

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2016), 25 (4), 433–443
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2016), 25 (4)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2016), 25 (4), 433–443
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2016), 25 (4)
<http://iks.pn.sggw.pl>

Maciej MALARSKI

Katedra Inżynierii Budowlanej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Department of Building Engineering, Warsaw University of Life Sciences – SGGW

Jakość ścieków szarych zawierających płynne środki chemii gospodarczej

The quality of greywater containing liquid household chemicals

Słowa kluczowe: ścieki szare, płynne środki chemii gospodarczej, detergenty

Key words: greywater, liquid household chemicals, detergents

Wprowadzenie

Recykling wody był tematem wielu publikacji i prac badawczych. Często podkreśla się potrzebę dbania o zasoby naturalne wody, głównie wody słodkiej wykorzystywanej na cele bytowo-gospodarcze. Można znaleźć wiele informacji dotyczących wielkości zasobów, składu i jakości wody (Kundzewicz i in., 2010; Gromiec, 2013). Inne publikacje podają informacje o sposobach jej wykorzystania (Chudzicki i Sosnowski, 2005; Chudzicki, 2010). Z mnogości i różnorodności tego typu publikacji można wnioskować, że zmniejszające się ilości wody zdatnej do bezpośredniego wykorzystania przez

człowieka, w połączeniu z jego potrzebami, wymagają racjonalnego wykorzystania wody.

Aby w gospodarstwach domowych zmniejszyć ilość zużycia wody słodkiej zdatnej do picia na cele gospodarcze, zainteresowano się możliwością powtórnego wykorzystania ścieków szarych. Zgodnie z definicją podaną w PN-EN 12056-1:2002 ścieki szare określa się jako „ścieki nie zawierające fekalii i moczu”. Uznaje się je jako wodę niezawierającą nadmiernej ilości zanieczyszczeń, z zawartością głównie preparatów chemii gospodarczej. Problem wykorzystania ścieków szarych był poruszony w aspekcie wykorzystywania ich do spłukiwania misek ustępowych (Mucha i Jodłowski, 2010; Malarski, 2014).

Eriksson i inni (2002) badali jakość ścieków szarych pod kątem ich składu wynikającego ze sposobu życia i z zachowań osób produkujących ścieki. Doszli do wniosku, że skład ścieków

szarych zależy głównie od miejsca ich powstawania i trybu życia osób je produkujących. W swojej publikacji Mucha i Jodłowski (2010) przedstawili podział źródeł powstawania ścieków szarych mogących być powtórnie wykorzystanych, dzieląc je na grupy: z łazienki, z kuchni, z pralni. Ścieki kuchenne ze względu na krótki czas ich zagniwania (duża zawartość substancji organicznych łatwo zgniwających) należy jednak odrzucić jako możliwość recyklingu ścieków. Stosowniejsze wydaje się więc być określenie pochodzenia ścieków szarych jako ścieki niezawierające fekaliiów i moczu, pochodzące z łazienki czy z pralni (Friedler i Hadari, 2006).

Wykorzystanie ścieków szarych na przykład do splukiwania misek ustępowych może przyczynić się do zmniejszenia zużycia wody o jakości wody do picia, powszechnie stosowanej do splukiwania misek ustępowych (ok. 30% udziału w zużyciu wody w gospodarstwie domowym). Jednak wraz z chęcią wtórnego wykorzystania ścieków pojawiają się problemy związane m.in. z bezpieczeństwem i zdrowiem użytkowników. Przy splukiwaniu miski ustępowej mogą powstawać aerozole mogące zawierać zarazki i mikroorganizmy niebezpieczne dla ludzi. Przy splukiwaniu miski ustępowej ściekami szarymi rośnie więc ryzyko związane z rozprzestrzenianiem się ich. System recyrkulacji ścieków powinien więc zabezpieczać przed taką sytuacją, a ścieki powinny być odpowiednio przystosowane w procesie ich podczyszczania/oczyszczania.

