

prof. Ziemowit Suligowski

## BIOTOALETA

*Łatwiej jest od razu dzielić niż łączyć i dopiero później rozłączać*

*Pojęcie alternatywy nie może być utożsamiane z obniżeniem standardu*

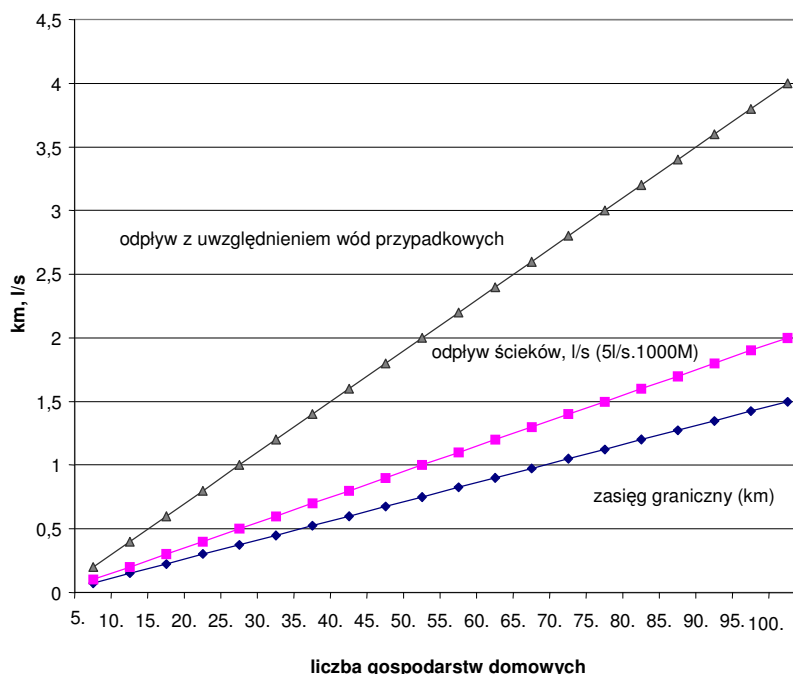
*Technologie oczyszczania ścieków również starzeją się w miarę upływu czasu*

*Lepiej jest unikać powstawania określonych zagrożeń niż naprawiać ich skutki*

## Wstęp

Pierwsze formy gospodarki wodno – ściekowej pojawiły się wraz z pierwszymi procesami urbanizacji, niektóre z najstarszych rozwiązań (np. kanał rzymski cloaca maxima, ok. 600 r p.n.e.) pozostają nadal w eksploatacji. Oczywiście, w miarę upływu czasu zmieniają się poglądy i standardy w zakresie higieny oraz ochrony środowiska. Jest to konsekwencją zmieniającej się wiedzy o znaczeniu występujących problemów. Obecny stan środowiska i wynikające stąd potrzeby narzucają szczególne wymagania w zakresie doprowadzania ścieków do postaci odpowiadającej wymaganiom środowiska. Równocześnie jednak nie wolno jest zapominać o kosztach z tym związanych – infrastruktura podziemna kosztuje niemal tyle samo co część nadziemna, eksploatacja (w tym, oczyszczanie ścieków) jest również kosztowna. W tej sytuacji szczególnego znaczenia nabiera racjonalizacja działań.

Oplacalność stosowania kanalizacji zbiorczej

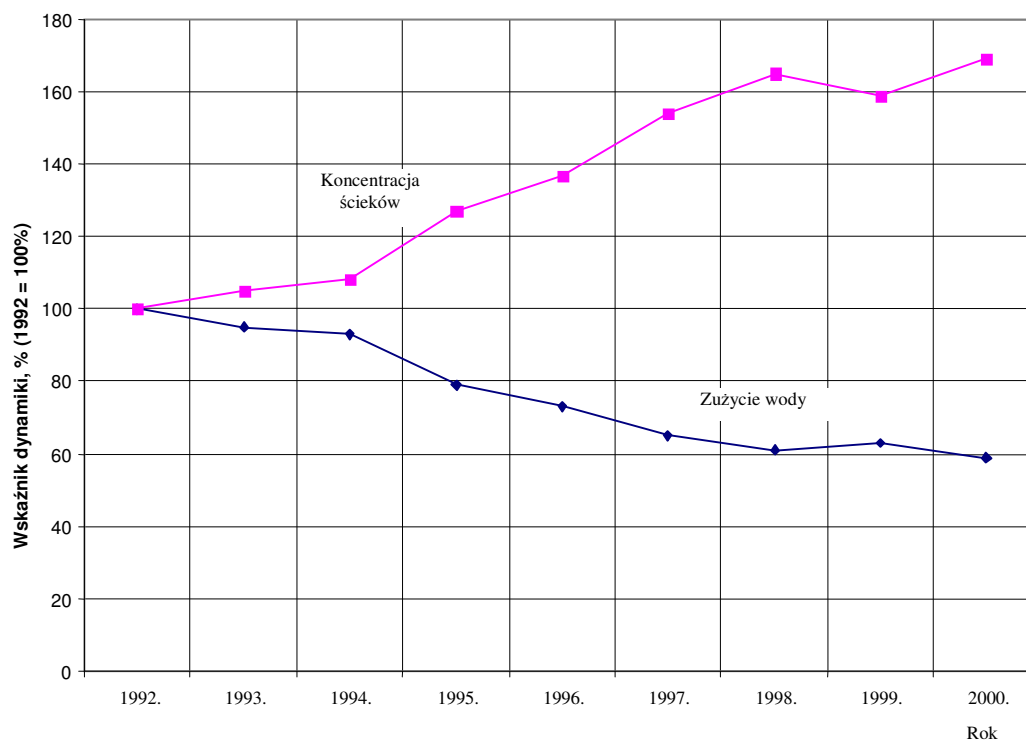


Rys. 1. Zależność granicznego zasięgu zbiorowej kanalizacji od liczby gospodarstw oraz odpowiednich wielkości obciążeń hydraulicznych (określonych przy założeniu średniej liczby 4 mieszkańców w gospodarstwie domowej i wskaźnika odpływu ścieków wg ATV A118 (1984) 5 l/s i 1000 mieszkańców; aktualny poziom wskaźnika jest niższy i wynosi 4 l/s.1000 mieszkańców)

Po początkowym okresie stosowano często rozwiązania oparte na naturalnych procesach (Salomon, 1907; Genzmer, 1924; Die Staddenwässerung, 1934), ostatecznie jednak powszechnie przyjęły się sztuczne

oczyszczalnie ścieków. Są one przynajmniej formalnie najwygodniejszym rozwiązaniem problemu. Szereg spośród stosowanych rozwiązań powoduje jednak powstawanie produktów ubocznych, stanowiących znaczne obciążenie środowiska. Ich eksploatacja nie jest ani tania, ani też prosta. W praktyce konieczny jest zawsze pewien kompromis pomiędzy potrzebami i możliwościami. Problemu „możliwości” nie można sprowadzać do samej realizacji konkretnych obiektów, ale przede wszystkim do kosztów i praktycznych możliwości eksploatacyjnych. Rozwiązaniem pośrednim pozwalającym unikać rozproszenia obiektów mogą być tu układy zbiorcze, jednak opinie na temat celowości ich stosowania są bardzo zróżnicowane (Imhoff, 1982; Roman, 1970).

Bardzo charakterystyczne jest ponowne zainteresowanie modyfikowanymi procesami naturalnymi w Niemczech (Zanieczyszczenia, 1994) oraz ogólna tendencja do unikania tworzenia zbiorowych systemów (Abwassergebühren, 1997; Coburg i in., 2003). Podejmowane działania powinny mieścić się w kategoriach „strategii unikania” (Zanieczyszczenia, 1994), sprowadzającej się do unikania niekorzystnych konsekwencji podejmowanych działań zamiast likwidacji ich skutków. Opłacalność stosowania rozwiązań zbiorowych jest bardzo problematyczna. Jeśli przyjąć jako podstawę oceny francuskie (Wiśniewski, Solecki, Łomotowski, 2003), to długość sieci przypadającej na 1 gospodarstwo domowe nie powinna być dłuższa niż 15 m, stąd w kategoriach ekonomicznych są one opłacalne dla stosunkowo dużych jednostek (rys. 1). Z kolei kryterium Imhoffa (1982) jest bardziej liberalne, ale i tak podawane wartości są znacznie mniejsze niż np. w (Roman, 1970).



Rys. 2. Dynamika wskaźników jednostkowego zużycia wody oraz stężenia ścieków (wyrażonego zawartością zawiesiny) na przykładzie Gdańska

Szczególnym problemem jest zmniejszająca się ilość odpływających ścieków, której towarzyszy równoczesny wzrost koncentracji zanieczyszczeń (w tym zawiesiny) – rys. 2. Szczególnie niekorzystne zmiany występują w mniejszych systemach. Wprawdzie wskaźniki określone zgodnie z normą instalacyjną (PN – 92/B – 01706) są relatywnie wyższe, co wykorzystują niektórzy projektanci, ale jest to nieprawidłowe. Norma dotyczy instalacji domowych, a i tak określone według niej przepływy są co najmniej dwukrotnie zawyżone i wartości z ATV A 118 jako sprawdzone w wieloletniej praktyce są znacznie bliższe rzeczywistości. Stąd ostatecznie wskazane jest unikanie tworzenia długich przewodów o małych przepływach, w efekcie zaś dążenie do lokalnego zagospodarowania ścieków.

## Specyfika polskiej kanalizacji

W polskiej tradycji przyjęło się finansowanie kanalizacji poza środkami lokalnymi. Przez 40 lat (1950 – 1990) w praktyce nie istniała własność komunalna. Wprawdzie ustawa samorządowa (1990) przywraca pojęcie własności komunalnej i pojęcie zadania własnego gminy, to jednak wraz z późniejszą ustawą o gospodarce komunalnej (1996) pozostawiają nadal finansowanie inwestycji różnym formom dotacji. Sytuacja ta nie sprzyjała podejmowaniu racjonalnych decyzji, ponadto duże obiekty postrzegano nierzadko w kategoriach prestiżowych.

