

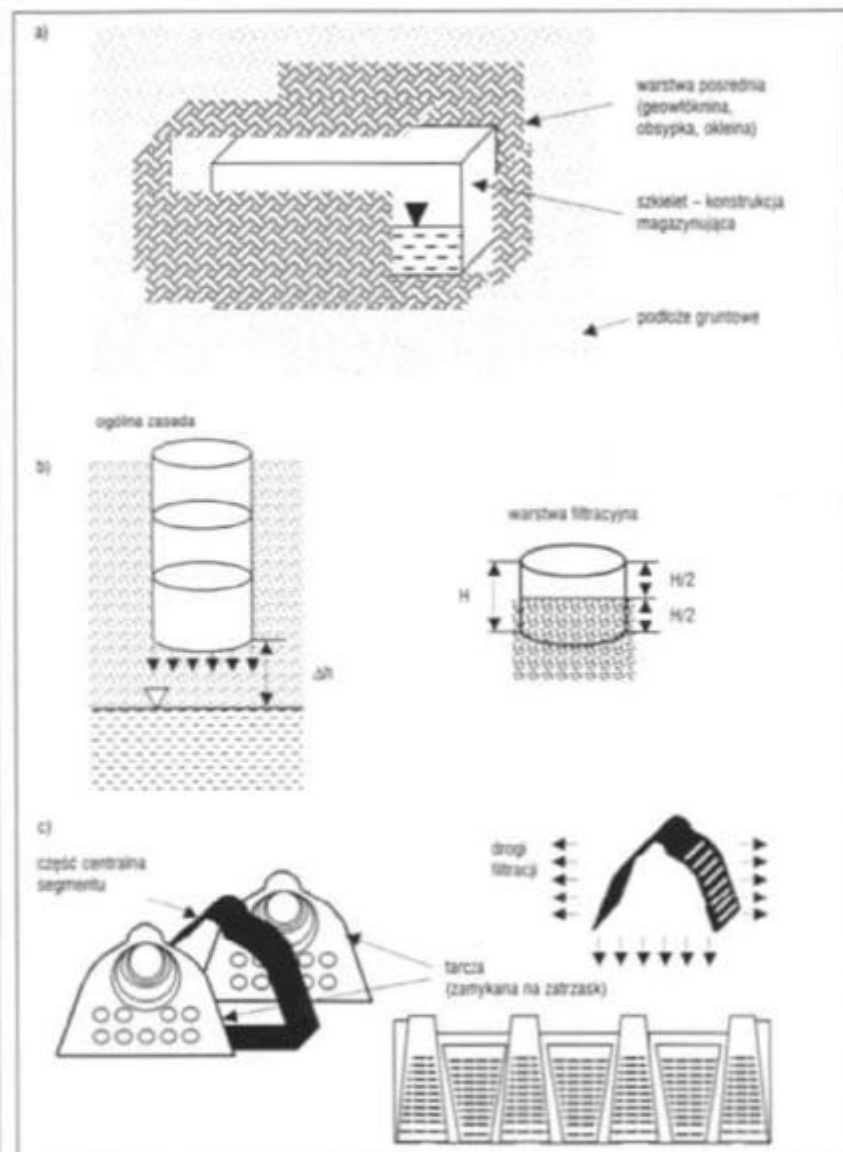
Propozycje w zakresie projektowania alternatywnej kanalizacji wód opadowych (cz. 2)

Urządzenia do infiltracji

Infiltracja może być prowadzona różnymi sposobami, na terenach zurbanizowanych¹⁾ są to przede wszystkim urządzenia zamknięte, jednak w odróżnieniu od ścieków sanitarnych klasyczne drenáže ze względu na małą pojemność retencyjną nie zajmują tu istotnego miejsca. W praktyce stosowane są 3 grupy urządzeń do infiltracji wód opadowych do gruntu (rys. 3):