Konieczność oczyszczania ścieków szarych przed ich powtórny wykorzystaniem wymusza konieczności ich dokładnego scharakteryzowania. Jednym

z parametrów opisującym ścieki szare jest czas możliwego ich przetrzymywania, wynikający z zachodzących w nich procesach gnilnych. Według Dixona i innych (1999) oraz Podedwornej i Żubrowskiej-Sudoł (2006) czas przetrzymywania ścieków szarych powinien być ograniczony do 24–48 h. Z kolei według Malarskiego (2012) czas ten nie powinien przekraczać 10 h. O możliwym czasie przetrzymania ścieków szarych bez zagrożenia zintensyfikowanych procesów gnilnych decyduje skład ścieków.

Naturalne jest występowanie w ściekach szarych środków chemii gospodarczej wykorzystywanych do prania (ścieki pralnicze). Zdarzają się też środki wykorzystywane do sprzątania domostw (łazienek, mebli, okien, podłóg, naczyń, innych). W artykule przedstawiono wyniki badań określające jakość ścieków szarych z dodatkiem wybranych środków chemii gospodarczej wykorzystywanych w domach, niebędących środkami pralniczymi. Wykonano analizę rozkładu zmian zachodzących w badanych ściekach w czasie.

Duży wpływ na skład ścieków ma standard życia ludzi je produkujących, pora roku, używane detergenty itp. Przyczynia się to do różnorodności właściwości pobranych próbek ścieków (Cywiński i in., 1983). Często ścieki szare charakteryzuje się jako ścieki o wyższym stężeniu zanieczyszczeń charakterystycznych dla ścieków sanitarnych. Jednak w literaturze można znaleźć również wyniki badań stwierdzające występowanie ścieków szarych o stężeniach zanieczyszczeń zbliżonych do typowych ścieków sanitarnych, a nawet wyższych (Malarski, 2012).

Materialy i metody

Ze względu na podobny skład ścieków szarych do typowych ścieków sanitarnych, oraz potrzebę zminimalizowania wpływu zmiennego składu naturalnych ścieków szarych, do badań wykorzystano ścieki preparowane według Weinbergera (PN-C-04616/10:1987). Wykorzystanie ścieków preparowanych umożliwiło zróżnicowanie badanych ścieków pod kątem rodzaju, jakości dodanego środka chemii gospodarczej.

W przeprowadzanych badaniach postępowano analogicznie jak w badaniach opisanych w pracy Malarskiego i innych (2016). Na dwie doby przed rozpoczęciem badań przygotowano w szklanym naczyniu o objętości 1 dm³ roztwór bazowy ścieków według Weinbergera. Ciecz przygotowano w temperaturze pokojowej (21°C), rozpuszczając w wodzie wodociągowej: 6 g bulionu wzbogaconego suchego, 2 g peptonu, 1,2 g mocznika, 0,4 g octanu sodowego bezwodnego, 2 g skrobi rozpuszczalnej, 2 g mydła szarego, 0,28 g chlorku wapniowego krystalicznego, 2 g siarczanu magnezowego, 1,2 g chlorku sodowego, 0,28 g chlorku potasowego.

Przez dwa dni ciecz wielokrotnie mieszano w celu rozpuszczenia i dokładnego wymieszania poszczególnych składników. Następnie „wpracowaną” ciecz rozdzielono proporcjonalnie do ośmiu plastikowych pojemników i dopełniono wodą wodociągową do objętości 5 dm³, uzyskując stężenie ścieków preparowanych właściwe dla ścieków według Weinbergera.

W badaniach przeprowadzono badania zmienności jakości ścieków szarych z dodatkiem siedmiu wybranych środków

chemii gospodarczej w postaci płynnej. Dokonano analizy z wykorzystaniem płynu do mycia: naczyń Ludwik, podłóg Ajax, kabin prysznicowych Mellerud, kuchni Cif, mebli drewnianych Pronto, armatury łazienkowej Fist kamień i rdza, misek ustępowych Septifos.

Wybrane środki czyszczące w ilości 20 ml rozmieszczono w poszczególnych przygotowanych pojemnikach ze ściekami szarymi, a następnie je wymieszano do rozpuszczenia płynu. W tak przygotowanych próbkach wykonano oznaczenia wybranych wskaźników jakości ścieków w pierwszej i siódmej dobie ich przetrzymania.