W efekcie stosowano kilkukilometrowe kolektory zbiorcze również dla wsi o kilkunastu gospodarstwach. Nie można tu mówić o jakiegokolwiek ekonomicznej zasadności (rys. 1) podejmowanych decyzji. Wyjątkowo niskie przepływy stanowią istotne zagrożenie dla przyszłej eksploatacji sieci i urządzeń. Ponadto bilanse ilości ścieków sporządzane w oparciu o wytyczne z 1966 r., rozporządzenie z 1967 r., a zwłaszcza wytyczne z 1977 r. (również w wersji „oszczędnościowej” z 1990 r.) wielokrotnie zawyżają obciążenia motywując przewymiarowanie rozwiązań. Ostatecznie jednostkowy odpływ ścieków, szczególnie w mniejszych miejscowościach kształtuje się na poziomie poniżej 100 litrów na mieszkańca i dobę. Przyjmowana jako podstawowa wartość (często traktowana w kategoriach „normatywnej”) 200 litrów jest bezzasadna. Równocześnie charakter ścieków jest często bliski ściekom bytowym.

Szereg zastrzeżeń muszą wywoływać plany zagospodarowania przestrzennego pochodzące sprzed wejścia w życie ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym z 1994 r. Sporządzane obecnie opracowania dla całej gminy – strategia i studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego nie są wprawdzie przepisem gminy, ale pozwalają na bardziej obiektywną ocenę istniejącej sytuacji przy zachowaniu wariantowości rozwiązań. Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego (przepis gminy) jest więc dokumentacją wtórną opierającą się na nich, dzięki czemu może być bardziej obiektywny. W oparciu o te opracowania pojawia się obligatoryjna dokumentacja w postaci wieloletniego planu rozwoju i modernizacji wodociągów i kanalizacji (ustawa, 2001), co stwarza przesłanki do rzetelnej oceny problemów i możliwości. Jest to w pełni zgodne z uwagami Bogulskiej (2003) o potrzebie analiz ekonomicznych na etapie sporządzania programów rozbudowy kanalizacji (wymaganych przez prawo ochrony środowiska (2001a)).

Dodatkowy problem stanowią wymagania formalne określone w rozporządzeniu z 1991 r., wprowadzające zaostrzone wymagania w stosunku do ścieków pochodzących od niewielkich emitorów. Realizacja tych wymagań musiała doprowadzić do zaangażowania środków tym. Ostatecznie powstało szereg przewymiarowanych obiektów, nie zawsze dostosowanych do realnych możliwości eksploatacyjnych. Szczególnym problemem jest nieliczenie się z kosztami budowy oczyszczalni w gminach i doprowadzania do nich ścieków. Ponadto w poszczególnych przypadkach mamy do czynienia z podporządkowaniem planowania czynnikowi ambijonalnemu, w tym różnym lokalnym konfliktem.

W efekcie powstają obiekty o technologiach wrażliwych na wielkość obciążenia hydraulicznego o przepustowości 2 ÷ 4 razy wyższej realny dopływ ścieków. Odrębny problem stanowią punkty zlewne przejmujące okresowo stosunkowo duże masy dowiezionych ścieków o wielokrotnie większej koncentracji. Zachowanie wymaganego rozporządzeniem (1991) poziomu zawartości azotu i fosforu wymaga z kolei zmian technologii w istniejących obiektach. Doświadczenia ostatnich lat nie są tu jednoznacznie pozytywne – trzeba się tu zgodzić z opinią autorów opracowania (Wiśniewski i in., 2003), warto pamiętać, że szereg teoretycznie poprawnych koncepcji po prostu nie mogło się sprawdzić w praktyce. Stąd ostatecznie konieczność analiz ekonomicznych na etapie sporządzania programów, interesujące materiały w tym zakresie zawarte są w pracy Bogulskiej (2003).

## Nowe warunki funkcjonowania wodociągów i kanalizacji

Ustawa (2001) o publicznych wodociągach i kanalizacji wprowadziła jednoznaczną komercjalizację funkcjonowania „przedsiębiorstwa” przy równoczesnej zasadzie alokacji kosztów oraz zakazie finansowania skrośnego. Dopuszcza się różne formy funkcjonowania przedsiębiorstwa, zasadniczą rolę odgrywa tu prawo gospodarcze (1999), a wybór formy należy do gminy. „Gmina” występuje zarówno jako pojedyncza jednostka, jak też związek gmin, lub porozumienie międzygminne.

W odróżnieniu od dotychczasowej praktyki i regulacji prawnych wszystkie koszty funkcjonowania – w tym związane z nakładami inwestycyjnymi. Wprowadzono pojęcie niezbędnego przychodu, obejmującego również koszty wynikające z zobowiązań finansowych (spłaty kredytów, koszty obsługi zadłużenia). Nową kategorią jest „zysk” rozumiany jako nadwyżka przychodu w stosunku do wszystkich wydatków. Zgodnie z zapisami ustawowymi zysk jest kategorią powszechną, a nie jak to miało dotychczas miejsce pewną wyjątkowością.

Równocześnie ulega ograniczeniu dostępność środków bezzwrotnych. Bardzo istotna jest jednoznaczna separacja budżetu „gminy” i „przedsiębiorstwa”. To ostatnie uzyskuje samodzielność finansową, również jeżeli jest powiązane z gminą, czy nawet jej strukturą. Ponadto to przedsiębiorstwo praktycznie ma kształtować politykę cenową, uprawnienia gminy są ograniczone do sprawdzenia prawidłowości kalkulacji. Wszelkie ulgi i zwolnienia muszą być rekompensowane w sposób jawny z budżetu gminy. Ostatecznie więc wszelkie koszty związane z zaopatrzeniem w wodę oraz odprowadzaniem ścieków pokrywają sami mieszkańcy. Sytuacja budżetowa polskich gmin raczej wyklucza możliwość poważniejszego dofinansowania z tych środków.

W tej sytuacji problem akceptowalności kosztów działalności, w tym redukcja obciążeń budżetów gmin, staje się szczególnie ważny. Konieczna staje się więc zmiana dotychczasowych zasad postępowania. Planowane działania muszą być podporządkowane rzeczywistym możliwościom. Naturalną konsekwencją wydaje się tu być preferowanie w dopuszczalnych granicach działań pozwalających na rozwiązanie problemów przez poszczególnych mieszkańców.

Wprowadzone nowe (2002) rozporządzenie określające warunki, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego zmieniło zasadniczo dotychczasową (analogiczne rozporządzenie z 1991 r.) w tym zakresie. Zasadnicze znaczenie ma tu urealnienie wymagań w stosunku do mniejszych oczyszczalni ścieków (Wiśniewski i in., 2003). Można dyskutować, czy rzeczywiście dotychczasowe regulacje (1991) należy klasyfikować jako „szkodliwe społecznie”, jednak przemawia za tym stan polskich oczyszczalni ścieków.

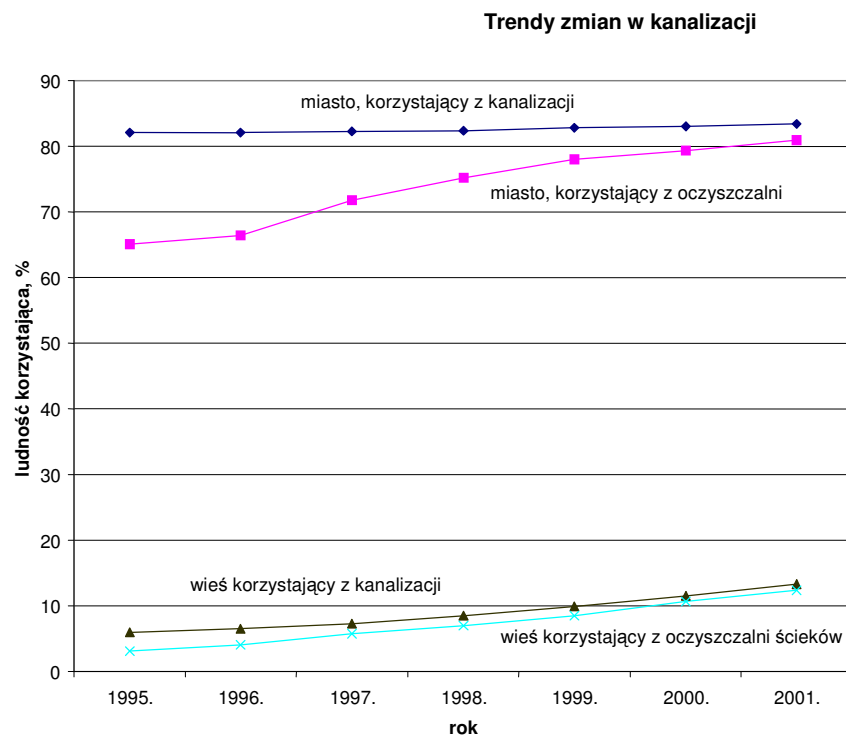
Liberalizacja przepisów odnosi się m.in. do zawartości związków biogenych. Zamiast dotychczasowych ulg dla jednostkowej wydajności do 5 m<sup>3</sup>/d (tj. nominalnie 25, a w rzeczywistości ok. 50 mieszkańców równoważnych) przyjęto jako podstawową granicę 2000 mieszkańców równoważnych (co jest zresztą zgodne z dyrektywą RWE). Przy tym poszczególne wymagania są uzależnione od wielkości jednostki osadniczej i różne ulgi stosuje się również w większych obiektach (Dąbrowski, 2003).

