest w rzeczywistości niemożliwa.

9. Kolejnym elementem decydującym o możliwości skutecznego zagospodarowania wód opadowych jest możliwość **szybkiego przejęcia** gwałtownego spływu i odtransportowania go (w tradycyjnej kanalizacji), względnie **przetrzymania** do momentu przesiąknięcia do podłoża lub innego wykorzystania (rozwiązania alternatywne), czy też do momentu uzyskania wystarczającej przepustowości przez istniejące urządzenia (odciążenie kanalizacji).
10. Ponieważ bezwzględnie musi być zapewniony **szybki i sprawny odbiór wody** musi być zapewniona odpowiednio duża **swobodna przestrzeń** (pojemność retencyjna) nadająca się do bezzwłocznego wykorzystania, stąd zarówno klasyczny dren, jak też tzw. dren francuski (na bazie żwiru i geowłókniny) jako rozwiązania nie spełnia tego warunku. Można je wykorzystać jedynie jako elementy wtórnego zagospodarowania, dopiero po podstawowym elemencie retencji (komora, skrzynka, zbiornik rurowy). Tu jednak skuteczniejsze są inne rozwiązania – komory infiltracyjne, względnie odpowiednie skrzynki zapewniające zarówno odpowiednią wewnętrzną pojemność, jak też powierzchnię kontaktu z podłożem.
11. Wprawdzie w przypadku komór pewną rolę retencyjną odgrywa również podsypka i obsypka, ale jest ona wtórna (uzupełniająca) w stosunku do podstawowej pojemności komór. Ponadto wykorzystuje się tłuczeń odpowiadający stosowanemu do budowy torowisk, a nie np. żwir lub gruby piasek.
12. Zasadnicze znaczenie posiada **dostosowanie urządzenia do warunków jego przyszłej pracy**, w tym kalkulacji potencjalnych szkód wynikających z utraty jego zdolności do infiltracji oraz podatności na oddziaływanie obciążeń dynamicznych. W szczególności:
 - **Studnie chłonne** posiadają **niewielką jednostkową powierzchnię kontaktu** z podłożem, a więc konieczność dużego spiętrzenia wody i jako element infiltracji są one narażone na relatywnie szybką kolmatację podłoża. Przy tym jednak studnie zajmują stosunkowo mało miejsca i z tego powodu dość chętnie stosuje się je na terenach o wyższej intensywności użytkowania.
 - **Klasyczne skrzynki** nadają się do użycia przede wszystkim dla zabudowy jednorodzinnej na odpowiednio dużych działkach. Tam, gdzie jest prawdopodobne występowanie wyższych obciążeń dynamicznych wskazane jest użycie komór ze względu na ich wytrzymałość (w przekroju poprzecznym profil owalny, dodatkowe żebrowanie wzmacniające).
 - Do odwodnienia ważniejszych powierzchni wskazane jest użycie **komór filtracyjnych**, względnie **skrzynek** o odpowiednio **zmodyfikowanej konstrukcji** – zwiększenie odporności na oddziaływanie obciążeń dynamicznych oraz umożliwiającących prowadzenie czyszczenia dynamicznego.
 - Użycie specjalnych **ruk filtracyjnych** względnie innych urządzeń jest wskazane również zawsze tam, gdzie jest to możliwe ze względów ekologicznych (równowaga bilansu wód) oraz ekonomicznych – odciążenie kanalizacji odprowadzającej wody opadowe.

13. W trakcie montażu należy bezwzględnie przestrzegać zaleceń producenta określonego systemu. W szczególności odnosi się to do takich elementów, jak:
 - **Nie wolno** jest stosować podsypkę, obsypkę i zasypkę z **materiałów innych frakcji** niż zalecane dla danego systemu.
 - **Tłuczeń** musi posiadać odpowiednią wielkość nie może być zastępowany przez (nawet gruby) żwir itp.; odnosi się to również do pozostałych materiałów stosowanych w podsypkach względnie wypełnieniach.
 - W miejsce geotkaniny o określonych parametrach nie wolno jest wprowadzać tkaniny o właściwościach odpowiadających np. fizelinie. Taki materiał może być użyty jako np. wypełnienie przestrzeni między geosiatkami – ale tylko w sytuacji, gdy jest to dopuszczalne.
 - Dostarczane geotekstylia powinny odpowiadać wszystkim wymaganiom. Różnego rodzaju odpadki (np. skrawki beli) nie nadają się do normalnego użycia.
 - Użyte materiały muszą spełniać wszystkie wymagania jakościowe i posiadać stosowane atesty.
 - Smarowania środkiem poślizgowym połączeń, w szczególności w przypadku uszczelki nakładanej na placu budowy na elementy betonowe należy nałożyć środek poślizgowy na gniazdo uszczelki jeszcze przed jej nałożeniem, następnie na łączony element. Smaruje się nie uszczelkę, ale odpowiednie krawędzie nasuwanych elementów.
14. W przypadku montażu konstrukcji betonowych z kręgów na uszczelkę (np. studzienki rewizyjne, separatory, osadniki) w przypadku użycia uszczelki gumowej (problemu tego nie stwarza uszczelka z elastomeru) należy liczyć się z możliwością wystąpienia konieczności dodatkowego uszczelnienia połączeń. W tym celu wykorzystuje się specjalne masy, natomiast użycie tradycyjnej zaprawy cementowej jest pozbawione sensu. W wersji ugruntowanej polskimi normami w praktyce po prostu nie jest możliwe uzyskanie wodoszczelnego połączenia.
15. W ogóle przy zamawianiu materiałów wskazane jest unikanie różnych pokątnych dostawców, zwłaszcza tzw. okazji. Obecna sytuacja rynkowa umożliwia korzystanie z konsultacji doradcy reprezentującego określonego producenta. Pośrednicy mogą stanowić istotne zagrożenie.