W badaniach wykonywano oznaczenia: pH, mętności, przewodności, zagniwalności, azotu ogólnego, azotu amonowego, azotu azotanowego, azotu azotynowego, fosforu ogólnego, chemicznego zapotrzebowania na tlen, biochemicznego zapotrzebowania na tlen, suchej pozostałości i zawiesiny. Poszczególne oznaczenia wykonano w laboratorium SGGW zgodnie z metodyką podaną w normach:

- pH – metoda elektrometryczna (PN-EN ISO 10523:2012) z wykorzystaniem pH-metru Hach Lange Sension 4 i elektrody Elmetron EPP-3,
- mętność – metoda nefelometryczna (PN-EN ISO 7027:2003, rozdział 6) z wykorzystaniem mętnościomierza 2100N IS Turbidimeter,
- przewodność właściwa – metoda konduktometryczna (PN-EN 27888:1999),
- zagniwalność – metoda wizualna (PN-C-04626:1976),
- azot ogólny – metoda fotometryczna Hach Lange 10071 z zastosowaniem fiolek testowych 'N TubeTM (0,0–

–25,0 mg·l⁻¹ N) zgodnie z instrukcją firmy Hach Lange, udostępnioną na stronie internetowej producenta, zgodną z normą PB-NL-FCH-11, wyd. 1 z 10.07.2011 roku,

- azot amonowy – metoda spektrofotometryczna z wykorzystaniem normy PN-ISO 7150-1:2002, spektrofotometr Hach Lange DR4000,
- azotu azotanowy – metoda spektrofotometryczna z wykorzystaniem normy PN-C-04576-08:1982, spektrofotometr Hach Lange DR4000,
- azotu azotynowy – metoda spektrofotometryczna na podstawie normy PN-C-04576-06:1973, spektrofotometr Hach Lange DR4000,
- fosfor ogólny – metoda fotometryczna Hach Lange 10127 z zastosowaniem fiolek testowych 'N TubeTM (0,0–100,0 mg·l⁻¹ P-PO₄⁻³) na podstawie instrukcji dostępnej na stronie internetowej producenta Hach Lange, zgodnej z normą PN-EN ISO 6878:2006+Ap1+Ap2:2010, rozdział 7, spektrofotometr Hach Lange DR4000,
- chemiczne zapotrzebowanie na tlen ChZT – metoda miareczkowa (PN-ISO 15705:2005),
- biochemiczne zapotrzebowanie na tlen BZT₅ – metoda buletkowa firmy WTW, zgodną z normą PN-EN 1899-1:2002, 2:2002,
- sucha pozostałość i zawiesina – metoda wagowa w odniesieniu do procedury zawartej w normie PN-EN 872:2007.

Ścieki przetrzymywano w zakrytych pojemnikach z minimalnym dostępem światła w dygestorium w temperaturze pokojowej (20–21°C). Oznaczenie

ChZT oraz zawiesin, suchej pozostałości, przewodnictwa i mętności wykonano podwójnie, a uśrednioną wartość podano w wynikach opisanych w artykule.

Wyniki i dyskusja

Rozpatrując dodatek różnych środków chemii gospodarczej w ściekach, można spodziewać się różnego ich wpływu na jakość ścieków. Jednak analizując wartości pH w czasie trwania badań, nie zauważono istotnych zmian. I jednocześnie dla poszczególnych środków wartości te były zbliżone. Jedynie w jednym przypadku odnotowano większe wartości pH, a w jednym niższe. Wartości odczynu wahały się w granicach 6,1–9,4 dla poszczególnych próbek (tab.).

Dla wszystkich rodzajów ścieków z dodatkiem środków chemii gospodarczej wartość pH wzrosła w okresie siedmiodniowej inkubacji od wartości 6,1 (ścieki surowe z dodatkiem środka Fist) do około 7,9 (ścieki według Weinbergera w siódmej dobie inkubacji). Jedynie w serii 4 odnotowano spadek z wartości 9,5 do 8,9. Największą wartość pH uzyskano dla ścieków z serii 4 (9,5), a najniższą dla serii 6 (6,1) – tabela.