Wprowadzone zmiany (2002) urealniają formalne wymagania dostosowując je do rzeczywistych możliwości technicznych i ekonomicznych, jednak sam problem emisji związków biogenych pochodzących od niewielkich emitorów pozostaje nadal aktualny. Jego rozwiązanie metodami klasycznymi jest bardzo problematyczne.

## Oczyszczanie ścieków

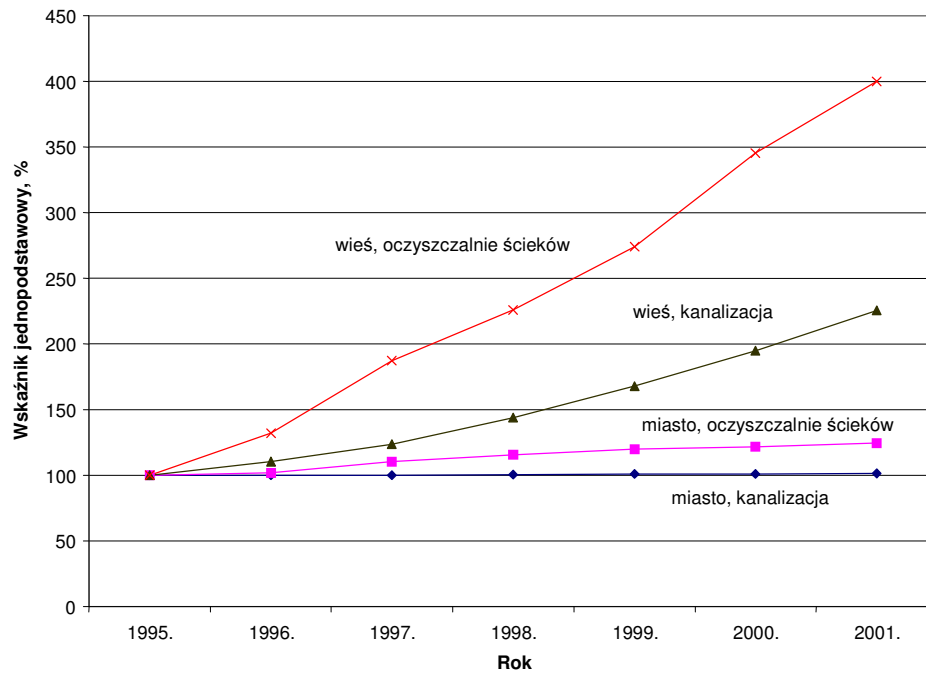
Rozwój kanalizacji w Polsce nie następował rytmicznie. Niezależnie od szerokich programów inwestycyjnych przez wiele lat w kanalizacji ograniczano się do samej „rury”, natomiast wyraźnie lekceważono oczyszczanie ścieków. Po 1990 r. przystąpiono do skuteczniejszej realizacji oczyszczalni ścieków. Obecnie z sieciowych systemów kanalizacji korzysta ponad 54% ludności Polski (tab. 1), natomiast z oczyszczalni niespełna 55%. Pewna dysproporcja jest efektem znaczącego udziału ścieków dowożonych – oczyszczanych jest niespełna 84% ścieków odprowadzanych kanalizacją.

Bardzo charakterystyczne są dysproporcje występujące pomiędzy „miastem” i „wsią” – proporcja wartości wskaźnika korzystania wynosi tu odpowiednio dla kanalizacji 6,3:1, a dla oczyszczalni ścieków 6,5:1. Jednak niezależnie od tej dysproporcji widać jest jednoznaczną poprawę (rys. 3). Analiza wskaźników dynamiki (rys. 4) wskazuje, że o ile w okresie 6 lat (1995 ÷ 2001) liczba mieszkańców miast korzystających z kanalizacji wzrosła o niespełna 2%, a z oczyszczalni ścieków o 24%, to w przypadku wsi analogiczne wartości wynoszą odpowiednio aż 125% i 300%. Jednoznacznie wynika stąd, że wysiłek inwestycyjny ostatnich lat skupił się na obiektach wiejskich. Pomimo tego postępu nie uzyskano oszałamiających rezultatów – z kanalizacji sieciowej korzysta nieco ponad 13% mieszkańców, a z oczyszczalni ścieków – ponad 12%.

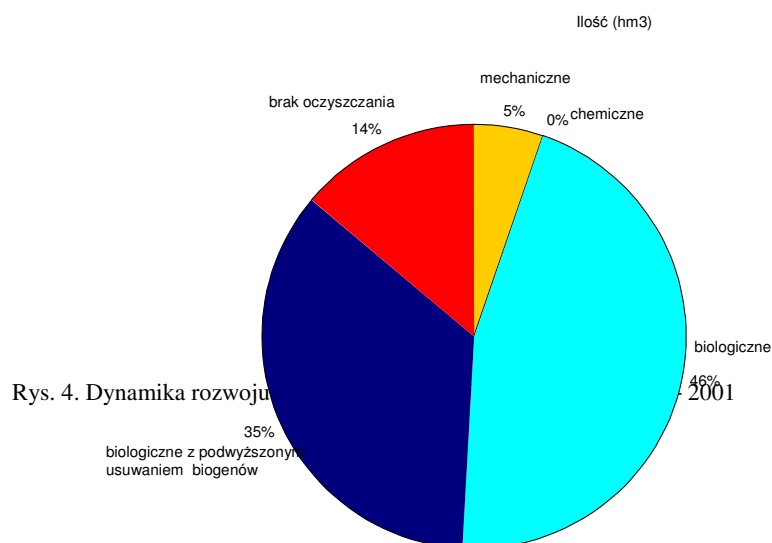


Rys. 3. Trendy zmian korzystania z kanalizacji i oczyszczalni ścieków w latach 1995 ÷ 2001

### Korzystanie z kanalizacji i oczyszczalni ścieków (1995 = 100%)



Bardzo charakterystyczna jest struktura oczyszczalni ścieków (rys. 5) – wbrew dotychczasowej tradycji przez oczyszczalnie mechaniczne przechodzi jedynie ok. 5% ścieków. Biologicznemu oczyszczaniu podlega 46% ścieków, biologicznemu z podwyższonym usuwaniem biogenów – 35%, pozostaje jednak rzeczą otwartą do jakiego stopnia oczyszczanie to jest skuteczne. Co najmniej niektóre spośród stosowanych w Polsce rozwiązań można traktować jako dyskusyjne. Występują tu również charakterystyczne dysproporcje (Wiśniewski i in., 2003) – przy średnim wskaźniku korzystania z oczyszczalni przez ludność miejską 80,9% wskaźnik dla miast liczących poniżej 2000 mieszkańców wynosi 55,2 %, a dla miast o zaludnieniu w granicach 2000 ÷ 5000 – 63,0%. Jednak i tak uzyskano znaczący postęp w stosunku do 1996 r. – odpowiednio ponad 48% i niespełna 63%, wobec średniej dla miast ok. 24%.



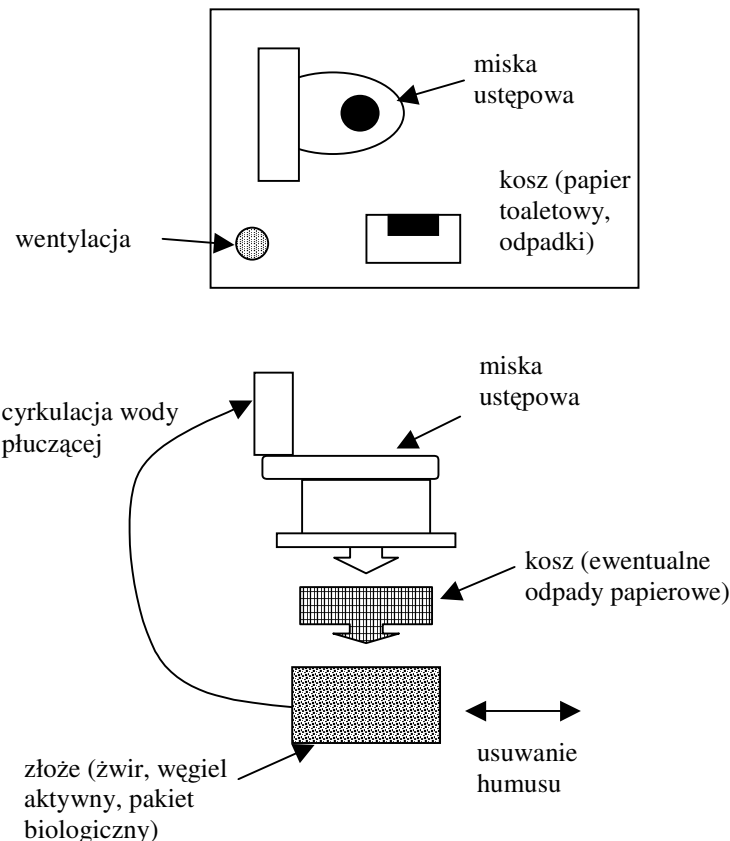
Rys. 4. Dynamika rozwoju

Rys. 5. Struktura polskich oczyszczalni ścieków (2001) wg technologii

Trzeba jednak pamiętać o dość wyraźnym lekceważeniu dużych miast – oczyszczalnie ścieków nie obejmują co najmniej znaczącej części mieszkańców szeregu spośród dużych polskich aglomeracji (w tym największych). Ostatecznie ogólny efekt w postaci poprawy stanu wód powierzchniowych może w pełni odpowiadać poniesionym nakładom. Ponadto pozostaje otwarty problem bezpiecznego zagospodarowania osadów powstających w trakcie oczyszczania ścieków, realizowanego w dużym stopniu w oparciu o technologię osadu czynnego. Jest to zagadnienie nadal nie do końca rozwiązane i bardzo kosztowne – oszacowanie podane przez Łomotowskiego (2003) jako 50 – 100% kosztu samych urządzeń do oczyszczania jest i tak nadmiernie optymistyczne.

