

SKUTECZNOŚĆ OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W ZŁOŻU GRUNTOWYM ZE ŻWIRU POD DRENAŻEM ROZSĄCZAJĄCYM

Marek Kalenik, Radosław Ambroziak

Zakład Wodociągów i Kanalizacji, Katedra Budownictwa i Gcodezji,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

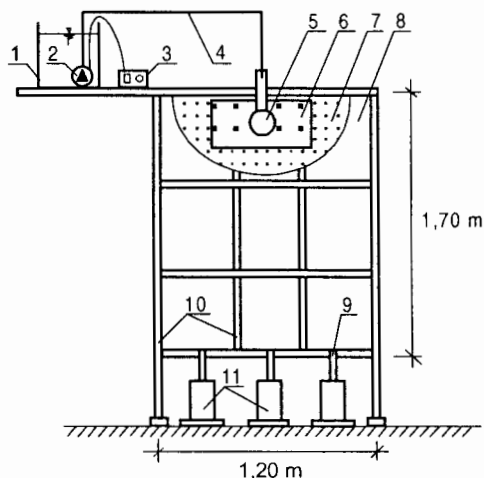
Wstęp

Budowę, zasadę działania oraz zalecenia i wytyczne projektowania drenaży rozsączających można znaleźć w licznych publikacjach [CUGW 1971; TABERNACKI i in. 1990; KALENIK 1998, 2000]. Niewiele jest natomiast publikacji dotyczących skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym ścieki [REED i in. 1989; ŻYTYŃSKI 1998; SIEMIENIEC, KRZANOWSKI 2001; VAN CUYK i in. 2001]. Powoduje to utrudnienia w uzyskiwaniu pozwolenia wodno-prawnego na budowę tego systemu. Głównym warunkiem odprowadzania wstępnie oczyszczonych ścieków bytowo-gospodarczych do gruntu jest zachowanie, co najmniej 1,5 m odległości między poziomem rozsączania ścieków a maksymalnym poziomem zwierciadła wody gruntowej i ilość ścieków z gospodarstwa domowego nie może przekraczać 5 m³ na dobę [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004]. Ma to na celu doczyszczanie ścieków w strefie aeracji, w tym zatrzymanie bakterii, wirusów i niedopuszczenie do skażenia środowiska naturalnego. W artykule przedstawiono analizę wyników badań, której celem była ocena skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym (żwir) pod drenażem rozsączającym ścieki.

Materiał i metody badań

Do pomiaru skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym wybudowano w laboratorium Zakładu Wodociągów i Kanalizacji SGGW stanowisko pomiarowe w postaci szczelnego pojemnika o wymiarach: długość 1,20 m, wysokość 1,70 m, szerokość 0,20 m (rys. 1). Pojemnik został wykonany z płyt z tworzywa sztucznego, zamocowanych w metalowych ramach. Ścieki ze zbiornika przewodem tłocznym podawano pompą do przewodu rozsączającego o średnicy 100 mm, który ułożony był w warstwie złoża rozsączającego, wykonanego z kamieni o średnicy 20–40 mm. Pompa była włączana i wyłączana przez sterownik. Wymiary warstwy złoża rozsączającego wynoszą: długość 0,50 m, szerokość 0,20 m, wysokość 0,20 m. Ścieki do warstwy złoża rozsączającego filtrują przez otwór o średnicy 8 mm znajdujący się w dnie przewodu rozsą-

czającego. Po przefiltrowaniu przez warstwę rozsączającą ścieki filtrują w głąb złoża gruntowego. Złożem gruntowym był żwir (rys. 2). Miąższość tej warstwy wynosi 1,50 m. W dnie stanowiska pomiarowego zostały wykonane trzy otwory, które umożliwiały odpływ przefiltrowanych ścieków przez złożo gruntowe (żwir) do naczyń zbierających. Pojemnik napelniano warstwami żwiru o miąższości 5 cm i zagęszczano je przez ubijanie.