Ścieki szare są cieczą mętną. Dodatek środków chemii gospodarczej spowodował wzrost wartości mętności poszczególnych ścieków surowych. W okresie ich siedmiodniowego przetrzymania w każdym z przypadków wartość ta wzrastała. Największą wartość mętności określono dla serii 1 (tab.)

Podobnie jest w przypadku przewodnictwa elektrycznego środki chemii gospodarczej spowodowały wzrost jego wartości. Jednak przetrzymanie tych

TABELA. Wyniki badań
TABLE. Research results

Wskaźnik Indicator	Jednostka Unit	0		1		2		3		4		5		6		7	
		ściki wg Weinberga wastewater according to Wainberger	3	Ludwik	Ajax	Mellerud	Cif	Pronto	Fist	Septifos							
1	2		4	5	6	7	8	9	10								
Dawka płynu/ /Washing liquid dose	ml		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Czas przetrzymania/ /Retention time	doza	1	7	1	7	1	7	1	7	1	7	1	7	1	7	1	7
pH	-	7,35	7,93	7,46	7,75	7,27	7,42	9,45	8,85	7,3	7,56	6,13	7,12	6,8	7,36		
Mętność/Turbidity	NTU	25	73	46	88	56	63	166	170	145	137	34	80	46	91		
Przewodnictwo/ /Conductivity	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	1080	1160	1102	1186	1128	1192	1611	1598	1137	1196	1092	1175	1095	1200		
Zagniwalność/Decay	h	40	24	52	48	48	36	24	36	36	24	36	24	36	24	36	24
Azot ogólny/ /Total nitrogen	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	23,3	25,6	28,4	33,2	26,8	26,8	28,0	29,1	27,1	28,2	27,2	29,3	26,0	25,1	27,0	27,1
N-NH ₄	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	0,7	0,5	2,75	2,84	2,91	2,76	4,00	5,29	3,19	4,04	3,65	6,06	2,84	2,62	3,89	3,89
N-NO ₂	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-NO ₃	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	0,12	0,22	0,04	0,09	0,08	0,22	0,60	0,61	0,80	0,75	0,85	0,88	0,68	0,70	0,74	0,82
Fosfor ogólny/ /Total phosphorus	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	3,3	3,2	16,0	16,1	3,9	3,4	12,1	12,0	11,3	11,0	10,1	10,0	7,2	7,1	8,0	8,0
ChZT/COD	$\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$	420	350	1263	1368	666	666	641	723	1132	952	1207	952	566	457	716	609
BZT ₅ /BOD ₅	$\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$	118	164	235	105	182	159	345	234	380	386	187	188	263	217	240	135
Zawiesina ogólna/ /Total suspended solids (TSS)	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	390	400	364	412	432	388	380	416	631	712	332	424	392	472	420	444

Tabela cd., Table cont.

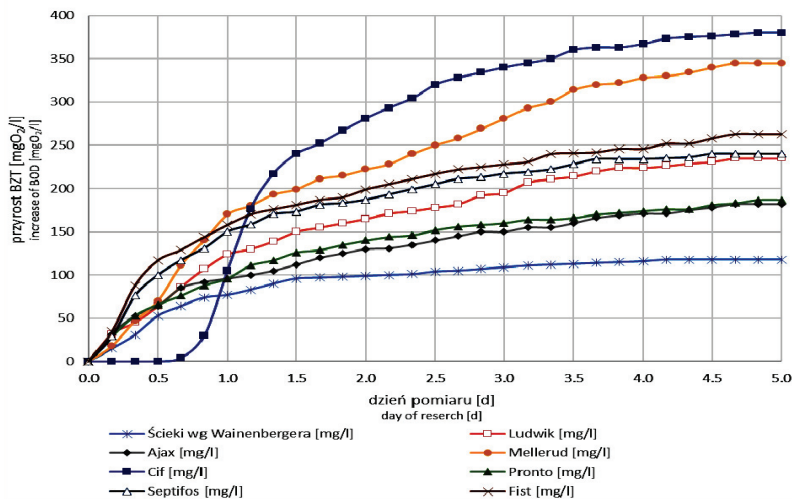
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zawiesina mineralna/ /Fixed suspended solids (FSS)	mg·dm ⁻³	196 268	100 100	174 140	168 172	398 518	144 164	214 262	216 260
Zawiesina organiczna/ /Volatile suspended solids (VSS)	mg·dm ⁻³	194 352	264 312	258 248	244 212	233 194	188 260	178 210	204 284
Sucha pozostatość/ Total dissolved solids (TDS)	mg·dm ⁻³	1108 1015	1578 1644	1244 1118	1198 1336	2818 3942	1264 1144	1172 1230	1254 1232
Pozostatość po prażeniu/ /Total fixed solids (TFS)	mg·dm ⁻³	564 430	402 390	444 381	654 510	1814 2490	490 412	774 788	618 600
Straty przy prażeniu/ /Total volatile solids (TVS)	mg·dm ⁻³	544 585	1176 1254	800 737	688 682	1004 1452	774 732	398 442	636 632