Problem nie ogranicza się do samej obróbki osadu w granicach oczyszczalni, późniejsza faza (kompostowanie, spalanie itp.) wiąże się z dalszymi kosztami, a efekt i tak dość jest ogólnie mówiąc problematyczny. Ponadto regulacje europejskie w praktyce od 2005 r. zabraniają dotąd popularnego deponowania osadów w składowiskach. Powstaje więc dodatkowy problem zagospodarowania już istniejących osadów, a zagadnieniem strategicznym staje się ograniczenie do minimum masy powstających osadów.

Uzyskane osiągnięcia są istotne, jednak na skutek lekceważenia elementu ekonomicznego, niewłaściwego wymiarowania obiektów oraz zbyt dużych wymagań rozporządzenia z 1991 r. powstałe rozwiązania są często nadmiernie kosztowne (por. Bogulska, 2003; Dąbrowski, 2003; 3 Łomotowski, 2003; Wiśniewski i in., 2003). Urynkowanie gospodarki komunalnej, czego ostatecznym wyrazem są regulacje zawarte w ustawie z czerwca 2001 r., powoduje, że wszystkie koszty będą musieli pokrywać sami mieszkańcy. Ostatecznie chodzi tu o wydatki zbyt wysokie nawet dla gmin niemieckich (Abwassergebühren, 1996; Coburg i in., 2002; Zanieczyszczenia, 1994), stąd kontynuacja dotychczasowej polityki nie wydaje się być realna.



Rys. 6. Biotoaleta w wersji początkowej (rozwiązanie z lat 80 – tych)

Bardzo może tu by region warmińsko – mazurski, obszar o wyjątkowych walorach naturalnych, których zachowanie jest podstawowym warunkiem dalszego rozwoju. Wprowadzie już w starych granicach

województwa olsztyńskiego (Pstrągowska, 1999) było stosunkowo nieźle zaopatrzone w oczyszczalnie ścieków (282, z czego 31% mechanicznych, 66% mechaniczno – biologicznych i tylko 3% przystosowanych do redukcji związków biogenych), to jednak stopień korzystania z sieci kanalizacyjnej poza miastami był stosunkowo nieduży.

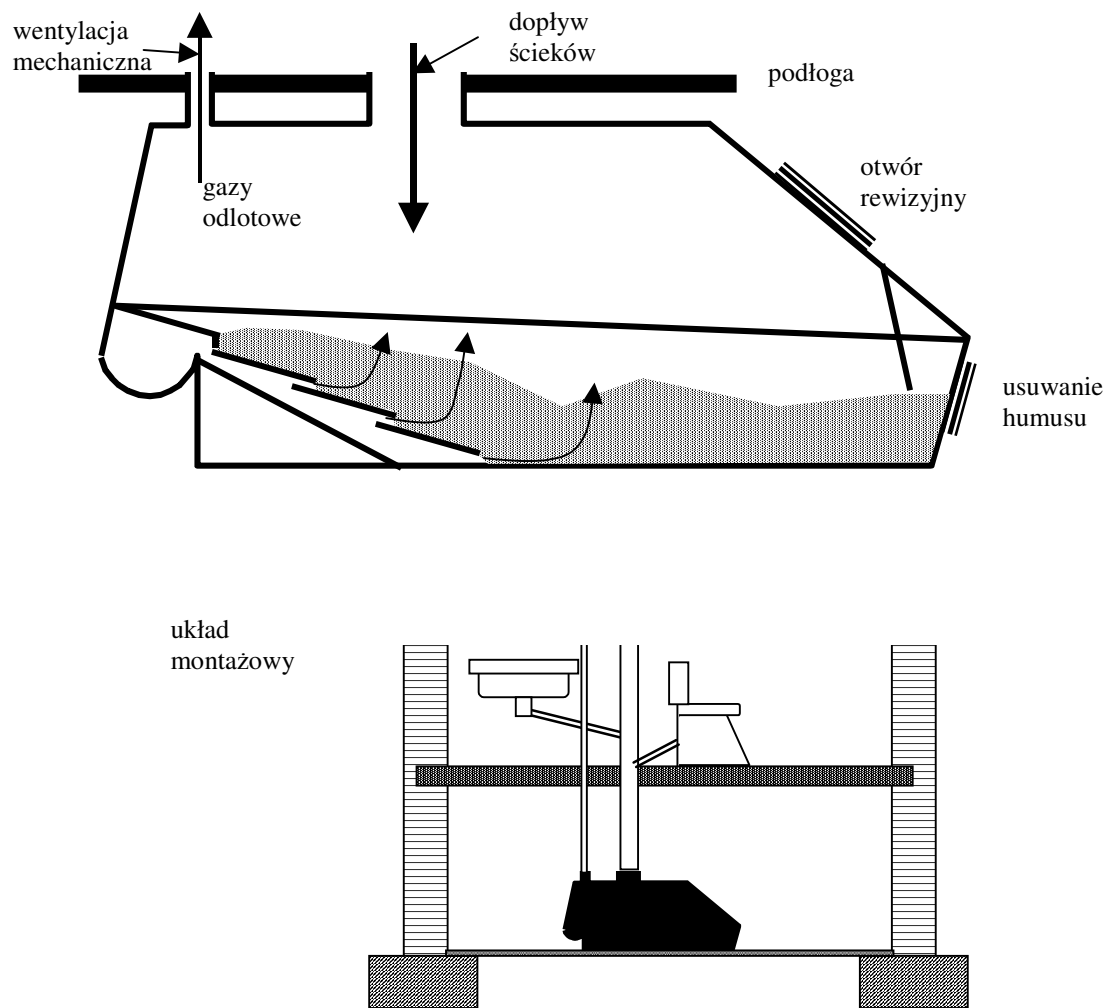
Według stanu na 2001 r. (za Wiśniewski i in., 2003) na obecnym obszarze województwa nastąpiły korzystne zmiany – jednostkowa długość kanalizacji wynosi 1,8 m/M (średnia krajowa nieco ponad 1,4 m), na 1 przyłączy przypada nieco ponad 32 mieszkańców (średnia krajowa 31), inne wskaźniki nie odbiegają również od średnich, w tym struktura technologiczna oczyszczalni. Jednak w obecnych realiach trudno jest oczekiwać na dalszą rozbudowę tradycyjnych rozwiązań zbiorowych. Rozproszony charakter zabudowy i szczególne wymagania jakościowe (jeziora – łatwość zanieczyszczenia, walory rekreacyjne), a w efekcie zwiększone potrzeby w zakresie oczyszczania ścieków powodują iż formalne wymagania rozporządzenia (2002) nie są tu wystarczające.

Przy obowiązujących zasadach finansowania inwestycji komunalnych (ustawa, 2001) trudno jest oczekiwać, aby użytkownicy byli w stanie pokryć koszty relatywnie dużych inwestycji oraz późniejszej eksploatacji obiektów. Zastosowanie bezodpływowych zbiorników i wywozu ścieków do oczyszczalni jest również problematyczne ze względów ekologicznych i ekonomicznych. W tej sytuacji na szczególną uwagę zasługują odpowiednio efektywne rozwiązania alternatywne.

### **Alternatywne zagospodarowanie ścieków**

Alternatywne zagospodarowanie ścieków powinno uwzględniać procesy o minimalnych potrzebach w zakresie obsługi oraz niewielkiej energochłonności. Polega ono na doprowadzeniu ścieków do postaci pozwalającej na ich odprowadzenie do odbiornika, przy czym preferowany jest tu odbiornik gruntowy, jako stanowiący dodatkową ochronę eliminującą mogące przedostać się do środowiska produkty szkodliwe oczyszczania. Oczyszczanie na ogół sprowadza się do metod mechanicznych, ewentualnie wspomaganych przez specjalne pakiety biologiczne. Dość często stosowana jest dodatkowo filtracja przez odizolowaną (geomembrany) od środowiska warstwę gruntu naturalnego względnie sztucznego. Problem fosforu może być rozwiązany przez wprowadzenie stopnia chemicznego.





Rys. 7. Biotoaleta odbierająca ścieki mieszane (na przykładzie szwedzkiej TT)

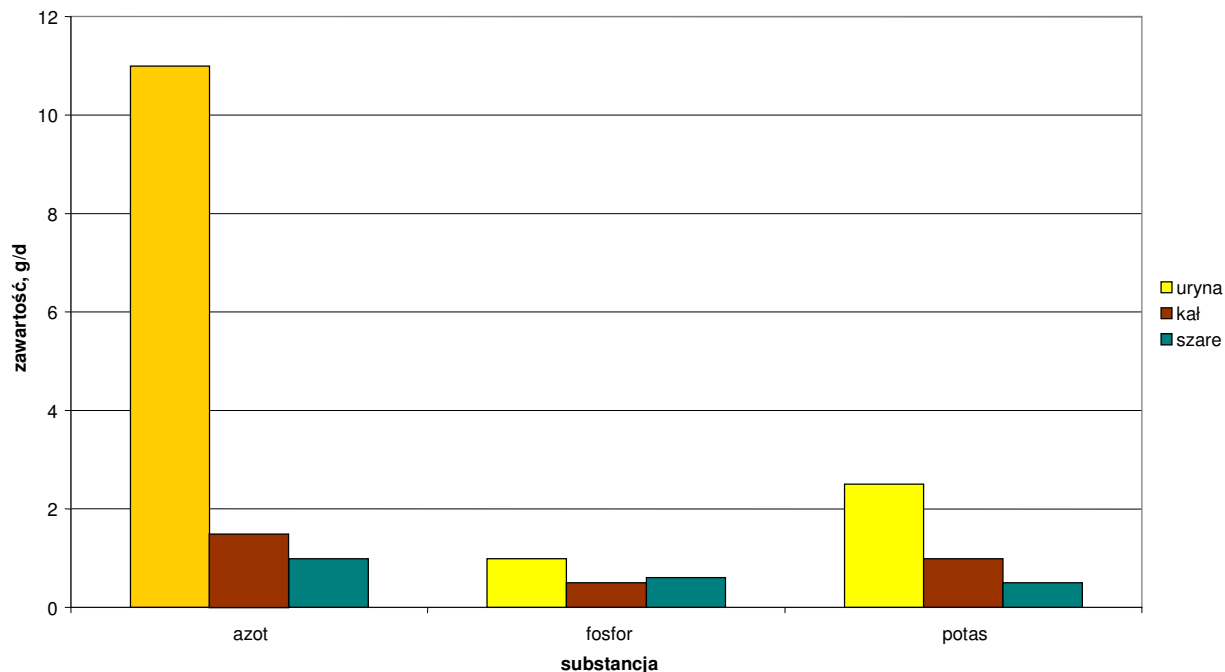
Do rozwiązań alternatywnych należą również oczyszczalnie roślinne – systemy korzeniowe (Obarska – Pempkowiak, 2002). Wykorzystują one trzciny i wikliny i jako takie stanowią konkurencję dla układów zbiorczych i tradycyjnych oczyszczalni grupowych. Jednak celowość ich stosowania jest ograniczona i konieczne jest spełnienie dodatkowych warunków.