- studnie chłonne (odpływ przez dno) stanowiące rozwiązanie najprostsze i najbardziej popularne (tradycyjne z kręgów betonowych, obecnie również z tworzyw np. PE-AQUATRAN (firma KESSEL);
- specjalne skrzynki – małowagarytowe (kubatura jednostkowa brutto ok. 0,2-0,3 m³) ażurowe konstrukcje wytwarzane z tworzyw (PE, PP) stanowiące szkielet konstrukcji na który nawijana jest geowłóknina np. systemu D-RAINTANK (FUNKE), względnie AZURA (WAVIN);
- komory filtracyjne, obiekty o stosunkowo dużych jednostkowych pojemnościach przy relatywnie niewielkich wysokościach (przykładowo komora H-20 wchodząca w skład systemu INFILTRATOR przy wysokości 0,41 m oraz szerokości 0,86 m i długości 1,9 m posiada pojemność retencyjną równą ok. 0,5 m³) oraz charakteryzujące się bardzo dużą powierzchnią filtracji do podłoża.

Wspólną cechą wszystkich urządzeń do infiltracji jest to, że są one relatywnie tanie i proste w wykonawstwie, a ich użycie nie wymaga zaangażowania budżetu gminny i może być realizowane niezależnie od rozbudowy wspólnej infrastruktury. Mieszczą się one w możli-



Rys. 3 Podstawowe rodzaje urządzeń wykorzystywanych do infiltracji: a – skrzynka, b – studnia chłonna, c – komora

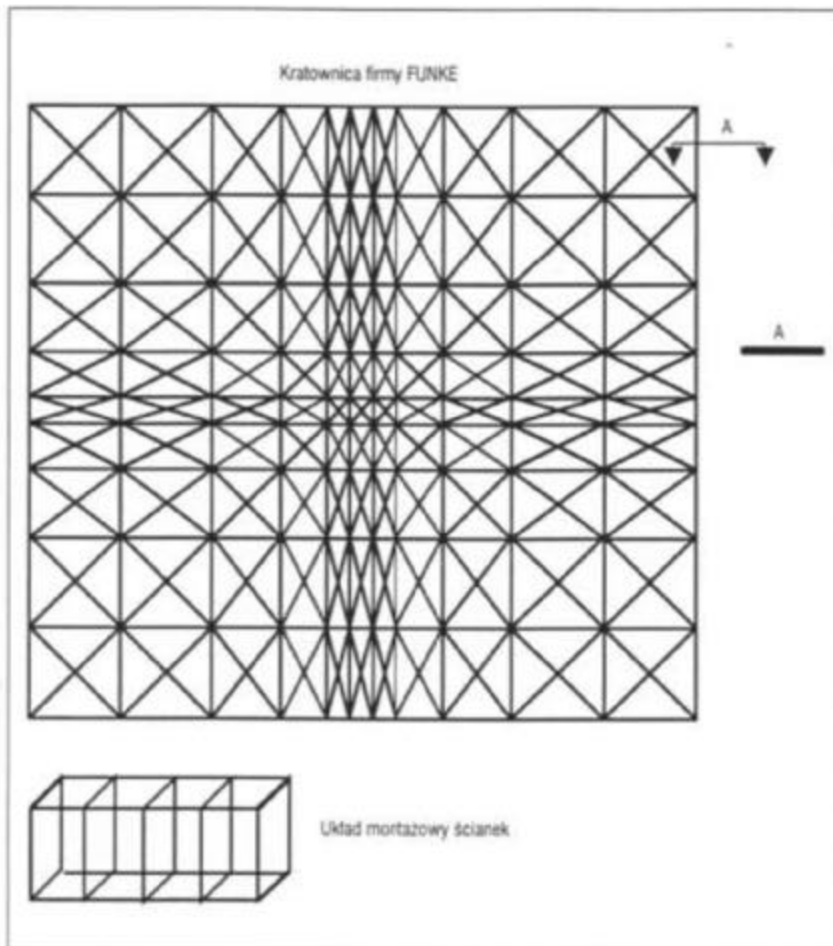
¹⁾ prof. dr hab. inż.,
Poliotechnika Gdańska

²⁾ dr inż., EKOBUDEX, Gdańsk

³⁾ równocześnie trudno jest jednak zgodzić się ze zbyt łatwą akceptacją dla urządzeń otwartych w bezpośrednim sąsiedztwie ważniejszych dróg (nawet autostrad)

wościach technicznych i finansowych poszczególnych inwestorów, co odnosi się zarówno do zabudowy jednorodzinnej, jak też do odwodnień wielkich powierzchni, jakimi są np. centra handlo-

we i towarzyszące im parkingi. Infiltracja stanowi rozwiązanie wspomagające istniejące systemy zagospodarowania wód opadowych, względnie stanowi samodzielne rozwiązanie techniczne.