ścieków w okresie siedmiu dni nie powodowało większych zmian. Największą wartość uzyskano dla czterech serii badawczej, osiągając wartość około 1600 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Zagniwalność jest wskaźnikiem świadczącym o obecności związków organicznych ulegających rozkładowi. Dodatek rozpatrywanych środków chemii gospodarczej w ściekach szarych nie wpłynął na zmianę zagniwalności. Jedynie w serii 1 po siedmiodniowym przetrzymaniu ścieków odnotowano zagniwalność na poziomie 140 h (tab.). Wynik ten można by uznać jako błąd pomiarowy, jednak należy zwrócić jednocześnie uwagę na wartość wskaźnika BZT₅ dla tej serii pomiarowej. Wartość biochemicznego zapotrzebowania na tlen po siedmiodniowym przetrzymaniu ścieków szarych z dodatkiem Ludwika zmalała względem wartości określonej w serii dla pierwszego dnia eksperymentu. Może świadczyć to o pojawieniu się w ściekach jakiegoś czynnika przeszkadzającego w rozwoju mikroorganizmów.

Pojawienie się czynnika przeszkadzającego w rozwoju bakterii w ściekach w serii 1 zauważalne jest również przy analizie rysunków 1 i 2 przedstawiających kinetykę zmian biochemicznego zapotrzebowania na tlen w ciągu pięciodniowego okresu inkubacji próbek ścieków po pierwszej i siódmej dobie przetrzymywania ścieków. Dla 1 serii badań (ścieki z dodatkiem Ludwika) po siedmiu dniach przetrzymania ścieków przyrost wartości BZT nastąpił powoli dopiero po jednym dniu inkubacji próbki.

Wyniki badań BZT₅ w poszczególnych próbkach dla pierwszej i siódmej doby przetrzymania ścieków wykazały zbliżone wartości (rys. 1, 2). Jedy-



RYSUNEK 1. Przyrost biochemicznego zapotrzebowania na tlen w pięciodniowym pomiarze BZT₅ dla próbek z pierwszego dnia badań
 FIGURE 1. Increase in biochemical oxygen demand in a five-day measuring of BOD₅ for samples from the first day of research