Kolejną grupę urządzeń alternatywnych stanowią biotoalety. Działanie biotoalety polega na przetworzeniu frakcji stałych (kał, niekiedy odpady kuchenne) na humus. Frakcje płynne (ścieki „żółte” – mocz, ścieki szare) mogą być odparowane, względnie inaczej wykorzystane. W wersji klasycznej (rys. 6) biotoaleta przeznaczona jest tylko do przyjmowania fekaliów z obiektów sezonowo czynnych. Nowsze rozwiązania pozwalają na przyjmowanie odpływu również z innych przyborów (rys. 7), jednak w układzie „klasycznym” są to ścieki wymieszane (stałe i ciekłe, szare i żółte z czarnymi). Równocześnie same urządzenia nadają się do działania w obiektach całorocznych, w tym w mieszkalnictwie (do 4 – 5 mieszkańców).

Wspólną cechą pierwotnych rozwiązań jest konieczność zgrupowania urządzeń w bezpośrednim sąsiedztwie ustępu. W warunkach przeciętnej zabudowy pojawia się problem charakterystycznej „smugi cienia”, przez co korzystanie z klasycznego rozwiązania może wiązać się z pewnym ograniczeniem komfortu. Problem ten rozwiązują współczesne biotoalety o podwyższonym standardzie, w tym zwłaszcza uwzględniające separację moczu (ścieki „żółte”) i kału (ścieki „czarne”). Mogą one w różnym stopniu pracować w różnych wariantach – dla obiektów sezonowych i całorocznych, budynków jednorodzinnych i wielorodzinnych, budynków

mieszkalnych oraz innego przeznaczenia. Poszczególne elementy biotoalety mogą współpracować również z siecią kanalizacyjną realizując określone zadania.

#### Wartości odżywcze ścieków bytowych



Rys. 8. Zawartość substancji odżywczych w ściekach bytowych

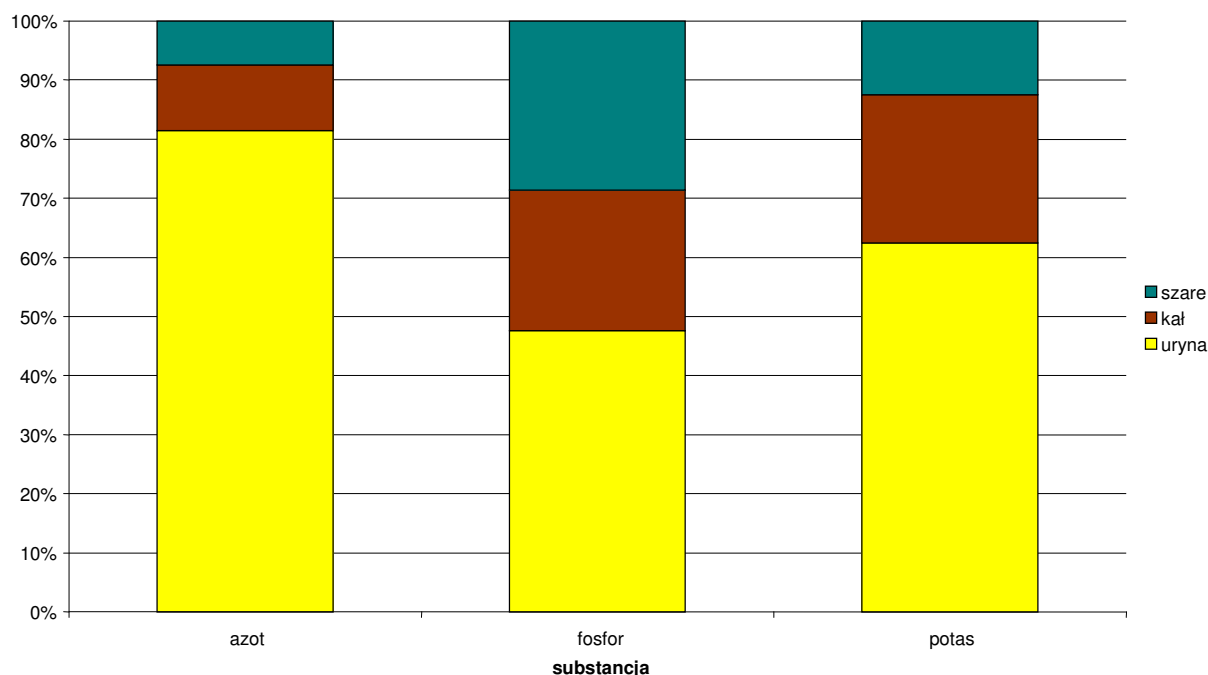
#### Separacja moczu

Koncepcja separacji moczu opiera się na jego szczególnych właściwościach. Mocz jako taki stanowi jedynie ok. 1% objętości ścieków bytowych, równocześnie jednak zawiera on bardzo znaczące domieszki substancji odżywczych (rys. 8). Na podstawie wyników badań wykonywanych w Szwecji ocenia się (rys. 9), że w moczu znajduje się 80% wydalanego azotu, ok. 50% fosforu i ponad 60% potasu. Ponadto 80 – 100% zawartego w moczu azotu to azot amonowy, w konsekwencji wartość nawozowa moczu jest wysoka. Teoretycznie wartość nawozowa 105 kg azotu z moczu odpowiada 100 kg jako nawozu sztucznego, natomiast uwzględniając straty techniczne w trakcie nawożenia przez polewanie będzie to 90 kg.

Równocześnie mocz zawiera dodatek szeregu bardzo potrzebnych mikroelementów, normalnie trudno dostępnych. W moczu koncentrują się związki mineralne, natomiast mikroorganizmy występują głównie w kale. Zgodnie z wynikami dotychczasowych analiz (badania szwedzkiego Instytutu Zapobiegania Epidemiom) mocz jako taki nie stanowi zagrożenia sanitarnego, zasadnicze znaczenie ma tu separacja moczu i kału. Problem zanieczyszczenia moczu wiąże się z jego zmieszaniem z kałem, czy też nadmiernym rozcieńczeniem. Wykonane badania wskazują, że niepożądane są już 3 – 4 krotne rozcieńczenia.

Dla spełnienia powyższych warunków mocz powinien być od razu odbierany (rys. 10) i następnie przechowywany w odpowiedni sposób. Praktykowana w niektórych rozwiązaniach separacja frakcji płynnej już po zmieszaniu jest niewskazana ze względu na to, że ma miejsce już po skażeniu moczu. W aspekcie sanitarnym wykorzystanie takiego moczu jako gnojówki jest co najmniej bardzo problematyczne.

### Uryna jako źródło substancji odżywczych



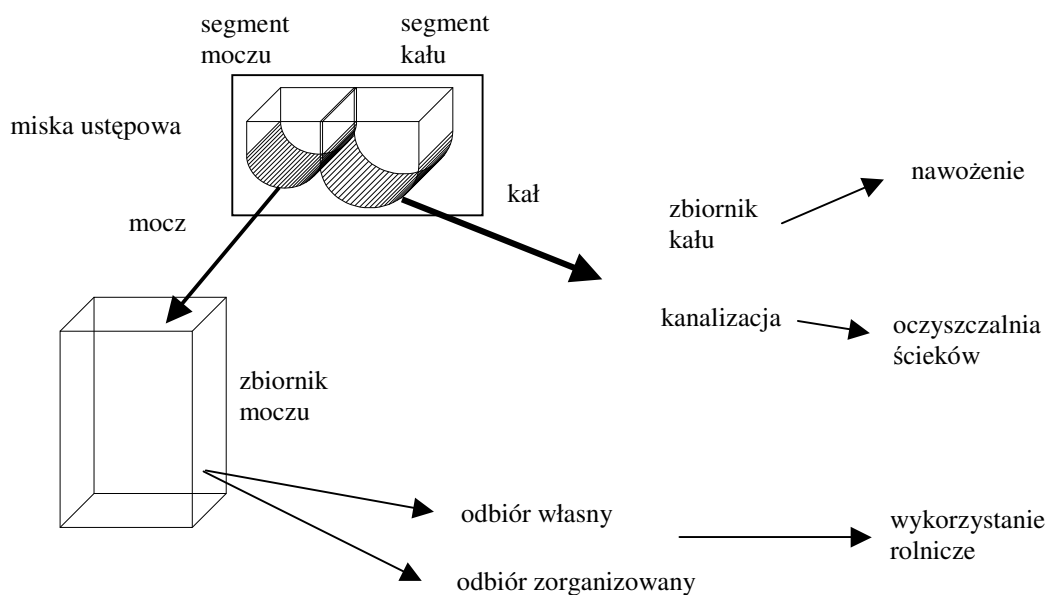
Rys. 9. Pochodzenie poszczególnych substancji

Dla potrzeb bezpiecznego gromadzenia i wykorzystania moczu mogą być wykorzystane specjalne zbiorniki o objętościach dochodzących do kilkudziesięciu m<sup>3</sup> (rys. 11) na ogół podziemne. Mocz jest przechowywany w dwóch kolejno napełnianych komorach. Komory są przykryte przesuwającymi się w miarę napełniania (opróżniania) pokrywami, stan napełnienia pokazują specjalne wskaźniki. Po uzyskaniu całkowitego napełnienia jednej komory ręcznie podłącza się przewód do końcówki następnej komory. Zbiorniki są odpowietrzane, przy czym zarówno niski stopień rozcieńczenia moczu, jak też obecność pokryw (mocz stykając się bezpośrednio z tlenem atmosferycznym zmienia swoje korzystne właściwości) powodują, że z odpowietrzeń (montowanych na wysokości kilkudziesięciu cm) nie wydobywają się żadne odory. Nawet przy temperaturach na poziomie +30°C zapach moczu jest niewyczuwalny.