Zestawienie dostawców urządzeń do infiltracji

Tab. C.13. Oferta w zakresie urządzeń do alternatywnego zagospodarowania wód opadowych na polskim rynku (na podstawie Wodociągi i Kanalizacja, 6/2007) wg stanu na dzień 15 maja 2007 r. i nadesłanych ankiet

| Lp. | Firma | Oferta |
|-----|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | EKOBUDEX* | Komora - H-20; pojemność 0,68 m ³ - SC-310; pojemność 0,90 m ³ - SC-740; pojemność 2,12 – 2,60 m ³ |
| 2 | FUNKE Polska | Skrzynka D-RAINTANK; pojemność 0,279 m ³ |
| 3 | Polska Woda Deszczowa* | Skrzynka rozsączająca; pojemność 0,302/0,292 m ³ Studnia chłonna; pojemność 1,62/1,60 m ³ ; wypływ (50%) ściany boczne i dno; wysokość 1,56 m; średnica 1,35 m |
| 4 | POLYTEAM | Skrzynka; pojemność 0,422/0,406 m ³ Komora; pojemność 0,422 m ³ |
| 5 | PWP (przedstawicielstwa w Polsce)* | Skrzynka; pojemność 1,497/1,423 m ³ |
| 6 | REHAU | Skrzynka RAISIKKO-BOX; różne wersje montażowe; pojemność 0,113-0,602 m ³ Rura rozsączająca (Ø200 – Ø355); pojemność 0,030 – 0,098 m ³ /m |
| 7 | TUZAL** | ECODRAIN; wkładka do wpustu ulicznego; pojemność 0,015 m ³ |
| 8 | WAVIN* | - skrzynka AZURA; pojemność 0,20/0,19 m ³ - skrzynka Q-bic; pojemność 0,432/0,410 m ³ |

Szczegółowe informacje o poszczególnych produktach są dostępne w materiałach producentów (dostawców) określonego wyrobu. Podstawowe informacje zawiera zestawienie opublikowane w Wodociągi i Kanalizacja, 6/2007. Zgodnie z deklaracjami wymienione jednostki mogą stanowić podstawę do wykonania zbiornika retencyjnego. Wszyscy producenci (dostawcy) deklarują dostarczenie informacji (szczegółowych wytycznych projektowych). Wyróżnieni (*) deklarują również konsultację projektanta, firma (**) deklaruje wykonanie obliczeń po wypełnieniu formularza. Ponieważ nie wszystkie odpowiedzi na zadawane pytania ankiety świadczą o pełnym zrozumieniu przez producenta (dostawcę) określonego wyrobu treści zapytania wskazane jest każdorazowe uzgodnienie konkretnych warunków użycia określonego wyrobu.