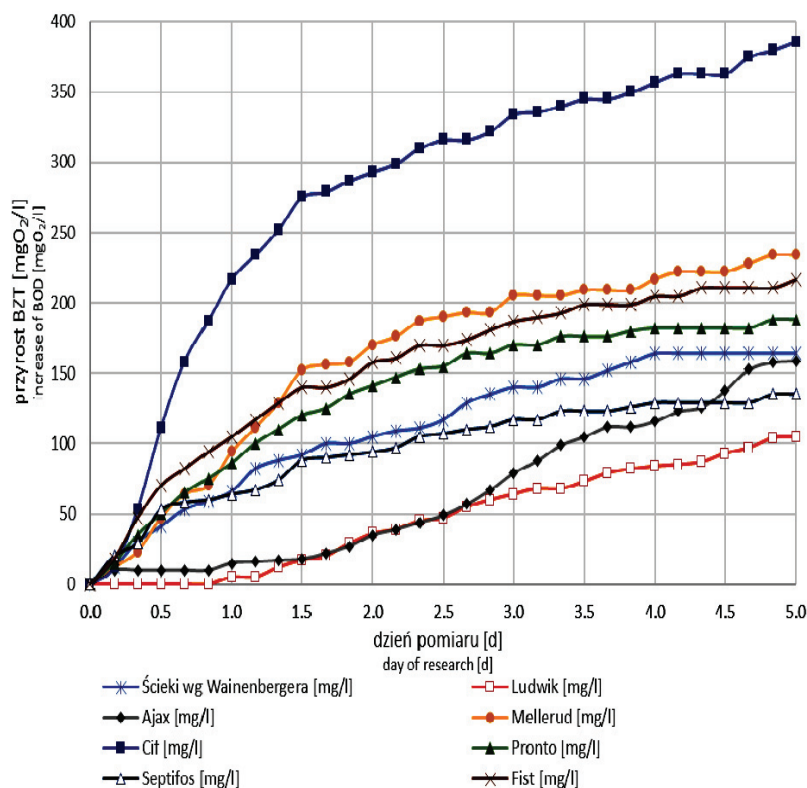
nie ścieki z dodatkiem środka Cif (seria 4) wykazują większe wartości (380, 386 mg O₂·dm⁻³). W tym przypadku zauważalny jest gwałtowny przyrost BZT w pierwszym okresie inkubacji próbek. Co prawda próbka pobrana w pierwszym dniu eksperymentu dla serii 4 wykazuje występowanie czynnika przeszkadzającego w rozwoju bakterii.

Podobieństwo poszczególnych serii zauważalne jest również w charakterystyce zmian wartości tego wskaźnika w pięciodniowej inkubacji próbek dla każdej pary wyników (wykresy przyrostu BZT dla pierwszej i siódmej doby przetrzymania ścieków). Przyrost BZT w próbkach z pierwszego i siódmego dnia eksperymentu mają zbliżony przebieg w okresie pięciodniowej inkubacji.

Dodatek rozpatrywanych środków chemii gospodarczej spowodował kilkukrotny wzrost zawartości fosforu w ściekach (za wyjątkiem serii 2 z dodatkiem

plynu Ajax, gdzie odnotowano niewielkie zwiększenie stężenia). Odmienna była sytuacja z zawartością azotu ogólnego w ściekach. Dodanie detergentu do ścieku bazowego spowodowało niewielki przyrost wielkości zawartości azotu ogólnego w ściekach. Jego wartości w poszczególnych seriach wahały się w granicach 25,1–33,2 mg·dm⁻³. Poszczególne formy azotu ulegały niewielkim zmianom, wynikającym z naturalnych przemian zachodzących wskutek procesów gnilnych w ściekach. Wartości stężeń fosforu w ściekach w okresie siedmiodniowego przetrzymania ścieków nie ulegały zmianom.

Zanieczyszczenie ścieków charakteryzowane jest również chemicznym zapotrzebowaniem na tlen ChZT. Ścieki bazowe wykorzystywane w eksperymencie, przygotowane według Weinbergera (PN-C-04616/10:1987.), charakteryzują się zawartością ChZT na poziomie



RYSUNEK 2. Przyrost biochemicznego zapotrzebowania na tlen w pięciodniowym pomiarze BZT₅ dla próbek z siódmego dnia badań
 FIGURE 2. Increase in biochemical oxygen demand in a five-day measuring of BOD₅ for samples from the seventh day of research

zblizonym do naturalnych ścieków bytowych (ok. 500 mg O₂·dm⁻³). Dodanie środków czyszczących spowodowało nawet 2–3-krotny wzrost stężenia tego wskaźnika do wartości do około 1300 mg O₂·dm⁻³. Jednak w trakcie eksperymentu, poszczególne serie badawcze nie wykazywały znacznych zmian ChZT. Dla serii 4, 5, 6 i 7 w siódmym dniu eksperymentu odnotowano niewielki spadek ChZT w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla pierwszego dnia. Sytuacja taka może być wynikiem utlenienia związków trudno degradowal-

nych zawartych w ściekach składnikami dodanych środków czyszczących.

Wartość ChZT w pierwszej dobie eksperymentu dla serii 1 i 3 określono na niższym poziomie w porównaniu do siódmej doby eksperymentu. Wynik taki mógł być spowodowany niedokładnym wymieszaniem ścieków w momencie pobierania próbki, co w konsekwencji spowodowało błąd pomiaru stężenia w próbkach.