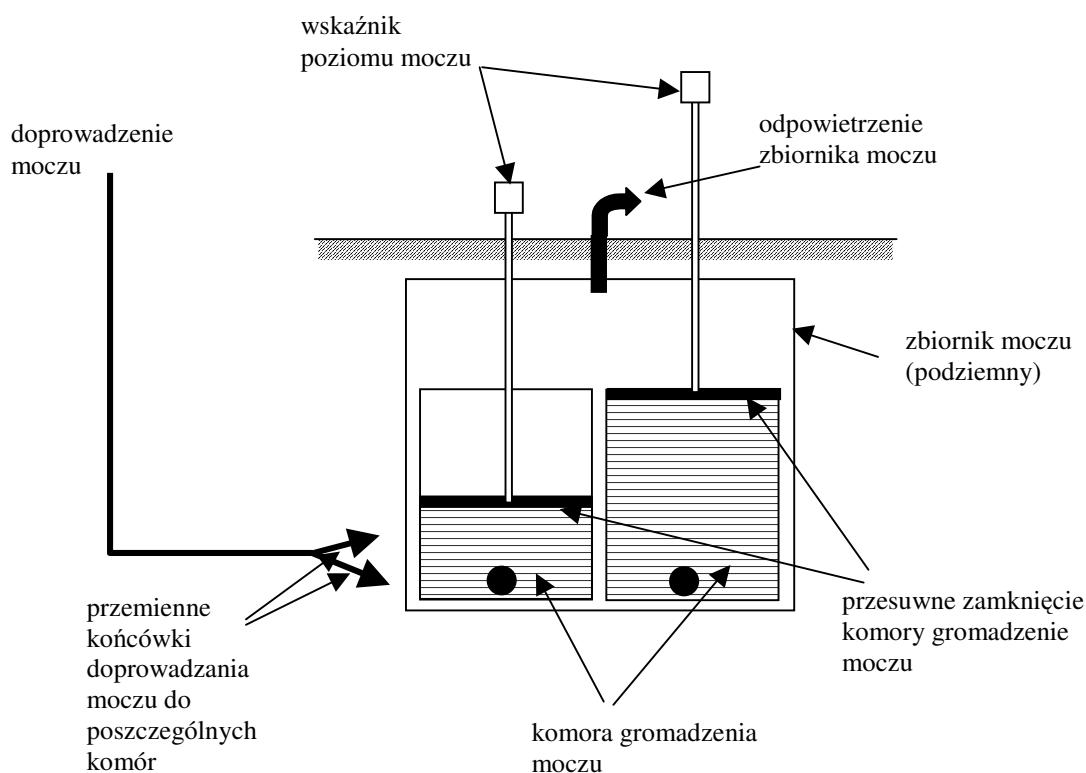
Mocz wypompowywany jest ze zbiorników i następnie (po rozcieńczeniu wodą w stosunku 1:1) wykorzystywany jako gnojówka. Dotychczasowe doświadczenia wskazują na bardzo dużą skuteczność nawożenia moczem. Wykorzystanie odpowiednio separowanych frakcji płynnych i stałych pozwala wykorzystać nie mniej niż 70% fosforu i 50% azotu. Praktyczną redukcję fosforu ocenia się na 90%, a BZT również na 90%.

### Separacja kału

Kał jako źródło stosunkowo dużego zagrożenia bakteriologicznego wymaga w przypadku wykorzystania rolniczego odpowiedniego postępowania. Wskazane jest jego przedłużone kompostowanie i np. dla biotoalet firmy BB Innovation & Co AB (system DUBLETT®) zaleca się kompostowanie przez ok. dwa lata, w pierwszym etapie w specjalnym dwukomorowym zbiorniku (rys. 12). Czas wypełniania pierwszej komory wynosi ok. 6 miesięcy. Po jego upływie komory są obracane i rozpoczyna się napełnianie drugiej komory, korzystne jest dodanie do pojemnika warstwy wiórów drewnianych. Po upływie roku pierwsza komora (ostatecznie wypełniona w 30 – 50%) jest opróżniana. Aczkolwiek prefermentowany kał może być od razu wykorzystywany jako nawóz wskazane jest, aby wydobyty materiał był kompostowany jeszcze przez ok. 1 roku.



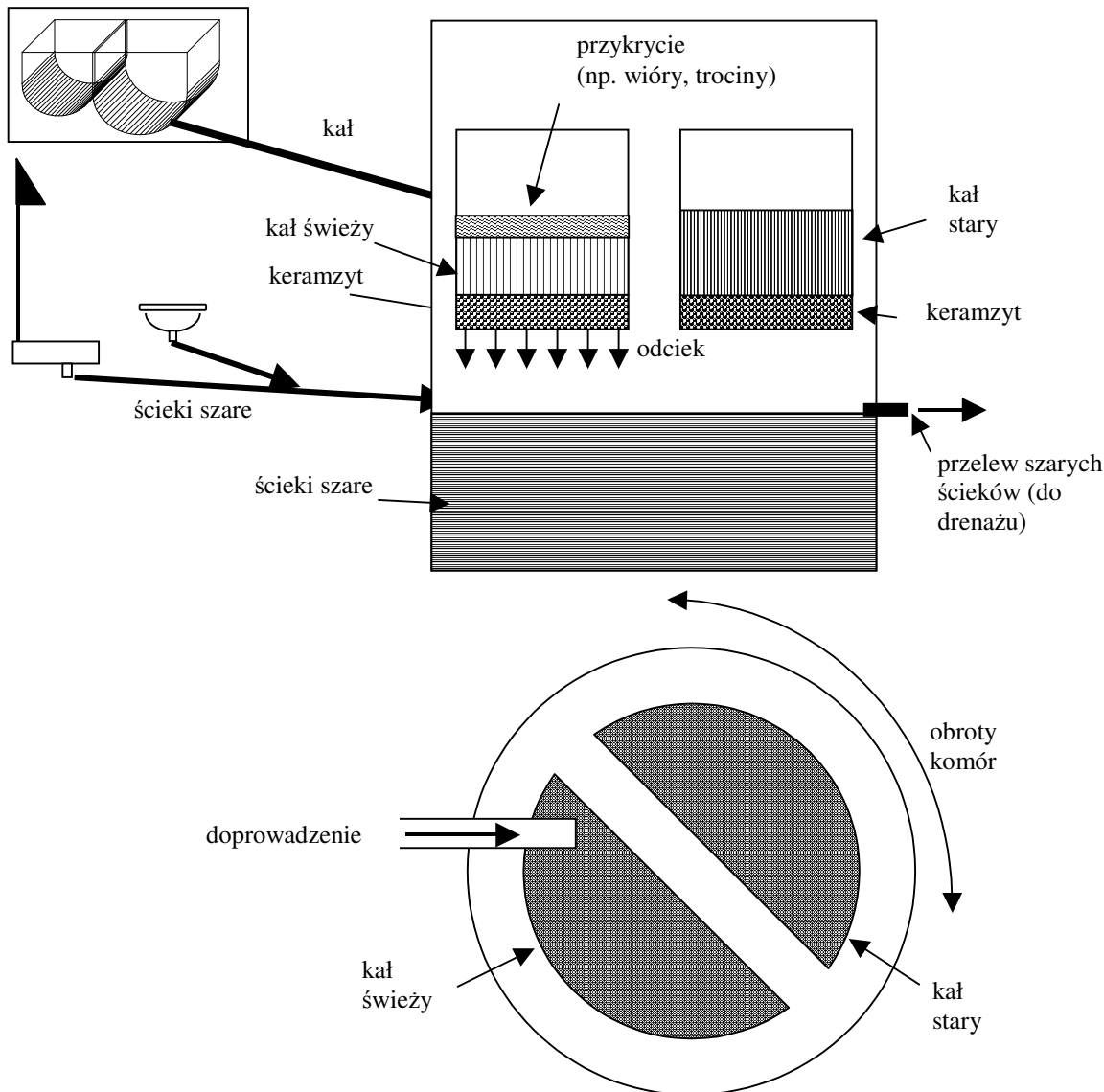
Rys. 10. Ogólna zasada separacji moczu i kału



Rys. 11. Przykład rozwiązania zbiornika do przechowywania moczu na podstawie materiałów firmy BB Innovation & Co AB (system DUBLETT®)

W przypadku, gdy kał odprowadzany jest do kanalizacji miejskiej separacja moczu (ok. 1% objętości) nie odgrywa zasadniczego znaczenia dla obciążeń hydraulicznych. Jednak zatrzymanie moczu na etapie separacji w bardzo istotny sposób obniża zawartość związków biogenych. Ostatecznie sam proces oczyszczania jest łatwiejszy, ponieważ od razu redukowane są te substancje i nie jest konieczna odpowiednia rozbudowa

urządzeń. W polskich realiach jest to zagadnienie szczególnie istotne ze względu na stan techniczny obiektów (Wiśniewski i in., 2003) oraz dużą liczbę małych emitorów ścieków.



