

Elżbieta WŁODARCZYK, Marta PRÓBA, Lidia WOLNY

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii  
Instytut Inżynierii Środowiska  
ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa  
e-mail: ela\_wlodarczyk@o2.pl

## Porównanie wyników badań ustabilizowanych osadów ściekowych pochodzących z placu magazynowego i hali suszarniczej

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie i porównanie wyników badań ustabilizowanych osadów ściekowych pochodzących z komunalnej oczyszczalni ścieków, wykonanych w 2013 r. Na omawianą oczyszczalnię dopływa około 9000 m<sup>3</sup> ścieków na dobę o następującym składzie: ścieki bytowe około 34%, ścieki przemysłowe około 8,2%, resztę stanowią wody deszczowe i gruntowe, które wpływają do systemu kanalizacji ogólnospławnej. Osady do analizy pobierane były z niezadaszonego placu magazynowego i hali suszarniczej, znajdujących się na terenie oczyszczalni ścieków. W pobranych próbkach osadów zbadano metale ciężkie, takie jak: cynk, ołów, kadm, miedź, nikiel, chrom, rtęć, a także oznaczono: azot ogólny (metodą Kjeldahla), fosfor ogólny, zawartość wapnia, magnezu, zawartość części organicznych (oznaczonych jako straty prażenia w temperaturze 600°C), suchą masę osadów oraz pH. Wykonano również badania bakteriologiczne na obecność bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* i badania parazytologiczne na obecność żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp. Analiza ustabilizowanych osadów ściekowych w obu próbkach wykazała niskie zawartości metali ciężkich, w próbkach z hali suszarniczej stężenie było wyższe. Osady zawierały znaczące ilości azotu ogólnego (oznaczanego metodą Kjeldahla) oraz niską zawartość fosforu ogólnego. Zawartość części organicznych w reprezentatywnych próbkach kształtowała się na wysokim poziomie. Osady z placu magazynowego charakteryzowały się mocno zasadowym odczynem, natomiast te pochodzące z hali suszarniczej miały odczyn obojętny. W badanych próbkach nie wyizolowano bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* (poza jednym poborem letnim w próbkach z placu magazynowego), a także nie wyizolowano żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp.

**Słowa kluczowe:** ustabilizowane osady ściekowe, analiza fizyczno-chemiczna, analiza bakteriologiczna, metoda Kjeldahla, metale ciężkie

### Wstęp

Osady ściekowe powstają jako produkt uboczny w oczyszczalniach ścieków. Skład chemiczny osadów ściekowych jest bardzo zmienny i zależy od wielu czynników, między innymi od rodzaju oczyszczanych ścieków oraz stosowanych procesów oczyszczania. W celu neutralizacji substancji niebezpiecznych i zmniejszenia objętości osady ściekowe poddaje się dalszej obróbce, np. odwadnianiu i suszeniu. Jakość osadów odwadnianych zależy: od zastosowanej technologii oczyszczania ścieków, od rodzaju zanieczyszczeń zawartych w doprowadzanych ściekach, m.in. od zawartości metali ciężkich, związków toksycznych, bakterii

chorobotwórczych, jaj helmintów, od sposobu ich dalszej przeróbki: stabilizacji, odwadniania, wapnowania, suszenia. Ze względu na wzrost masy generowanych osadów ściekowych obserwowany przez ostatnie lata oraz zakaz możliwości ich składowania po 1 stycznia 2016 roku neutralizacja i zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych stały się ważnym problemem ekologicznym i ekonomicznym. Wysoka zawartość azotu, fosforu, magnezu w osadach ściekowych może wpływać korzystnie na ilość składników pokarmowych, przyczyniając się do zaspokojenia potrzeb nawozowych roślin [1].