Rys. 4 Szczególna konstrukcja skrzynki firmy FUNKE opartej na wielowarstwowej kratownicy

Wszystkie urządzenia do infiltracji mogą być stosowane zarówno pojedynczo, jak też w zespołach. Studnie tworzą układy szeregowe w postaci tzw. galerii, skrzynki występują w układach szeregowych, równoległych. Mogą być one układane pojedynczymi warstwami, względnie spiętrzane. Komory tworzą na ogół równoległe układy ciągi złożone z szeregu segmentów. Dość swobodne tworzenie różnych kombinacji stwarza możliwość dowolnego modelowania systemów.

Ogólna ocena sprawności urządzeń do infiltracji

Sprawność urządzeń do infiltracji wiąże się z dwoma podstawowymi parametrami – ich jednostkową efektywną pojemnością (w tym łatwością łączenia w zespoły) oraz efektywną powierzchnią kontaktu z podłożem. Biorąc pod uwagę różnice rozwiązań poszczególnych urządzeń jako miarodajny wskaźnik

oceny powierzchni kontaktu F_e przyjęto wartość względną:

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

wyraźnie różniącą się w grupach poszczególnych jednostek. Opierając się na wykonanych analizach należy stwierdzić, że:

- w przypadku skrzynek infiltracyjnych wskaźnik (określony dla pojedynczej skrzynki) waha się od niespełna 5 do ponad 7 m^2/m^3 ,
- dla komór od ponad 3 m^2/m^3 (przepływ tylko do dołu) do ponad 4 m^2/m^3 przy przepływie dennym oraz przez ściany boczne,
- dla studni chłonnych, dla ich najczęściej stosowanych głębokości,

w granicach od ok. 1,0 m^2/m^3 do ok. 0,17 m^2/m^3 .

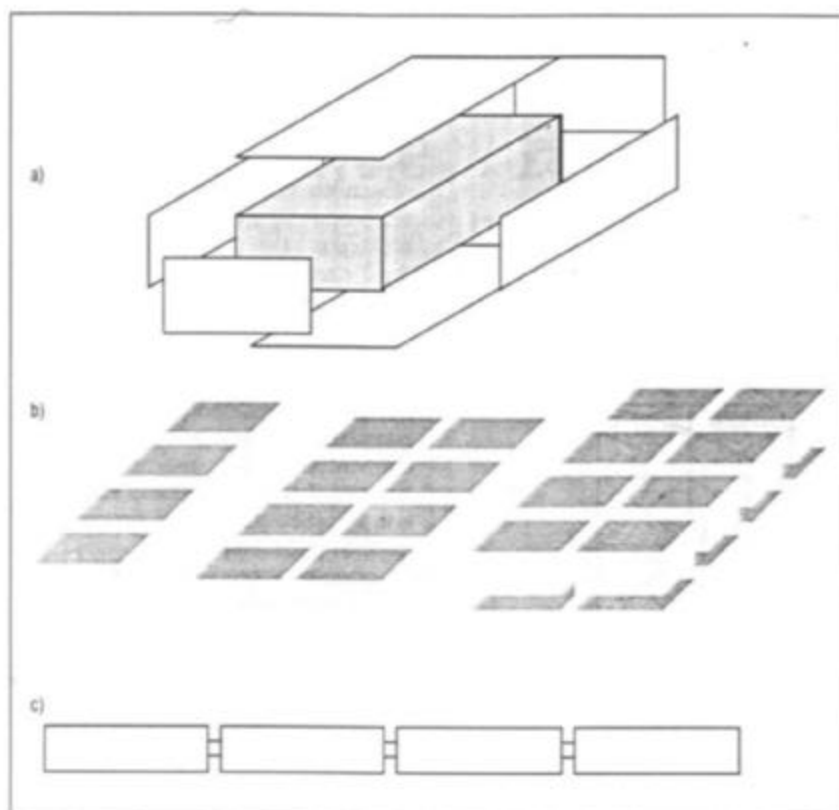
Ponieważ tworzenie zespołu skrzynek powoduje ograniczenie wielkości powierzchni kontaktu z podłożem (zależnie od przyjętego rozwiązania w granicach od kilkunastu do nawet kilkudziesięciu %) można przyjąć, że ich efektywna powierzchnia kontaktu jest dość często co najwyżej zbliżona do analogicznych wartości dla komór⁸¹. Równocześnie użycie zespołu komór (czy też studni chłonnych) w zasadzie nie zmniejsza wartości omawianego wskaźnika dla zespołu w stosunku do sumarycznej dla jego poszczególnych elementów. Stąd w przypadku decyzji o użyciu skrzynek wskazana jest dodatkowa analiza pod kątem optymalizacji układu geometrycznego – rys. 5. W przypadku pozostałych elementów rozsądzających problem ten w zasadzie nie występuje.