- | | | |
|---|--|---------------------------|
| 1 – zbiornik; tank | 2 – pompa; pump | 3 – sterownik; programmer |
| 4 – przewód tłoczny; delivery pipe | 5 – przewód rozsączający; drain line | |
| 6 – złożo rozsączające; seepage bed | 7 – złożo gruntowe (żwir); ground bed (gravel) | |
| 8 – przezroczysta płyta plastikowa; transparent plate | | |
| 9 – odpływ ścieków; sewage outflow | 10 – rama metalowa; metal frame | |
| 11 – naczynia zbierające przefiltrowane ścieki; collecting vessel | | |

Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego

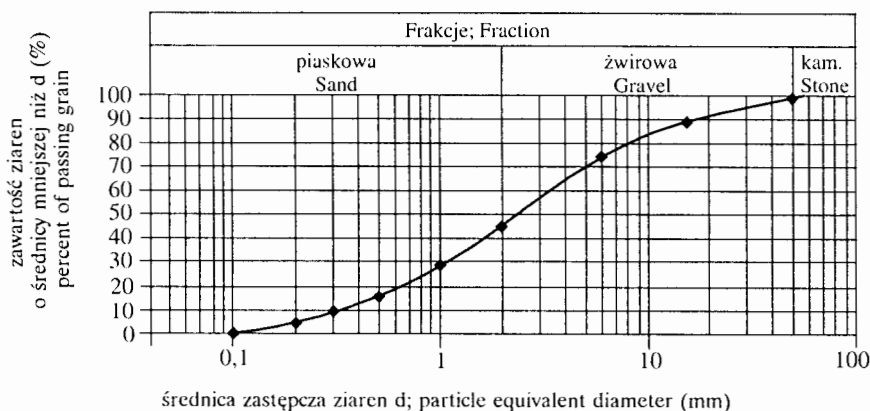
Fig. 1. Scheme of the measuring stand

Rodzaj złoża gruntowego (żwir) określono wg PN-B-04481 [1988], a jego współczynnik filtracji wg PN-B-04492 [1955]. Przeprowadzono również próbę trasową i określono czas filtracji ścieków przez złożo gruntowe. Do badań użyto ścieków syntetycznych, które sporządzano wg PN-C-04616/10 [1987]. Ścieki syntetyczne (ścieki surowe) dozowano trzy razy na dobę, a ich dobową dawkę została określona w zależności od rodzaju złoża gruntowego i minimalnego dopuszczalnego obciążenia hydraulicznego gruntu ściekami wg zaleceń polskich [CUGW 1971; TABERNACKI i in. 1990]. Przed wprowadzeniem ścieków surowych na złożo gruntowe, jak i po przefiltrowaniu ich przez złożo gruntowe (żwir), oznaczano następujące wskaźniki zanieczyszczenia ścieków [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004]: zawiesiny ogólne, BZT₅ i ChZT (związki organiczne), azot ogólny, fosfor ogólny, i dodatkowo odczyn. Oznaczenia wskaźników zanieczyszczeń w ściekach wykonywano raz na tydzień, uwzględniając czas filtracji ścieków przez złożo gruntowe (żwir).

Zawartość poszczególnych frakcji uziarnienia gruntu zostały określone metodą analizy sitowej. Badania wykonano na trzech próbkach a uzyskane wyniki badań wykazały, że jest to żwir (rys. 2). Współczynnik filtracji dla żwiru określono w aparacie Z. Wiłuna ITB-ZW-K2. Pomiar wykonano dla sześciu próbek. Dla

badanego żwiru współczynnik filtracji (k) wyniósł $0,005 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Z przeprowadzonych prób traserowych uzyskano, że czas filtracji ścieków w żwirze wyniósł 14 godzin. Badania przeprowadzono na stanowisku pomiarowym (rys. 1) dla żwiru o miąższości 1,5 m.