Wykorzystanie osadów ściekowych ma ogromne znaczenie w przypadku ochrony środowiska i rozsądnego gospodarowania zasobami naturalnymi. Postępująca urbanizacja i rozwój przemysłowo-gospodarczy spowodowały znaczny wzrost ilości ścieków przemysłowych i komunalnych, a co za tym idzie, osadów ściekowych. Osady te można z powodzeniem wykorzystać w rolnictwie. Należy jednak zwrócić uwagę na obecność w nich substancji toksycznych, dlatego najbardziej przydatne są osady ściekowe pochodzące z przemysłu spożywczego i rolnego.

Celem niniejszego opracowania było przedstawienie i porównanie wyników badań ustabilizowanych osadów ściekowych pochodzących z niezadaszonego placu magazynowego i hali suszarniczej, znajdujących się na oczyszczalni ścieków komunalnych, wykonanych w ciągu 2013 roku [2-4].

Na podstawie uzyskanych wyników z badań przeprowadzonych w 2013 roku można z całą pewnością stwierdzić, iż proces suszenia osadów ściekowych pozwala na usunięcie wody w znacznie większym stopniu niż najlepsze odwadnianie na wysokosprawnych urządzeniach odwadniających, przez co powoduje, że osady:

- mają mniejszą masę (ok. 4-krotnie), co pozwala na zmniejszenie kosztów transportu i zagospodarowania,
- posiadają zdecydowanie lepsze parametry użytkowe w porównaniu do materiału wyjściowego,
- są łatwe do przechowywania (mniejsze place magazynowe, wiaty),
- mogą być łatwo spalane lub współspalane.

## 1. Metodyka badawcza

Osady ściekowe wybrane do badań pochodziły z oczyszczalni ścieków komunalnych, położonej na terenie województwa śląskiego. Do omawianej oczyszczalni dopływa około 9000 m<sup>3</sup>/dobę ścieków, między innymi są to: ścieki bytowe (w ilości około 34%), ścieki przemysłowe (w ilości około 8,2%), resztę stanowią wody deszczowe i gruntowe, które wpływają poprzez kanalizację ogólnospławną. Osady do analizy pobierane były z placu magazynowego i hali suszarniczej, znajdujących się na terenie oczyszczalni ścieków. Z przeprowadzonych analiz ścieków dopływających i odpływających wynika, iż redukcja badanych parametrów w 2013 roku (zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym) wynosiła: biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT<sub>5</sub>) 98% (442 do 5,9 mg/l), chemiczne zapotrzebowanie tlenu oznaczone metodą dwuchromianową (ChZT<sub>Cr</sub>) 96% (836 do 33 mg/l), zawiesiny

ogólnej 98% (336 do 6 mg/l), azotu ogólnego 90% (72 do 7,9 mg/l) i fosforu ogólnego 97% (7,8 do 0,23 mg/l). Struktura osadów ściekowych sprawia, że nawet po mechanicznym odwodnieniu na najnowocześniejszych urządzeniach odwadniających zawierają one w dalszym ciągu około 80% wody [5, 6].

Próbki osadów do testów pobrano w ciągu całego roku 2013, tak by odzwierciedlić zmieniające się warunki atmosferyczne i pory roku. Wybrano następujące terminy poboru próbek: zima - luty, wiosna - kwiecień, lato - lipiec, jesień - październik, pobór próbek odbył się zgodnie z normą PN-EN ISO 5667-13:2004 [7]. Pojedyncza próbka ważyła ok 1,5 kg i była uśrednioną próbką reprezentatywną. Określono podstawowe właściwości mikrobiologiczne, fizykochemiczne i parazytologiczne osadu mokrego. Interpretacji wyników badań dokonano w oparciu o zasady zawarte w załączniku nr 1 oraz §2 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (DzU Nr 137, poz. 924) [8]. Wartość pH próbek oznaczono w roztworze wodnym zgodnie z PN-EN 12176:2004 [9], zawartość suchej masy zgodnie z PN-EN 12880:2004 [10], zawartość części organicznych oznaczonych jako straty prażenia w temperaturze 600°C określono zgodnie z PN-EN 12879:2004 [11]. Obecność metali ciężkich zbadano metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej w oparciu o PB 16 Wyd. 3, 14.01.2011 [12] dla rtęci oraz PB 19 Wyd. 3, 14.01.2011 dla: miedzi, cynku, niklu, chromu, kadmu i ołowiu [13]. Do oznaczenia fosforu ogólnego użyto metody spektrofotometrycznej zgodnej z PB 26 Wyd. 5, 10.01.2013 [14], natomiast stężenie azotu ogólnego oznaczono metodą Kjeldahla PN-EN 13342:2002 [15]. Obecność wapnia i magnezu zbadano w oparciu o PB 27 Wyd. 5, 10.01.2013 [16]. Próbki zbadano również pod kątem obecności bakterii z rodzaju *Salmonella* (PN-EN ISO 6579:2003) [17] i obecności jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp. (glista ludzka), *Trichuris* sp. (nicienie), *Toxocara* sp. (glista psia, kocia), zbadano je zgodnie z PB-106/02.2012 Wyd. 2, 01.02.2012 [18].