W świetle powyższych ustaleń wynika, że studnia chłonna jest wyraźnie mniej efektywnym rozwiązaniem jako podstawa infiltracji wód opadowych do gruntu. Przy ostatecznie małych powierzchniach kontaktu wskazane jest zwiększenie liczby studzien, względnie jednostkowych powierzchni odwiertów (powiększenie średnicy). Jednak w obydwóch przypadkach następuje jednoznaczny wzrost powierzchni zajmowanej przez urządzenia. Może to doprowadzić do utraty szczególnej właściwości studni, jaką jest potrzeba stosunkowo małej powierzchni terenu. Równocześnie ze względu na warunki gruntowo-wodne trudno spodziewać się możliwości powszechnego odpowiedniego pogębiania otworów studziennych.

Propozycje zasad stosowania urządzeń do infiltracji

Wprawdzie urządzenia do infiltracji znane są już od dłuższego czasu, jednak brak jest ogólniejszych zaleceń, a dostępne materiały sprowadzają się do wydawnictw firmowych. Biorąc pod uwagę dotychczasowe doświadczenia można sformułować następujące ogólne zalecenia:

⁸¹ Charakterystyczna struktura przestrzenna zespołu skrzynek – rys. 5 powoduje, że w efekcie może być utracona znacząca część powierzchni kontaktu z podłożem gruntowym; stosunkowo najmniejsze straty są w przypadku układu szeregowego łączonego ścianami czołowymi, które poza względnie małymi wymiarami w poszczególnych systemach praktycznie zawsze reprezentują relatywnie bardzo małą powierzchnię infiltracji



Rys. 5 Charakterystyczne układy skrzynek: a – powierzchnie kontaktu, b – układ szeregowy, c – układ szeregowo – równoległy, d – struktura wielowarstwowa, e – układ zachowujący w maksymalnym stopniu powierzchnię chłonną

1. W przypadku obsługi niewielkich powierzchni urządzenia do infiltracji mogą być przyjmowane wg zaleceń producentów. Przy większych powierzchniach (odwodnienia drogowe, parkingi, centra handlowe) należy je wymiarować. Biorąc pod uwagę niedostateczne rozpoznanie warunków meteorologicznych można zaproponować przyjęcie jak dla odwodnień drogowych jako podstawy deszczu piętnastominutowego o prawdopodobieństwie dostosowanym do ważności obiektu (tab. 1). Wskaza-

ne jest przy tym użycie współczynnika bezpieczeństwa $\zeta = 1,5$.