Literatura

1. Abwassergebühren und Beiträge. Ergebnisse der ATV-Umfrage 1996. ATV Hennef 1997
2. Burszta – Adamiak E., Kozłowska E., Łomotowski J.: Wybrane zagadnienia związane z odprowadzaniem wód opadowych. Przegląd Komunalny 5/2003
3. Burszta – Adamiak E., Łomotowski J.: Problemy infiltracji wód opadowych do gruntu. Przegląd Komunalny 11/2004
4. Dąbrowski W.: Metodyka wymiarowania odwodnień dróg w USA i Wielkiej Brytanii. W: Odwodnienia drogowe z uwzględnieniem autostrad i dróg szybkiego ruchu. Alias, Poznań 2000
5. Dohmann M.: Materialien zur Vorlesung Abwasserbeseitigung. Red. R.Hausmann i K.H.Pecher. Rheinisch – Westfälische Hochschule. Aachen 1993
6. Dziakiewicz W.: Roboty wodne II. Kanalizacja miast systemu spławnego. Wyd. II, Warszawa ok. 1920
7. Dziopak J.: Modelowanie wielokomorowych zbiorników retencyjnych. Monografia Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004
8. Edel R.: Odwodnienie drogowe. WKiŁ Warszawa 2006
9. Edel R., Suligowski Z.: Wpływ parametrów wpustów deszczowych na sprawność odwodnienia powierzchniowego dróg i ulic. Gdańsk, 2004
10. Edel R., Suligowski Z.: Zalecenia w zakresie rozmieszczania wpustów deszczowych. Cz. I i cz. II. Wiadomości Izby Projektowania Budowlanego, nr 10 i 11/2004
11. Ekonomiczne i środowiskowe aspekty zagospodarowania wód opadowych. Materiały konferencyjne, Leszno 2007
12. Gabryszewski T.: Wodociągi, Arkady Warszawa 1983
13. Gudelis-Taraszkiewicz K., Suligowski Z., Edel R.: Skrzynki i komory drenażowe. Cz. I i cz. II. Autostrady, nr 6 i 7/2006.
14. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Drittel Teil: Der Wasserbau. Viertel Band: die Entwässerung der Städte. Praca zbiorowa pod redakcją E.Genzmera. Leipzig Wilhelm Engelmann Verlag, 1924
15. Horstmann F., Töws R.: Praxisversuch: D- Raintank unter Extrembelastung. Stra en- und Tiefbau 11/2003
16. Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystem. ATV Regelwerk Abwasser – Abfall. Arbeitsblatt ATV-A118. ATV GFA, Hennef 1999
17. Imhoff K. i Imhoff K.R.: Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków. Poradnik. Arkady, Warszawa 1972
18. KOSTRA, Koodienierte Starkniederschlags – Regionalisierung – Auswertung. Starksniederschlagshöhen für Deutschland. Deutscher Wetterdienst. Offenbach a. M. 1997
19. Licznar P.: Podstawy obliczeń i projektowania systemów odwodnienia. Przegląd Komunalny 11/2004
20. Licznar P., Łomotowski J.: Systemy monitoringu i sterowania odpływem wód opadowych. Przegląd Komunalny 9/2000

21. Nadler A., Meißner E.: Wyniki pracy obiektu do decentralnego oczyszczania i wsiąkania ścieków deszczowych z dróg i ulic. Gaz Woda i Technika Sanitarna 2/2002
22. Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen. ATV Regelwerk A118, ATV St. Augustin 1984
23. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. 75/2002 wraz z późniejszymi zmianami
24. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2003 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie (Dz. U. 212), w nowej wersji z dnia 8 lipca 2004 r. (Dz. U. 168)
25. Salomon H.: „Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland, Gustav Fischer Verlag Jena, 1907 oraz późniejsze suplementy)
26. Suligowski Z.: Infrastruktura kanalizacyjna w gospodarce komunalnej, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2006.
27. Suligowski Z., Gudelis – Taraszkiewicz K.: Infiltracja do gruntu. Alternatywa dla tradycyjnej kanalizacji. Przegląd Komunalny 5/2003
28. Suligowski Z., Gudelis – Taraszkiewicz K.: Alternatywne rozwiązania kanalizacji wód opadowych. Gaz Woda i Technika Sanitarna 12/2003
29. Suligowski Z., Gudelis – Taraszkiewicz K.: Kanalizacja wód opadowych, elementy rozwiązań alternatywnych. Inżynieria Morska i Geotechnika 2/2004
30. Suligowski Z., Gudelis – Taraszkiewicz K.: Propozycje w zakresie alternatywnej kanalizacji wód opadowych. Cz. I i Cz. II. Wiadomości Izby Projektowania Budowlanego 12/2004 i 1/2005
31. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. prawo ochrony środowiska. Dz. U. 62/2001
32. Ustawa z dnia 6 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków, Dz. U. 72/2001 wraz z późniejszymi zmianami
33. Wiśniewski J., Solecki E., Łomotowski J.: Stan systemów kanalizacji w Polsce. Przegląd Komunalny 5/2003
34. Wodociągi i Kanalizacja. Miesięcznik nr 6/2007

Materiały firm:

1. ACO PASSAVANT Polska
2. FUNKE Polska
3. EOKBUDEX, Gdańsk
4. KESSEL, Lenting, Niemcy
5. REHAU Polska
6. TUZAL
7. VIA CON Polska
8. WAVIN METALPLAST, Buk

NOTATKI

NOTATKI

NOTATKI

Więcej informacji można uzyskać w Biurze Projektu:



ul. Mickiewicza 5, 10-548 Olsztyn
tel.: 089 527 67 62; fax: 089 535 39 84
equal@wmzdz.pl



Partnerstwo „Budujmy Razem” tworzą:



Warmińsko-Mazurski Zakład
Doskonalenia Zawodowego w Olsztynie
www.wmzdz.pl



Olsztyńska Izba Budowlana
www.oib.com.pl



Polska Korporacja Techniki Sanitarnej
Grzewczej Gazowej i Klimatyzacji
www.sggik.pl



Projekt "Budujmy Razem"
jest realizowany przy udziale środków
Europejskiego Funduszu Społecznego
w ramach Inicjatywy Wspólnotowej EQUAL

www.BudujmyRazem.olsztyn.pl