## 2. Wyniki badań

Badane parametry chemiczne w analizowanych osadach ściekowych potwierdziły istnienie różnic między osadami pochodzącymi z placu magazynowego a osadami z hali suszarniczej. Pomimo niewielkich różnic w stężeniach poszczególnych metali ciężkich i azotu potwierdzono możliwość dalszego zagospodarowania odwodnionych osadów ściekowych [19, 20].

Analiza ustabilizowanych osadów ściekowych pochodzących z placu magazynowego wykazała niskie zawartości metali ciężkich, w żadnej próbce nie zaobserwowano przekroczeń wartości dopuszczalnych określonych w ww. rozporządzeniu, co więcej, stężenia metali ciężkich były od kilku do kilkudziesięciu razy niższe niż określone w normie (tab. 1). Stężenie azotu ogólnego (oznaczanego metodą Kjeldahla) wynosiło od 3,6 do 6,7% s.m., a stężenie fosforu ogólnego wahało się w przedziale 0,9÷1,25% s.m. (tab. 2). Osady zawierały od 5,44 do 10,1% s.m. wapnia oraz charakteryzowały się mocno zasadowym odczynem od pH = 10,0

do pH = 12,4. W badanych próbkach nie wyizolowano bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* - poza jednym poborem letnim w lipcu, gdzie stwierdzono obecność tych bakterii. W badaniach parazytologicznych nie stwierdzono obecności żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp. Tabela 1 zawiera wyniki badań analiz fizykochemicznych reprezentatywnych próbek osadów ściekowych przeprowadzonych w roku 2013 (zimą, wiosną, latem, jesienią), pobranych z placu magazynowego.

Tabela 1. Stężenia metali ciężkich oraz bakteriologia i parazytologia osadów ściekowych pochodzących z placu magazynowego

Table 1. Heavy metals' concentrations and bacteriology and parasitology of sewage sludge coming from storage yard

Rodzaj oznaczenia	Reprezentatywne próbki osadów ściekowych pochodzących z placu magazynowego				Wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (DzU Nr137, poz. 924)		
	12.02.	04.04.	01.07.	02.10.	W rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne	Do rekultywacji gruntów na cele nierolne	Do rekultywacji terenów, do dostosowania gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz
Cynk mg/kg s.m.	700±140	1350±270	1400±280	1380±280	2500	3500	5000
Ołów mg/kg s.m.	13,4±2,7	23,6±4,7	26,2±5,2	28,4±5,7	750	1000	1500
Kadm mg/kg s.m.	1,12±0,22	1,33±0,27	1,45±0,29	1,41±0,28	20	25	50
Chrom mg/kg s.m.	9,4±1,9	13,5±2,7	62,0±12	18,3±3,6	500	1000	2500
Miedź mg/kg s.m.	44,8±9,0	48,6±9,7	57,4±11	59,9±12	1000	1200	2000
Nikiel mg/kg s.m.	7,3±1,5	10,4±2,1	30,0±6,0	12,1±2,4	300	400	500
Rtęć mg/kg s.m.	<0,05	<0,05	0,24±0,05	0,30±0,06	16	20	25
Bakterie chorobotwórcze z rodzaju <i>Salmonella</i>	(-)	(-)	(+)	(-)	nie wyizolowano w 100 g osadów	n.n.	
Jaja pasożytów jelitowych <i>Ascaris</i> sp., <i>Trichuris</i> sp., <i>Toxocara</i> sp.	0 szt/kg s.m.	0 szt/kg s.m.	0 szt/kg s.m.	0 szt/kg s.m.	0 w kg s.m.	do 300 w kg s.m.	