Wykorzystane w eksperymencie płynne środki chemii gospodarczej nie miały wpływu na zawartość zawiesin

w ściekach. Jedynie w przypadku środka Cif zawartość zawiesin mineralnych uległa powiększeniu po dodaniu środka do ścieków bazowych według Weinbergera. W pozostałych seriach wartości stężeń pozostały na porównywalnym poziomie.

Stężenie zawiesin organicznych w cieczach świadczy o ich skłonności do zagniwania. W eksperymencie zawartość zawiesin organicznych w poszczególnych próbkach nie ulegała większym zmianom. Stąd też i zagniwalność poszczególnych próbek utrzymuje się na porównywalnym poziomie. Odbarwienie próbki następowało po około dwóch dobach.

Wnioski

1. Wprowadzone płynne środki chemii gospodarczej do próbek ścieków szarych nie zmieniają znacząco ich podatności na zagniwanie. Ścieki z dodatkiem środków powierzchniowoczynnych zagniły porównywalnie szybko jak w przypadku ścieków bazowych według Weinbergera. Zastosowane w eksperymencie stężenie na poziomie $4 \text{ ml} \cdot \text{dm}^{-3}$ nie przyczyniło się do większych zmian w charakterystyce ścieków.

2. Skłonność do zagniwania ścieków wynika z zawartości w nich substancji biodegradowalnych oraz stężenia środków chemii gospodarczej.

3. Zastosowane w badaniach płynne środki chemii gospodarczej są środkami biodegradowalnymi. Zastosowane w badaniach stężenia nie spowodowały zatrzymania procesów rozwoju bakterii w ściekach, a tym samym nie zatrzymały biodegradacji ścieków.

4. Substancje powierzchniowo czynne będące składnikiem dodawanych płynnych środków chemii gospodarczej wpływają na powiększenie mętności ścieków. Stanowi to duży problem w przypadku potencjalnej recyrkulacji ścieków szarych.

5. Właściwości fizyko-chemiczne ścieków szarych zależą od wielu różnorodnych czynników. Wielorakość stosowanych detergentów przyczynia się do zmienności parametrów jakości charakteryzujących ścieki szare, a w konsekwencji wpływa na możliwą do zastosowania technologię oczyszczania ścieków w celu ich wykorzystania.

Literatura

- Chudzicki, J. i Sosnowski, S. (2005). *Instalacje wodociągowe. Projektowanie, wykonawstwo, eksploatacja*. Warszawa: Wydawnictwo Seidel-Przywecki.
- Chudzicki, J. (2010). Oszczędzanie wody bez rezygnacji z komfortu – Druga debata Akademii Budowlanej *Ładny Dom*.
- Cywiński, B., Gdula, S., Kempa, E., Kurbiel, J. i Płoszański, H. (1983). *Oczyszczanie ścieków. Oczyszczanie mechaniczne i chemiczne*. Warszawa: Arkady. Pobrano z lokalizacji ladnydom.pl/budowa/1,106590,6719177,Oszczedzanie_wody_bez_rezygnacji_z_komfortu_Drug.html [data ostatniej modyfikacji: 03.02.2010].
- Dixon, A., Butler, D., Fewkes, A. i Robinson, M. (1999). Measurement and modeling of quality changes in stored untreated grey water. *Urban Water*, 1, 293-306.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. i Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, 4, 85-104. doi:10.1016/S1462-0758(01)00064-4.
- Friedler, E. i Hadari, M. (2006). Economic feasibility of on-site grey water reuse in multistorey buildings. *Desalination*, 190 (1-3), 221-234.