2. Skrzynki infiltracyjne są korzystnym rozwiązaniem dla niewielkich obiektów, zwłaszcza zabudowy jednorodzinnej. Są one wyjątkowo efektywne w sytuacji, gdy do minimum zostanie ograniczona redukcja efektywnej powierzchni kontaktu z podłożem gruntowym. Zadanie można rozwiązać przy użyciu kilku-kilkunastu jednostek, w przypadku podłoża gruntowego o niskiej wodoprzepuszczalności liczba

Tabela 3 Obliczone na podstawie tab. 2 zapotrzebowanie na urządzenia rozsączające dla jednostkowej powierzchni 1 ha i deszczu piętnastominutowego

Typ urządzenia rozsączającego	Liczba jednostek dla deszczu o prawdopodobieństwie p (%)			
	10	20	50	100
Studnia chłonna o średnicy \varnothing 1,0 m, m.b.	340	294	232	178
Skrzynka rozsączająca, w granicach zależnych od gabarytów charakterystycznych dla konkretnego rozwiązania	1000-1670	870-1450	690-1140	530-880
Komora infiltracyjna na przykładzie H-20 systemu INFILTRATOR	530	460	365	280

skrzynek powinna być zwiększona. Można tu kierować się zaleceniami firmy WAVIN (tab. 4), ogólnie zgodnymi z efektami obliczeń dla założeń w przykładzie (tab. 2 i tab. 3).

3. Dla poprawy efektywności rozsączania wskazana jest optymalizacja układu geometrycznego skrzynek pod kątem zachowania możliwie dużej powierzchni kontaktu skrzynek z podłożem. Szczególnie korzystny wydaje się tu być podłużny ciąg liniowy łączony ścianami szczytowymi. Pozwala to na minimalizację niezbędnego ograniczenia powierzchni swobodnego kontaktu z podłożem gruntowym.

4. Studnie chłonne są rozwiązaniem dość specyficznym, przede wszystkim powierzchnia kontaktu z podłożem jest niewielka – dla typowego kręgu o średnicy ok. 0,10 m wynosi niespełna 0,8 m². Objętość retencyjną można powiększyć poprzez odpowiednie wydłużenie studni, jednak przyrost zagłębienia o 1 m pozwala uzyskać wzrost objętości o niespełna 0,8 m³. Równocześnie część martwa (zwierzczenie, warstwa filtracyjna) wynosi ok. 1,0 m dla każdego otworu, co w efekcie powoduje konieczność dodatkowego wydłużenia. W tej sytuacji studnia jest predestynowana do użycia tam, gdzie brak jest miejsca do ułożenia odpowiedniej liczby skrzynek oraz przy odpowiednim położeniu zwierciadła wody gruntowej. Wbrew dość powszechnym opiniom jest to jednak urządzenie mało efektywne.

5. W przypadku konieczności niezawodnej obsługi relatywnie dużych powierzchni terenu najbardziej odpowiednim rozwiązaniem wydają się być komory filtracyjne (tab. 3 i tab. 5). Przykładowo komora H-20 wchodząca w skład systemu INFILTRATOR przy wysokości 0,41 m oraz szerokości 0,86 m i długości 1,9 m posiada pojemność retencyjną równą ok. 0,5 m³. Tworzone w oparciu o nie panele posiadają przy niewielkim zagłębieniu zarówno relatywnie dużą objętość, jak też bardzo dużą powierzchnię przez którą odbywa się infiltracja (rys. 3).

Oddzielny problem stanowi 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 du-

Tabela 4 Zalecana przez dokumentację firmy WAVIN liczba skrzynek odwadniających zależna od rodzaju gruntu, wielkości opadu oraz powierzchni dachu

Grunt	Opad 100 l/s.ha dla dachu o powierzchni		Opad 150 l/s.ha dla dachu o powierzchni	
	100 m ²	150 m ²	100 m ²	150 m ²
przepuszczalny	4	6	6	8
słabo przepuszczalny	13	20	20	26

Tabela 5 Orientacyjna liczba komór drenażowych H-20 w systemie INFILTRATOR

Nateżenie deszczu (l/s.ha)	100			150		
Odwadniana powierzchnia (m ²)	100	150	200	100	150	200
Wodoprzepuszczalność gruntu (kf)	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	8	8	11	8	12	16

zych obciążeniach (np. od ruchu drogowego). Z kolei w dokumentacji firmy EKOBUDEX jako bezpieczne określane jest przykrycie w granicach 0,46-2,43 m. Jednocześnie dopuszcza się wówczas bardzo wysokie obciążenie (jest to efekt korzystnych charakterystyk wytrzymałościowych użytego przekroju poprzecznego i podłużnego samej komory) równe 14,5 t/oś.