Objaśnienia / Explanation:

s.m. - sucha masa / dry mass

(-) nie wyizolowano bakterii z rodzaju *Salmonella* / absence of *Salmonella*

(+) wyizolowano bakterie z rodzaju *Salmonella* / presence of *Salmonella*

n.n. - wartość nienormowana / not been taken into consideration in the standard

Analiza parametrów nienormowanych wymaganiami rozporządzenia, takich jak zapach, pH, postać, barwa, azot ogólny, fosfor ogólny, substancje ogólne / straty prażenia, sucha masa osadów, przedstawiona została w tabeli 2. Osady ściekowe zawierały około 80% wody, jedynie w sezonie letnim (pobór lipcowy) zawierały około 70% wody. Zawartość części organicznych (oznaczonych jako straty prażenia w temperaturze 600°C) w reprezentatywnych próbkach kształtowała się na poziomie od około 40 do 70%. Wszystkie próbki charakteryzowały się ziemistym zapachem i mazistą postacią. Stężenie azotu ogólnego (oznaczanego metodą Kjeldahla) wynosiło od 3,6 do 6,7% s.m., stężenie fosforu ogólnego wahało się w przedziale 0,9÷1,25% s.m. Osady zawierały od 5,44 do 10,1% s.m. wapnia oraz charakteryzowały się mocno zasadowym odczynem od pH = 10,0 do pH = 12,4.

Tabela 2. **Badania fizyczno-chemiczne osadów ściekowych pochodzących z placu magazynowego**  
Table 2. **Physicochemical research of sludge from storage yard**

Rodzaj oznaczenia	Reprezentatywne próbki osadów ściekowych pochodzących z placu magazynowego			
	12.02.	04.04.	01.07.	02.10.
Zapach	ziemisty	ziemisty	ziemisty	ziemisty
Postać	mazista	mazista	mazista	mazista
Barwa	jasnobrażowa	brunatna	brunatna	brunatna + białe wtrącenia
pH	12,4±0,1	11,7±0,1	10,0±0,1	11,8±0,1
Azot ogólny % s.m.	5,3±0,5	4,4±0,4	3,6±0,4	6,7±0,7
Fosfor ogólny % s.m.	1,2±0,1	1,6±0,2	0,9±0,1	1,6±0,2
Wapń % s.m.	10,1±1,0	5,44±0,5	5,64±0,5	5,92±0,6
Substancje organiczne / / straty prażenia % s.m.	51,9±5,2	76,4±7,6	33,6±3,4	70,7±7,1
Sucha masa osadu %	20,4±2,0	18,0±1,8	29,2±2,9	20,4±2,0

Objaśnienia / Explanation:  
s.m. - sucha masa / dry mass

Stężenia analizowanych metali w reprezentatywnych próbkach osadów ściekowych, pochodzących z hali suszarniczej komunalnej oczyszczalni ścieków, są niskie i nie wykazały przekroczeń wartości dopuszczalnych określonych w ww. rozporządzeniu (tab. 3). W badanych próbkach nie wyizolowano bakterii z rodzaju *Salmonella*, a w badaniach parazytologicznych nie stwierdzono obecności żywych jaj pasożytów jelitowych, tj. glisty ludzkiej, psiej i kocięj oraz nicieni (*Ascaris* sp., *Toxocara* sp., *Trichuris* sp.). W osadach zbadano zawartość azotu ogólnego (oznaczanego metodą Kjeldahla), która mieściła się w zakresie 5,7÷7,4% s.m. oraz

fosforu ogólnego - od 1,6 do 2,1% s.m. (tab. 4). Zawartość części organicznych (oznaczonych jako straty prażenia w temp. 600°C) w reprezentatywnych próbkach kształtowała się na poziomie 60÷80% s.m., natomiast wapnia ok. 1,2÷2% s.m. oraz odczynem zbliżonym do obojętnego (pH = 6,8 do pH = 7,7).