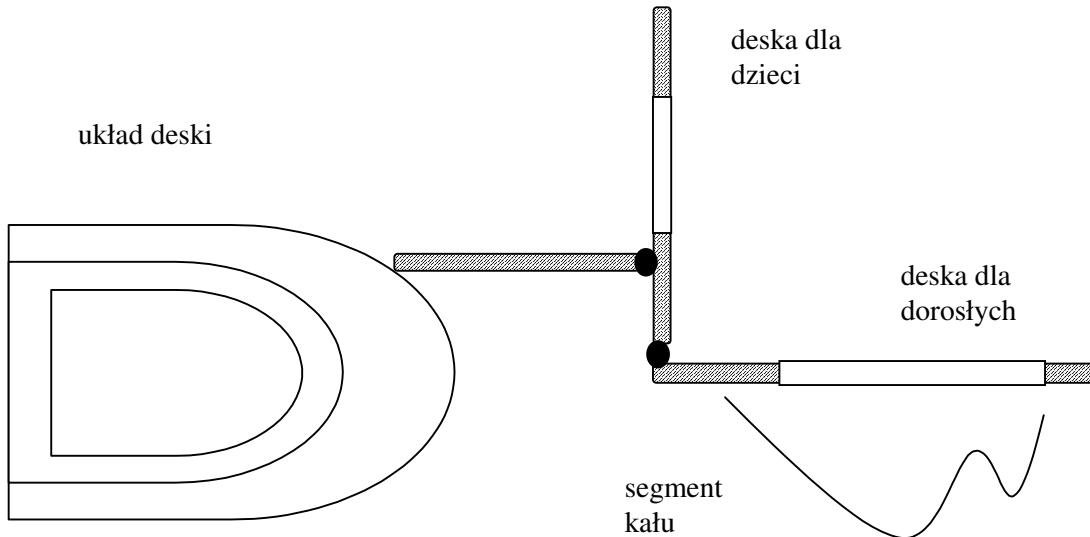
Rys. 12. Zbiornik do przechowywania kału na przykładzie rozwiązania firmy BB Innovation & Co AB (system DUBLETT®)

Wprowadzone obowiązujące rozporządzenie (2002) jest liberalne w sprawie emisji biogenów przez małe obiekty, jednak nie można lekceważyć efektu kumulacji i ostatecznie eutrofizacji jezior. Wczesna separacja i rolnicze wykorzystanie moczu jest tu jakimś sposobem przeciwdziałania. Skuteczna separacja moczu i kału może być uzyskana poprzez właściwą (dostosowaną do warunków anatomicznych) konstrukcję miski oraz deski ustępowej. W desce podwójnego przeznaczenia znajduje się oddzielny otwór dla dorosłych i oddzielny dla dzieci (rys. 13). Dla niektórych rozwiązań stosowane jest specjalne podgrzewanie desek montowanych w pomieszczeniach zimnych.

### Biotoaleta sucha

Sucha biotoaleta (rys. 14) polega na separacji moczu (trafiającego do zbiornika, następnie wykorzystywanego jako gnojówka lub po rozcieńczeniu wodą bezpośrednio do polewania) i kału (zrzucanego do specjalnego

wiadra z foliowym workiem). Pojemnik w którym zainstalowane jest wiadro (postument toalety) musi być specjalnie wentylowany. Samo wiadro jest odizolowane od otoczenia przez specjalną przysłonę napinaną przez przycisk pod deską ustępową. Wiadro ustawiane jest na obrotowej podstawie poruszanej mechanizmem sprężynowym – specjalny przycisk jest zainstalowany na zewnątrz i powinien być uruchamiany użyciu toalety.



Rys. 13. Ogólna zasada działania suchej biotoalety

Po wypełnieniu wiadra (standardowy zbiornik powinien wystarczyć dla 4 osób na okres ok. 2 tygodni) kał usuwany jest na stanowisko kompostowania, producent zaleca kompostowania przez ok. 6 miesięcy. Jednak nie wydaje się, aby był to dostatecznie długi okres dla likwidacji potencjalnych zagrożeń. Ponieważ to właśnie w kale koncentrują się mikroorganizmy wskazane jest wydłużenie okresu do co najmniej roku – dwóch lat. Dla usprawnienia procesu kompostowania można dodawać wióry drewniane, czy też wprowadzanie dżdżownic.

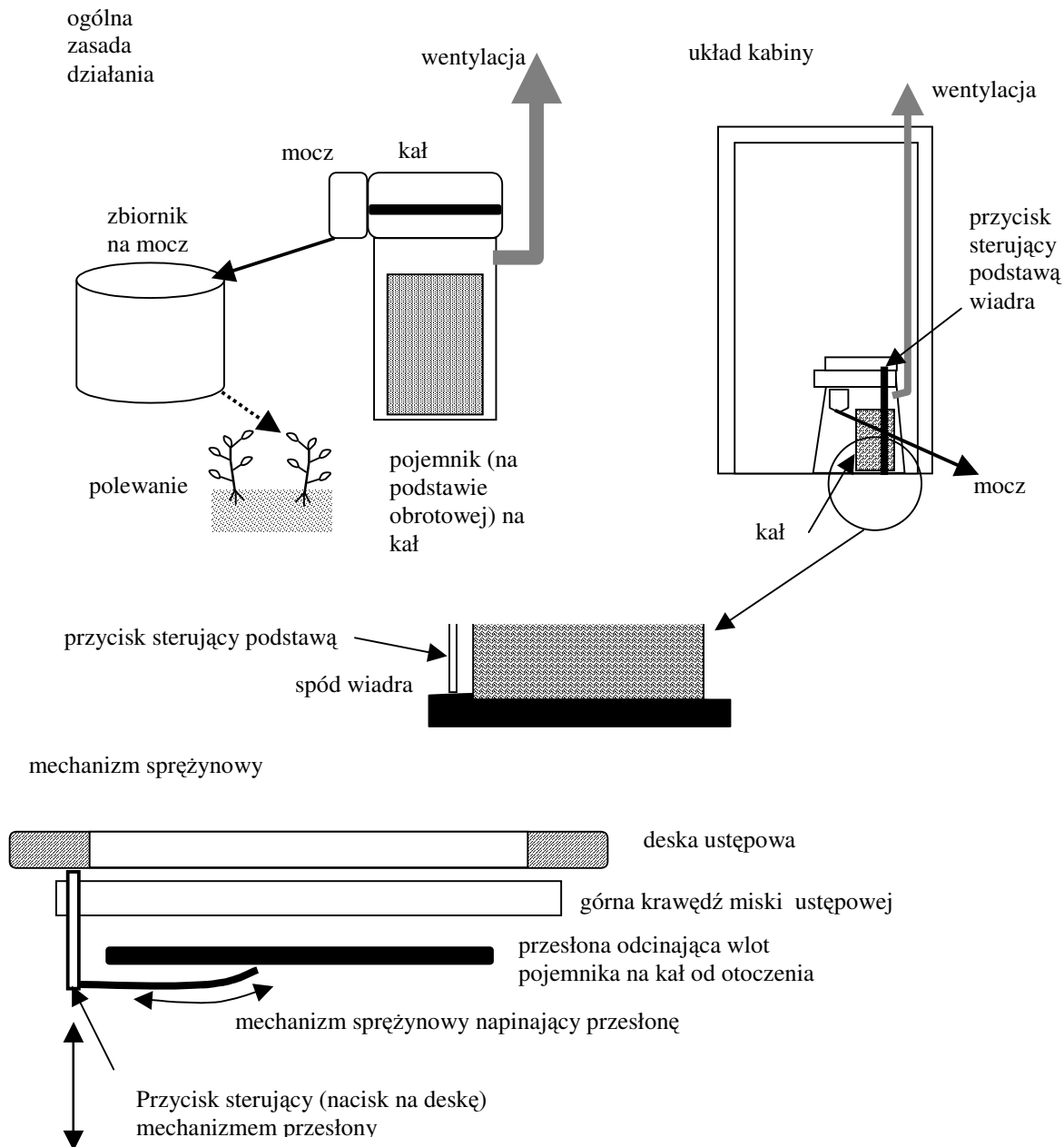
Ochrona otoczenia przed wyziewami z toalety wymaga sprawnie działającej wentylacji wywiewnej postumentu w którym znajduje się wiadro na kał. W standardowym rozwiązaniu używane są cichobieżne wentylatory o niewielkim poborze mocy (można np. wykorzystać akumulator 12 V, baterie klasyczne lub słoneczne). Niezależnie od przydatności dla obiektów wykorzystywanych sezonowo nie wydaje się, aby biotoaleta sucha była najlepszym rozwiązaniem dla stałego wykorzystania. Jej specyficzne wymagania powodują pewne obniżenie komfortu, użytkowanie w warunkach miejskich staje się co najmniej kłopotliwe, w budownictwie wielorodzinnym niemożliwe.

### Biotoaleta mokra

Biotoaleta spłukiwana (rys. 15) jest rozwiązaniem opartym na dwóch niezależnych układach – spłukiwanym moczowym i spłukiwanym kałowym. Muszą to być dwie całkowicie niezależne od siebie konstrukcje, ponieważ w innej sytuacji separacja nie będzie konsekwentna. Zwykle przegrodzenie miski nie ma sensu, ponieważ nie stanowi ono wystarczającej ochrony przed zmieszaniem kału i moczu (rys. 14 i 15).