- Gromiec, M. (2013). Woda – problem globalny. *Technologia Wody, 1*, 11-13.
- Hach Lange (2011). *Nitrogen Total, method 10071*.
- Hach Lange (2010). *Phosphorus Total, method 10127*.
- Kundzewicz, Z.W., Zalewski, M., Kędziora, A. i Pierzgalski, E. (2010). Zagrożenia związane z wodą. *Nauka, 4*, 87-96.
- Malarski, M. (2012). Podczyszczanie wód szarych popralniczych na filtrach narurowych wkładowych. *Instal, 9*, 72-75.
- Malarski, M. (2014). Recykling ścieków w gospodarstwach domowych i budynkach użytkowania zbiorowego. *Logistyka Odzysku, 1-3*, 16-19.
- Malarski, M., Matusiak, K., Cybula, J. (2016). Wpływ wybranych produktów chemii gospodarczej na jakość ścieków szarych. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 25 (1)*, 61-71.
- Mucha, J. i Jodłowski, A. (2010). Ocena możliwości wykorzystania wody szarej. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 7-8*, 24-27.
- PN-C-04576-06:1973. Woda i ścieki. Badanie zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu azotynowego metodą kolorymetryczną z kwasem sulfanilowym i α -naftyloaminą.
- PN-C-04576-08:1982. Woda i ścieki. Badanie zawartości związków azotu. Oznaczanie zawartości związków azotu azotanowego metodą kolorymetryczną z salicylanem sodu.
- PN-C-04616/10:1987. Woda i ścieki. Badania specjalne osadów. Hodowla standardowego osadu czynnego w warunkach laboratoryjnych.
- PN-C-04626:1976. Woda i ścieki. Oznaczenie zagniwalności i względnej trwałości.
- PN-EN 12056-1:2002. Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków. Część 1: Postanowienia ogólne i wymiana.
- PN-EN 1899-1:2002, 2:2002. Jakość wody. Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dniach (BZTn).
- PN-EN 27888:1999. Jakość wody. Oznaczanie przewodności elektrycznej właściwej.
- PN-EN 872:2007. Jakość wody. Oznaczenie zawiesin. Metoda z zastosowaniem filtracji przez sącdek z włókna szklanego.
- PN-EN ISO 10523:2012. Jakość wody. Oznaczenie pH.
- PN-EN ISO 6878:2006,+Apl+Ap2:2010. Jakość wody. Oznaczanie fosforu. Metoda spektrometryczna z molibdenianem amonu.
- PN-EN ISO 7027:2003. Jakość wody. Oznaczenie mętności, rozdział 6.
- PN-ISO 15705:2005. Jakość wody. Oznaczenie indeksu chemicznego zapotrzebowania tlenu (SP-ChZT). Metoda zmniejszona z zastosowaniem szczelnych próbek.
- PN-ISO 7150-1:2002. Jakość wody. Oznaczenie azotu amonowego, Część 1: Manualna metoda spektrometryczna.
- Podedworna, J. i Żubrowska-Sudoł, M. (2007). Badania wstępne nad biodegradacją ścieków pralniczych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 4*, 21-24.

Streszczenie

Jakość ścieków szarych zawierających płynne środki chemii gospodarczej. Jakość ścieków szarych zawierających płynne środki chemii gospodarczej. Celem badań była analiza zmian jakości ścieków szarych w siedmiodniowej inkubacji ścieków w zależności od stosowanych, wybranych płynnych środków chemii gospodarczej. Dla oceny wykorzystano parametry fizykochemiczne takie jak: pH, ChZT, BZT₅, barwa, fosfor ogólny, azot ogólny, azotany, azotyny, amoniak, zawiesinę ogólną, suchą pozostałość, przewodnictwo właściwe, zagniwalność oraz mętność. Przeprowadzone badania wykazały niewielki wpływ zastosowanych środków chemii gospodarczej na analizowane parametry jakości ścieków w czasie.

Summary

The quality of greywater containing liquid household chemicals. The quality of greywater containing liquid household chemicals. The aim of the study was to analyze changes in the quality of greywater in a seven-day incubation of waste water depending on the applied selected liquid

household chemicals. For the assessment used physico-chemical parameters such as pH, COD, BOD₅, color, total phosphorus, total nitrogen, nitrates, nitrites, ammonia, total suspended solids, dry residue, conductivity, decay and turbidity. The study showed little impact of the measures on household wastewater quality parameters analyzed in time.

Authors' address:

Maciej Malarski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Budowlanej
ul. Nowoursynowska 159
02-776 Warszawa
Poland
e-mail: maciej_malarski@sggw.pl