Tabela 3. Stężenia metali ciężkich oraz bakteriologia i parazytologia osadów ściekowych pochodzących z hali suszarniczej

Table 3. Heavy metals' concentrations, bacteriology and parasitology of sewage sludge coming from drying hall

Rodzaj oznaczenia	Reprezentatywne próbki osadów ściekowych pochodzących z hali suszarniczej				Wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (DzU Nr 137, poz. 924)		
	12.02.	04.04.	01.07.	02.10.	W rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne	Do rekultywacji gruntów na cele nierolne	Do rekultywacji terenów, do dostosowania gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz
Cynk mg/kg s.m.	1200±240	1680±336	1650±330	1660±330	2500	3500	5000
Ołów mg/kg s.m.	28,4±5,9	29,9±6,0	32,4±6,5	34,2±6,8	750	1000	1500
Kadm mg/kg s.m.	1,99±0,4	1,82±0,36	1,81±0,36	1,66±0,33	20	25	50
Chrom mg/kg s.m.	15,2±3,0	21,3±4,3	32,0±6,4	22,5±4,5	500	1000	2500
Miedź mg/kg s.m.	113±23	80,0±16	69,1±14	68,7±14	1000	1200	2000
Nikiel mg/kg s.m.	12,7±2,5	17,1±3,4	21,3±4,3	14,8±3,0	300	400	500
Rtęć mg/kg s.m.	<0,05	0,30±0,06	0,24±0,05	0,40±0,08	16	20	25
Bakterie chorobotwórcze z rodzaju <i>Salmonella</i>	(-)	(-)	(-)	(-)	nie wyizolowano w 100 g osadów	n.n.	
Jaja pasożytów jelitowych <i>Ascaris</i> sp., <i>Trichuris</i> sp., <i>Toxocara</i> sp.	0 szt/kg s.m.	0 szt/kg s.m.	0 szt/kg s.m.	0 szt/kg s.m.	0 w kg s.m.	do 300 w kg s.m.	

Objaśnienia / Explanation:

s.m. - sucha masa / dry mass

(-) nie wyizolowano bakterii z rodzaju *Salmonella* / absence of *Salmonella*

n.n. - wartość nienormowana / not been taken into consideration in the standard

Tabela 4 przedstawia parametry nienormowane wymaganiami rozporządzenia. Osady ściekowe pochodzące z hali suszarniczej zawierały mniejsze ilości wody niż osady z placu magazynowego, najmniejszą zawartość odnotowano w sezonie

letnim - niecałe 10%, natomiast największą zawartość wody odnotowano w sezonie wiosennym - około 70%. Próbkę charakteryzowały się ziemistym lub gnilnym zapachem, różniły się natomiast wyglądem, miały postać granulek lub postać ziemistą, grudkowatą.

Tabela 4. **Badania fizyczno-chemiczne osadów ściekowych pochodzących z hali suszarniczej**  
Table 4. **Physicochemical studies of sludge from drying hall**

Rodzaj oznaczenia	Reprezentatywne próbki osadów ściekowych pochodzących z hali suszarniczej			
	12.02.	04.04.	01.07.	02.10.
Zapach	słabo gnilny	ziemisty	ziemisty	ziemisty
Postać	granulki	ziemista, grudkowata	granulki	granulki
Barwa	brunatna	brunatna	brunatna	czarno-szara
pH	7,7±0,1	6,8±0,1	7,2±0,1	7,3±0,1
Azot ogólny % s.m.	7,4±0,7	5,7±0,6	5,9±0,6	6,6±0,7
Fosfor ogólny % s.m.	1,7±0,2	2,1±0,2	1,6±0,2	1,9±0,2
Wapń % s.m.	1,23±0,1	1,60±0,1	1,57±0,1	1,95±0,2
Substancje organiczne/ straty prażenia % s.m.	61,2±6,1	73,0±7,3	59,0±5,9	66,6±6,6
Sucha masa osadu %	51,1±5,1	29,1±2,9	90,1±9,0	55,1±5,5