W przypadku systemu firmy KESSEL występuje charakterystyczne (osadzone teleskopowo) zwieńczenie o wysokości 0,4-0,9 m i to powinno stanowić podstawową ochronę samej komory. Jednak teleskop użyty przy studni o dużej średnicy nie może być utożsamiany od stosowanego w małośrednicowych studzienkach rewizyjnych, względnie służących do rozmieszczenia armatury. Z kolei w materiałach firmy FUNKE wymagania w stosunku do bezpiecznego posadowienia skrzynek zostały przedstawione bardziej szczegółowo. 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 się zastrzec, że przy określeniu przykrycia chodzi nie tylko o warstwę samego gruntu, ale o całkowitą grubość przykrycia, na które składają się 3 warstwy

- podbudowa z materiału filtracyjnego,
- mrozoodporna konstrukcja drogowa,

- nawierzchnia drogowa.

Niezależnie od dużej wytrzymałości charakterystycznej kratownicy (rys. 4) elementem typowym w niemieckim budownictwie drogowym jest płyta żelbetowa. Dlatego wszelkie zalecenia niemieckie (a więc również odnoszące się do materiałów firmowych FUNKE i KESSEL) w zakresie ochrony przed zgniataniem nie mogą być automatycznie przenoszone na polskie realia. Bez takiej płyty prostopadościenna konstrukcja jest zawsze bardziej podatna na zgniatanie niż owalna i komory jako takie mają korzystniejszy schemat statyczny.

Podsumowanie

Wprowadzenie wód opadowych do gruntu jest korzystnym rozwiązaniem alternatywnym w stosunku do tradycyjnej kanalizacji wód opadowych. Przede wszystkim 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.

Literatura

- [1]. Dziopak J.: Modelowanie wielokomorowych zbiorników retencyjnych w kanalizacji. Monografia Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.
- [2]. Edel R., Suligowski Z.: Wpływ parametrów wpustów deszczowych na sprawność odwodnienia powierzchniowego dróg i ulic. Monografie Wydziału Budownictwa Wodnego i Inżynierii Środowiska Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2004.
- [3]. Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. ATV Arbeitsblatt A 118. Hennef 1999.
- [4]. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego. Dziennik Ustaw 120/2003.
- [5]. Ustawa z dnia 8 marca 1990 o samorządzie gminnym. Dziennik Ustaw 13/1996.
- [6]. Ustawa z dnia 20 grudnia 1996 o gospodarce komunalnej. Dziennik Ustaw. 9/1997.
- [7]. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 prawo ochrony środowiska. Dziennik Ustaw. 62/ 2001.
- [8]. Ustawa z dnia 13 czerwca 2001 o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków. Dziennik Ustaw. 72/ 2001.
- [9]. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 prawo wodne. Dziennik Ustaw 115/2001.

Wydawnictwa firmowe

- Funke Gruppe: Wytlaczanie rur, formowanie wtryskowe, wytłaczanie profili, budowa form wtryskowych. FUNKE Polska (Prusy).
- Infiltrator Systems. Komory drenażowe. Wytyczne do projektowania i instalowania systemów magazynowania i odprowadzania wód opadowych do gruntu za pomocą komór drenażowych. EKOBUDEX (Gdańsk).
- Regenwassernutzanlagen. KESSEL Entwässerungstechnik Abscheidstechnik (Lenting, Niemcy).
- Schachtsysteme KESSEL. Schachtsystem 1000. KESSEL Entwässerungstechnik Abscheidstechnik (Lenting, Niemcy).
- System studzienek KESSEL. Studzienka rewizyjna i kontrolna UNIVA-Standard gotowa do zamontowania w wykopie. KESSEL (Lenting, Niemcy).
- System zagospodarowania wody deszczowej AZURA. WAVIN (Buk).