Znając rodzaj gruntu (żwir) i jego współczynnik filtracji ($0,005 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), określono dobową dawkę ścieków (3 dm^3), odnosząc zgodnie z zaleceniami polskimi [CUGW 1971; TABERNACKI i in. 1990] do długości przewodu rozsączającego ścieki. Obciążenie hydrauliczne przewodu rozsączającego wg zaleceń polskich odnosi się do 1 m długości przewodu i dla żwiru wynosi $15 \text{ dm}^3\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$. Dobową dawkę ścieków podzielono na trzy dawki po 1 dm^3 i podawano na złożę rozsączające o godzinie 8^{00} , 12^{00} , 16^{00} .



Rys. 2. Krzywa uziarnienia gruntu dla żwiru
Fig. 2. Grain size distribution for gravel

Ścieki syntetyczne (ścieki surowe) były przygotowywane co szósty dzień, a wskaźniki zanieczyszczeń w nich były oznaczone na początku, w środku i na końcu okresu dozowania, następnie zostały uśrednione (tab. 1). Zawiesiny ogólnie oznaczono metodą wagową. BZT₅ oznaczano metodą elektrochemiczną Sensomat firmy Lovibond. ChZT oznaczano metodą miareczkowania z dwuchromianem potasu. Azot ogólny metodą Kjeldahla. Fosfor ogólny oznaczono metodą spektrometrii UV/VIS z odczynnikiem molibdenianem. Odczyn oznaczano metodą elektrometryczną.

Wyniki i dyskusja

Złożę gruntowe wykonane ze żwiru zaczęło pracować prawidłowo po ośmiu tygodniach. Pod warstwą rozsączającą ścieki wytworzyła się błona biologiczna o miąższości 2,5 cm, która jest siedliskiem bakterii i mikroorganizmów. Temperatura w pomieszczeniu przez cały okres badań była stabilna i wynosiła 14°C . W tabeli 1 podano wyniki badań ścieków surowych i oczyszczonych. Analizując wyniki badań przedstawione w tabeli 1 można stwierdzić, że po przefiltrowaniu ścieków surowych przez żwir nastąpiło obniżenie zawartości zawiesiny ogólnej, BZT₅ i ChZT (związków organicznych), azotu ogólnego i fosforu ogólnego (związków biogennych) w ściekach oczyszczonych. Natomiast nastąpił nieznaczny

wzrost odczynu. Zawiesina ogólna w ściekach oczyszczonych wahała się od $75,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $86 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i średnio wynosiła $80,3 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, i nie spełniała polskich zaleceń wprowadzania ścieków do gruntu [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004]. Wartość dopuszczalna zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych, która wynosi $50,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004], była przekroczona średnio o 62%. Skuteczność usuwania zawiesiny ogólnej wahała się od 50% do 56% i średnio wyniosła 53%. Duża ilość zawiesiny ogólnej wprowadzanej do złoża gruntowego powoduje szybką jego kolmatację [ŁOMOTOWSKI 1999]. W związku z tym, zmniejsza się współczynnik przepuszczalności złoża i ogranicza współczynnik żywotności przydomowej oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym.

Tabela 1; Table 1

Wyniki badań ścieków surowych i oczyszczonych (wartości średnie)
Test results of raw sewage and treated sewage (mean values)

Wskaźniki Indicators	Ścieki surowe Raw sewage	Ścieki oczyszczone Treated sewage			
		9 tydz. 9 week	10 tydz. 10 week	11 tydz. 11 week	12 tydz. 12 week
Zawiesiny ogólne; Suspended solids ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	172,00	86,00	75,00	80,00	80,00
BZT ₅ ; BOD ₅ ($\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	109,70	0,60	1,80	2,10	1,20
ChZT; COD ($\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	308,00	47,00	45,10	45,30	36,50
Azot ogólny; Total nitrogen ($\text{mg N}\cdot\text{dm}^{-3}$)	31,90	23,30	23,30	23,30	24,3
Fosfor ogólny; Total phosphorus ($\text{mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$)	1,70	0,00	0,06	0,02	0,04
Odczyn; Reaction (pH)	7,70	8,00	8,20	8,20	8,20