Objaśnienia / Explanation:  
s.m. - sucha masa / dry mass

## Wnioski

Większość oczyszczalni ścieków boryka się z problemem zagospodarowania osadów powstających w procesie biologicznego oczyszczania ścieków. Rozwiązania praktyczne związane z unieszkodliwianiem i zagospodarowaniem osadów ściekowych nadal nie nadążają za rozwojem technologii oczyszczania ścieków. Chociaż w większości przypadków wyeliminowano z oczyszczalni ścieków laguny, poletka osadowe, wprowadzając wysokosprawne metody zagęszczania, stabilizacji i odwadniania osadów, to nadal pozostaje problem dalszego ich zagospodarowania. Generalnie można przyjąć, że istnieją dwa kierunki postępowania z osadami ściekowymi. Pierwszy z nich wykorzystuje właściwości nawozowe i glebotwórcze osadów, obejmując metody potocznie określane jako przyrodnicze, drugi właściwości paliwowe, obejmując wszelkie rodzaje termicznego przekształcania.

Reasumując powyżej przedstawione wyniki badań prowadzonych w ciągu 2013 roku, można z całą pewnością stwierdzić, iż proces suszenia osadów ściekowych

w hali suszarniczej pozwala na usunięcie wody w znacznie większym stopniu, przez co powoduje, że osady te w stosunku do osadów pochodzących z placu magazynowego:

- nabierają większej wartości rynkowej jako nawóz lub środek kondycjonujący glebę w procesie R-10 zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 w sprawie komunalnych osadów ściekowych (DzU Nr 137, poz. 924),
- posiadają wyższe stężenia metali ciężkich odpowiednio (w mg/kg s.m.): Zn-1200:700, Pb-28,4:13,4, Cd-1,99:1,12, Cr-15,2:9,4, Cu-113:44,8, Ni-12,7:7,3. Rtęć w obu przypadkach wykazywała stężenie niższe niż 0,05 mg/kg s.m., jednakże w żadnej próbce nie wykazano przekroczeń wartości dopuszczalnych określonych w ww. rozporządzeniu,
- charakteryzują się wyższym stężeniem azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego, natomiast niższą zawartością wapnia i zbliżonym do obojętnego pH,
- nie stanowią zagrożenia dla środowiska lub zdrowia ludzi pod względem bakteriologicznym i parazytologicznym (nie wyizolowano bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* w osadach oraz nie stwierdzono obecności żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp.).

### Podziękowania

*Praca została sfinansowana ze środków BS-PB-401-303/12.*

### Literatura

- [1] Kazanowska J., Szaciło J., Analiza jakości osadów ściekowych oraz możliwość ich przyrodniczego wykorzystania, *Acta Agrophysica* 2012, 19(2), 343-35.
- [2] Bień J., Neczaj E., Worwąg M., Grosser A., Nowak D., Milczarek M., Janik M., Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2011, 14(4), 375-384.
- [3] Bauman-Kaszubska H., Sikorski M., Możliwości rolniczego i przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych na przykładzie wybranych obiektów, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 2008, 526, 303-310.
- [4] Bień J.B., *Osady ściekowe. Teoria i praktyka*, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007.
- [5] Sadecka Z., *Podstawy biologicznego oczyszczania ścieków*, Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o., 2010.
- [6] Nowak M., Kacprzak M., Grobelak A., Osady ściekowe jako substytut glebowy w procesach remediacji i rekultywacji terenów skażonych metalami ciężkimi, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2010, 13(2), 121-131.
- [7] PN-EN ISO 5667- 13:2004 - Jakość wody - Pobieranie próbek - Część 13: Wytyczne dotyczące pobierania próbek osadów z oczyszczalni ścieków i stacji uzdatniania wody.
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie osadów ściekowych, DzU Nr 137, poz. 924.
- [9] PN-EN 12176:2004 - Charakterystyka osadów ściekowych - Oznaczanie wartości pH.