Zbiornik wody płuczącej jest zbudowany z dwóch niezależnych segmentów – spłukiwania kału i spłukiwania moczu. Skuteczne spłukanie moczu wymaga minimalnej dawki wody – w granicach 0,3 litra/ litr uryny, co odpowiada jednorazowej dawce 0,2 litra (szklanka wody) i równocześnie przeciwdziała nadmiernemu rozwodnieniu moczu w cysternie.

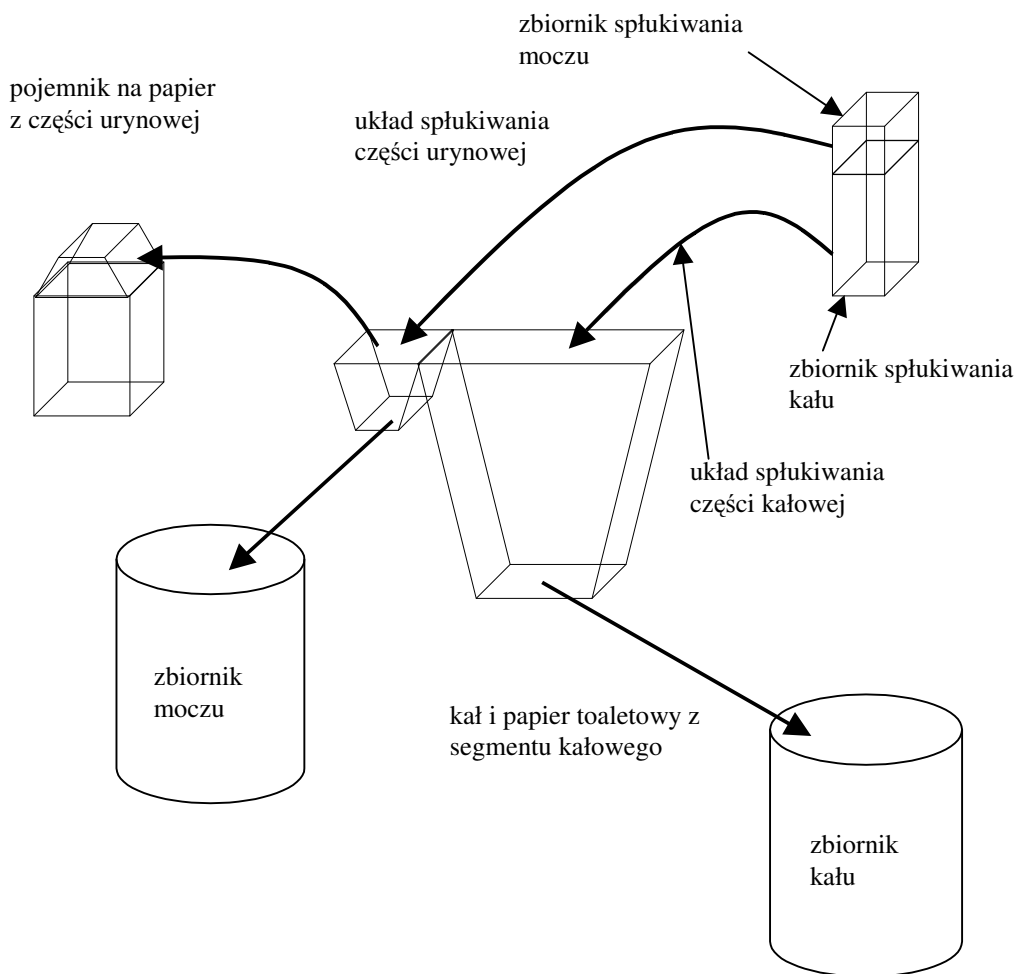
Oddzielony kał wraz z własną wodą płuczącą służy do cysterny (rys. 12) z dwoma zbiornikami z blach perforowanych. W dolnej części każdej komory znajduje się warstwa filtracyjna (keramzyt). Poprzez filtrację następuje ostateczna separacja frakcji suchej i mokrej, odcieki służy do dolnej części komory przeznaczony dla ścieków szarych. Trafiają do niej wody z pozostałych przyborów i systematycznie odprowadza się je drenażem do gruntu. O tym, że separacja jest skuteczna świadczy to, że przez okres kilkuletniej eksploatacji obiektu ani razu nie było potrzebne usunięcie osadu z komory ścieków szarych.



Rys. 14. Deska sedesowa dla miski ustępowej z wyodrębnioną częścią moczową (NA przykładzie systemu DUBLETT®)

Przebywający w komorze przez ok. 12 miesięcy (6 miesięcy gromadzenie, 6 miesięcy leżakowanie) kał może być wykorzystany dla celów rolniczych. Wskazane jest jednak (zwłaszcza przy uprawach korzeniowych) dodatkowe kompostowanie na pryzmie.

Biotoaleta mokra jest unikatowym rozwiązaniem pozwalającym zachować wszystkie walory użytkowe. W aspekcie komfortu jest to urządzenie spełniające wszystkie standardy (wersja postumentowa, wspornikowa, dobór drewna deski), dostępne są jego różne wersje montażowe. Nie ma przeciwwskazań dla wykorzystania jej elementów również w budownictwie wielorodzinnym – analizy wykonane w gminie Eksjö wykazały, że w przypadku szerszego rozpowszechnienia opłacalne jest uruchomienie specjalistycznego transportu publicznego. Samo oddzielenie moczu nie powoduje istotnego wzrostu zagęszczenia ścieków płynących do oczyszczalni. Rozwiązuje ono przy tym szereg problemów eksploatacyjnych oczyszczalni ścieków.



Rys. 15 Ogólna zasada stosowania biotoalety mokrej na podstawie rozwiązania firmy BB Innovation & Co AB (system DUBLETT®)

W realiach wiejskich odpady wykorzystuje się bezpośrednio w gospodarstwie. Ze względu na skuteczność jest to rozwiązanie korzystniejsze od tradycyjnych nawozów sztucznych i na pewno korzystne w aspekcie ochrony środowiska.



## Bibliografia

- Abwassergebühren und Beiträge, 1997. Ergebnisse der ATV- Umfrage 1996. ATV, Hennef
- Bogulska E., 2003: O potrzebie analizy ekonomicznej na etapie sporządzania programów rozbudowy systemów kanalizacyjnych. Przegląd Komunalny nr 5
- Coburg R., Stadtfeld R., Oehmichen U., Lohaus J., Willms M., 2003: Markdaten Abwasser 2002. Ergebnisse der gemeinsamen Umfarge zur Abwasserentsorgung der ATV – DVWK und des BGW. KA – Abwasser, Abfall, nr 4
- Dąbrowski W., 2003: Ilościowy monitoring ścieków w kanałach ściekowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej. Budownictwo 42. Kielce
- Die Stadenwässerung in Deutschland, 1934. Praca zbiorowa pod red. J.Brixa, K.Imhoffa i R.Weldtera. T. I i T. II. Jena: Gustav Fischer Verlag
- Genzmer E., 1924: Die Entwässerung der Städte. W: Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Dritter Teil: Der Wasserbau. Wilhelm Engelmann Verlag, Leipzig
- Imhoff K., Imhoff K.-R., 1982: Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków. Poradnik. Arkady, Warszawa
- Kononowicz Z., Suligowski Z., 2003: Bezodpływowe zagospodarowanie ścieków bytowych pochodzących od niewielkich emitorów. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 1
- Łomotowski J., 2003: Systemy kanalizacyjne stosowane w Polsce na terenach o rozproszonej zabudowie. Przegląd Komunalny nr 5
- Obarska – Pempkowiak H, 2002.: Oczyszczalnie hydrofitowe. Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk
- Pstrągowska E., 1999: Gospodarka ściekowa w województwie olsztyńskim. Inżynieria Morska i Geotechnika nr 2
- Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen, 1984. ATV Regelwerk A118, ATV St. Augustin
- Roman M., 1970: Podstawy stosowania grupowych oczyszczalni ścieków. W: Nowa technika w inżynierii sanitarnej nr 1. Wodociągi i kanalizacja. Arkady, Warszawa
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. Dziennik Ustaw 116/1991
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dziennik Ustaw 212/2002
- Salomon H., 1907: Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland. T. 1 ÷ 3. Gustav Fischer Verlag, Jena
- Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie lokalnym. Dziennik Ustaw 16/1990
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. o zagospodarowaniu przestrzennym. Dziennik Ustaw 89/1994
- Ustawa z dnia 20 grudnia 1996 r. o gospodarce komunalnej. Dziennik Ustaw 9/1997
- Ustawa z dnia 19 listopada 1999 r. „Prawo gospodarcze”. Dziennik Ustaw 101/1999
- Ustawa (a) z dnia 27 kwietnia 2001 r. „Prawo ochrony środowiska”. Dziennik Ustaw 62/2001
- Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków. Dziennik Ustaw 72/2001
- Wiśniewski J., Solecki E., Łomotowski J., 2003: Stan systemów kanalizacji w Polsce. Przegląd Komunalny nr 5
- Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych. 1991. IKŚ, Warszawa.
- Wytyczne techniczne projektowania wodociągu komunalnego. Dziennik Budownictwa 6/1966
- Zanieczyszczenie i odnowa Zatoki Gdańskiej, 1994. Problem o znaczeniu ogólnoeuropejskim. Red. J.Błazejowski i D.Schuller: Uniwersytet Gdański, Gdańsk
- Zarządzenie nr 1 Ministra Rolnictwa w sprawie wytycznych do obliczania zapotrzebowania na wodę w wiejskich jednostkach osadniczych. Dziennik Budownictwa 3/1967