Wskaźnik BZT₅ i ChZT określa zawartość związków organicznych w ściekach. Wskaźnik BZT₅ w ściekach oczyszczonych wahał się od $0,6 \text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ do $2,1 \text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ i średnio wynosił $1,4 \text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$, natomiast wskaźnik ChZT w ściekach oczyszczonych wahał się od $36,5 \text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ do $47,0 \text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ i średnio wynosił $43,5 \text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$. Zarówno wskaźnik BZT₅, jak i ChZT, spełniał polskie zalecenia wprowadzania ścieków do gruntu [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004]. Skuteczność zmniejszenia wskaźnika BZT₅ wahała się od 98,4% do 99,5%, natomiast wskaźnika ChZT wahała się od 84,7% do 88,1% i średnio wyniosła dla wskaźników odpowiednio 98,7% i 86%. Azot ogólny w ściekach oczyszczonych wahał się od $23,4 \text{ mg N}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $24,3 \text{ mg N}\cdot\text{dm}^{-3}$ i średnio wynosił $23,6 \text{ mg N}\cdot\text{dm}^{-3}$, natomiast fosfor ogólny w ściekach oczyszczonych występował w ilościach śladowych i wahał się od $0,00 \text{ mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$ do $0,06 \text{ mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$ i średnio wynosił $0,03 \text{ mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$. Zarówno azot ogólny, jak i fosfor ogólny, spełniał polskie zalecenia wprowadzania ścieków do gruntu [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004]. Skuteczność usuwania azotu ogólnego średnio wyniosła 26% a fosforu ogólnego 98,3%, ponieważ fosfor ogólny w ściekach surowych występował w bardzo małej ilości. Fosfor ogólny w trakcie całego okresu badań był usuwany.

Wnioski

1. W przeprowadzonym eksperymencie można stwierdzić, że związki organiczne (mierzone wskaźnikami BZT₅ i ChZT) i biogenne (azot ogólny i fosfor

ogólny) w żwirze, są usuwane w ilości zgodnej z obowiązującymi zaleceniami [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004]. Natomiast zawiesiny ogólne nie są usuwane w zadowalającym stopniu i nie spełniają obowiązujących zaleceń.

- Ograniczone zdolności usuwania zawiesiny ogólnej w żwirze wskazują, że musi być ona usuwana w osadniku gnilnym. W związku z tym, w przydomowych oczyszczalniach ścieków z drenażem rozsączającym w złożu gruntowym ze żwiru, należy stosować osadniki gnilne minimum z dwiema komorami.

Literatura

CUGW 1971. *Budownictwo oczyszczalni ścieków. Wytyczne techniczne projektowania drenażu rozsączających i filtrów paskowych*. Wyd. Katalogów i Cenników, Warszawa.

KALENIK M. 1998. *Wymiarowanie urządzenia do podziemnego rozsączania ścieków po osadniku gnilnym*. Przegląd Nauk. Wydz. Melio. i Inż. i Środo., Wyd. SGGW Warszawa 15: 269–279.

KALENIK M. 2000. *Tendencje zmian zwierciadła wody gruntowej pod drenażem rozsączającym ścieki*. Przegląd Nauk. Wydz. Inż. i Kształt. Środo., Wyd. SGGW Warszawa 18: 61–118.

ŁOMOTOWSKI J. 1999. *Kolmatacja drenażu rozsączających*. V Ogólnop. Symp. Szkolen. „Projektowanie i eksploatacja przydomowych oczyszczalni ścieków”, luty 1999 Poznań–Kiekrz, Eko-Tech: 11–20.