- [10] PN-EN 12880:2004 - Charakterystyka osadów ściekowych - Oznaczanie suchej pozostałości i zawartości wody.
- [11] PN-EN 12879:2004 - Charakterystyka osadów ściekowych - Oznaczanie strat przy prażeniu suchej masy osadu.
- [12] PB 16 Wydanie 3 z dnia 14.01.2011 - Próbkę gleby mineralnej i gleby organicznej - Zawartość rtęci ogólnej.
- [13] PB 19 Wydanie 3 z dnia 14.01.2011 - Próbkę gleby mineralnej i gleby organicznej - Zawartość metali: Cu, Zn, Mn, Fe, Cr, Ni, Cd, Pb.
- [14] PB 26 Wydanie 5 z dnia 10.01.2013 – Próbkę nawozu naturalnego, organicznego i organiczno-mineralnego - Zawartość fosforu.
- [15] PN-EN 13342:2002 - Charakterystyka osadów ściekowych - Oznaczanie azotu Kjeldahla.
- [16] PB 27 Wydanie 5 z dnia 10.01.2013 - Próbkę nawozu naturalnego, organicznego i organiczno-mineralnego - Zawartość wapnia.
- [17] PN-EN ISO 6579:2003 - Mikrobiologia żywności i pasz - Horyzontalna metoda wykrywania *Salmonella*.
- [18] PB-106/02.2012 Wydanie 2 z dnia 01.02.2012 - Osady ściekowe - Liczba żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp.
- [19] Krutysz-Hus E., Chmura K., Próby wykorzystania osadów ściekowych w uprawie wierzby krzewiastej dla potrzeb energetycznych, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 2008, 528, 397-403.
- [20] Gawdzik J., Mobilność metali ciężkich w osadach ściekowych na przykładzie wybranej oczyszczalni ścieków, Inżynieria i Ochrona Środowiska 2012, 15(1), 5-15.

### Comparison of Test Results for Stabilized Sewage Sludge Derived from Storage Yard and Drying Hall

The purpose of this paper is to present and compare the research results of stabilized sewage sludge from municipal sewage treatment plant, performed during 2013. For discussed treatment plant flows around 900 m<sup>3</sup> of waste water per day with the following composition: domestic waste about 34%, industrial waste about 8.2%, the remainder being rainwater and groundwater that flows into the sewer system. Sludge was collected for analysis from storage yard and from drying hall located in the area of the sewage treatment plant. In the collected sludge samples were tested heavy metals such as zinc, lead, cadmium, copper, nickel, chromium, mercury. It was determined also: the total nitrogen (Kjeldahl method), total phosphorus content of calcium, magnesium, organic matter content (indicated as loss on ignition at a temperature of 600°C), the dry weight of sludge and pH. There were also made bacteriological tests for the presence of pathogenic bacteria from the *Salmonella* genus and parasitological tests for the presence of live eggs of intestinal parasite: *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp. The mentioned methods were performed with using of accredited tests in accordance with applicable standards. Uncertainty of the measurements study was defined as the expanded uncertainty, with a coefficient of  $k = 2$  and the probability of 95%. Analysis of stabilized sludge in both samples showed low levels of heavy metals, concentrations in samples from drying hall was higher. Sludge contains significant amounts of nitrogen (denoted by the Kjeldahl method) and a low content of phosphorus. The content of organic matter in representative samples remained at a high level. Sludge from the storage yard was strongly alkaline while the one coming from the drying hall was neutral. In the tested samples there was no presence of pathogenic bacteria from the *Salmonella* genus (except for one sample in July), and there was no presence of live eggs of the mentioned intestinal parasites.

**Keywords:** stabilized sewage sludge, physico-chemical analysis, bacteriological analysis, Kjeldahl method, heavy metals