PN-B-04492 1955. *Grunty budowlane. Badania właściwości fizycznych. Oznaczenie wskaźnika wodoprzepuszczalności*. Wyd. Norm. Warszawa.

PN-C-04616/10 1987. *Woda i ścieki. Badania specjalne osadów. Hodowla standardowego osadu czynnego w warunkach laboratoryjnych*. Wyd. Norm. Warszawa.

PN-B-04481 1988. *Grunty budowlane. Badania próbek gruntu*. Wyd. Norm., Warszawa.

REED B.E., MATSUMOTO M.R., WAKE A., IWAMOTO H., TAKEDA F. 1989. *Improvements in soil absorption trench design*. J. of Environ. Engineering 115(4): 853–857.

ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004. *Z dnia 8 lipca 2004 w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego*. Dz. U. Nr 168, poz. 1763.

SIEMIENIEC A., KRZANOWSKI S. 2001. *Ocena skuteczności oczyszczania ścieków przez filtry gruntowe w warunkach terenowych*. VII Ogólnop. Symp. Szkol. „Projektowanie i eksploatacja przydomowych oczyszczalni ścieków”, 28 II–1 III Poznań–Kiekrz, Eko-Tech.: 77–89.

TABERNACKI J., HEIDRICH Z., SIKORSKI M., KUCZEWSKI K., ŁOMOTOWSKI J., JASIŃSKI P., LIPOWSKI K. 1990. *Album wzorcowych rozwiązań odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych z wiejskich gospodarstw zagrodowych*. IMUZ Falenty: 41 ss.

VAN CUYK S., SIEGRIST R., LOGAN A., MASSON S., FISHER E., FIGUEROA L. 2001. *Hydraulic and purification behaviors and their interaction during wastewater treatment in soil infiltration systems*. Water Research 35(4): 953–964.

ŻYTYŃSKI W. 1998. *Skuteczność oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym*. IV Ogólnop. Symp. Szkol. „Projektowanie, wykonawstwo i użytkowanie przydomowych oczyszczalni ścieków”, luty 1998 Poznań–Kickrz, Eko-Tech.: 1–14.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczanie ścieków, drenaż rozsączający ścieki

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę wyników badań, skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym ścieki. Badania zostały przeprowadzone na stanowisku pomiarowym wybudowanym w laboratorium. Do badań wykorzystano ścieki syntetyczne. Złożem gruntowym był żwir. Badaniami objęto następujące wskaźniki zanieczyszczenia ścieków: zawiesiny ogólne, BZT₅, ChZT, azot ogólny, fosfor ogólny, odczyn. Po przefiltrowaniu ścieków przez złożo gruntowe nastąpił nieznaczny wzrost odczynu. Wartości pozostałych wskaźników w ściekach oczyszczonych uległy zmniejszeniu. Zawiesiny ogólne nie spełniają obowiązujących zaleceń.

EFFICIENCY OF SEWAGE TREATMENT IN GROUND BED OF GRAVEL UNDER SUBSURFACE SEWAGE DISPOSAL FIELD

Marek Kalenik, Radosław Ambroziak
Department of Civil Engineering and Geodesy,
Warsaw of Agricultural University, Warszawa

Key words: sewage, sewage treatment, subsurface sewage disposal field

Summary

The efficiency of sewage treatment in the ground bed under the subsurface sewage disposal field was tested in laboratory conditions using synthetic sewage. The ground bed was composed of gravel. The experiment determined the following indicators: suspended solids, BOD₅, COD, total nitrogen, total phosphorus and pH. In the sewage filtered through the ground bed increase in the values of pH was observed. The values other indicators of the treated sewage, was undergo a decrease. The suspended solids of the treated sewage, aren't meeting obligatory recommendations.

Dr inż. Marek **Kalenik**
Katedra Budownictwa i Geodezji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159
02-776 WARSZAWA
e-mail: kalenik@alpha.sggw.waw.pl