



Ocena składu fizyczno-chemicznego osadów ściekowych pochodzących z komunalnej oczyszczalni ścieków

*Julita Milik, Rafał Pasela, Marek Szymczak, Mariusz Chalamoński
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz*

1. Wstęp

Komunalne osady ściekowe stanowią uboczny produkt oczyszczania ścieków. Ich skład chemiczny jest bardzo zmienny i zależy od rodzaju oczyszczonych ścieków oraz stosowanych procesów oczyszczania. Cechuje je wysokie uwodnienie, znaczny udział substancji organicznych, a także duża zdolność do zagniwania. Do najbardziej niebezpiecznych substancji toksycznych obecnych w osadach ściekowych należą metale ciężkie występujące w postaci rozpuszczonej, współstrąconej z tlenkami metali oraz jako zaadsorbowane lub zasocjowane z resztkami biologicznymi (Latosińska 2014, Dela Guardia & Morales-Rubio 1996). Do głównych szkodliwych metali ciężkich zaliczamy: kadm, ołów, arsen i rtęć. Wysoka zawartość azotu, magnezu, fosforu występująca w osadach ściekowych wpływa korzystnie na ilość składników pokarmowych, powodując zaspokajanie potrzeb nawozowych roślin (Kazanowska & Szaciło 2012, Włodarczyk i in. 2014). Dla ochrony środowiska i gospodarowania zasobami naturalnymi wykorzystanie osadów ściekowych ma duże znaczenie. Rozwój przemysłowo-gospodarczy spowodował znaczny wzrost ilości ścieków komunalnych i przemysłowych, a skutek ich oczyszczania także osadów ściekowych. Dzięki badaniom fizyczno-chemicznym można opracować skuteczną technologię unieszkodliwiania osadów.

Analiza fizyczno-chemiczna prowadzi do możliwości kontrolowania oraz ograniczenia negatywnego działania form metali ciężkich obecnych w osadach ściekowych na środowisko naturalne. Oznaczanie zawartości

substancji organicznej oraz azotu pozwala na odpowiednie dobranie parametrów prowadzących do zwiększenia efektywności kompostowania. Natomiast oznaczanie stopnia uwodnienia osadów pozwala na zastosowanie zabiegów zmniejszenia objętości osadów i ich masy.

Celem podjętych badań była ocena składu fizyczno-chemicznego osadów pochodzących z komunalnej oczyszczalni ścieków. Badanie osadów ściekowych obejmuje oznaczenie zawartości suchej masy, pH, substancji biogenych: (azotu amonowego, fosforu, potasu, magnezu, wapnia), oznaczanie stężenia wybranych metali ciężkich.

2. Materiał i metody

Materiał badany stanowił osad ściekowy pochodzący z komunalnej oczyszczalni ścieków o przepustowości 26 400 m³/d zlokalizowanej na terenie województwa kujawsko-pomorskiego. Ścieki transportowane do oczyszczalni pochodziły z systemu kanalizacji rozdzielczej. Ilość ścieków dopływających na oczyszczalnię wynosiła 428 703 m³. Do badań wykorzystano komunalne osady ściekowe pobrane do analiz zgodnie z normą PN-EN ISO 5667-13: 2004, pochodzące z jednej wybranej oczyszczalni ścieków w pięciu równomiernych 2-miesięcznych odstępach czasowych na przełomie 8 miesięcy w ciągu 2015 roku. Wybrano następujące terminy poboru próbek: styczeń, marzec, maj, lipiec i wrzesień. Badania chemiczne przeprowadzono w laboratorium Katedry Chemii Środowiska i Bioanalitiky na Wydziale Chemii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Przedstawione wyniki analiz chemicznych stanowią średnią z trzech powtórzeń. Określono podstawowe właściwości fizyczno-chemiczne pobranych próbek osadu ściekowego, opierając się na Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, Dz.U. 2015, Nr 1, poz. 257 (tabela 1). Odczyn pH próbek oznaczono elektrometrycznie w roztworze wodnym, a zawartość suchej masy poprzez suszenie w temperaturze 105°C i ważenie. Substancję organiczną z ubytku na wadze po wyżarzeniu w temperaturze 550°C oznaczono według normy PN-EN 12879:2004. Wy-suszone, rozdrobnione próbki osadów poddano badaniu na zawartość azotu i fosforu ogólnego metodą mineralizacji w środowisku kwaśnym z dodatkiem katalizatora. Zawartość azotu amonowego oznaczono metodą spektrofotometryczną. Po mineralizacji oznaczono metodą miareczkową zawartość wapnia i magnezu. Stężenia metali ciężkich w badanych osadach ściekowych

(ołowiu, kadmu, rtęci, niklu, cynku, miedzi i chromu ogólnego) oznaczono na spektrofotometrze emisyjnym ze wzbudzoną plazmą ICP-OES Perkin-Elmer Optima 8000 wykazując obecność pierwiastków (P, Ca, Mg, Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, Cr). Uzyskane wyniki opracowano statystycznie.

Tabela 1. Dopuszczalna ilość metali ciężkich w komunalnych osadach ściekowych

Table 1. The permissible amount of heavy metals in municipal sewage sludge

Metale	Zawartość metali ciężkich w mg/kg suchej masy osadu nie większa niż:		
	Przy stosowaniu komunalnych osadów ściekowych:		
	w rolnictwie oraz rekultywacji gruntów na cele rolne	do rekultywacji terenów na cele nierolne	przy dostosowywaniu 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 (Zn)	2500	3500	5000
Ołów (Pb)	750	1000	1500
Kadm (Cd)	20	25	50
Chrom (Cr)	500	1000	2500
Miedź (Cu)	1000	1200	2000
Nikiel (Ni)	300	400	500

Źródło: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, Dz.U. 2015, Nr 1, poz. 257.

3. Wyniki badań i dyskusja

Parametry fizyczno-chemiczne oraz wartości statystyczne badanych osadów ściekowych pochodzących z wybranej oczyszczalni ścieków zestawiono w tabeli 2. Wynika z nich, że średnia zawartość metali ciężkich w rozpatrywanym okresie utrzymywała się na zbliżonym poziomie, wykazując w kilku przypadkach minimalne tendencje wzrostowe lub spadkowe w zależności od daty poboru prób.

Odczyn w roztworze wodnym jest cechą fizyczno-chemiczną opisującą jakość wytwarzanych osadów ściekowych. Na podstawie przeprowa-

dzonych badań nie stwierdzono większych różnic w badanych próbkach. Wartość pH w osadach ściekowych kształtowała się na średnim poziomie 6,64, przy zakresie wartości od odczynu lekko kwaśnego do kwaśnego wynosząc od 6,21 do 6,87. Najniższą wartością pH charakteryzowały się próby osadów pobrane w lipcu, a najwyższą we wrześniu. Uzyskane wyniki prób badanych osadów mieściły się w zakresie pH dla osadów ściekowych pochodzących z wielu przebadanych oczyszczalni ścieków komunalnych w Polsce, wynosząc od 5-8 pH (Bauman-Kaszubska & Sikorski 2006). W osadach z pośród 29 przebadanych oczyszczalni autor (Maćkowiak 2000) podał wartość pH = 5,8-8,7. Odczyn osadów w południowo-zachodniej Polsce miał charakter od lekko kwaśnego do zasadowego (Roszyk i in. 1987, Niżyńska 2005).

Tabela 2. Zestawienie wyników wybranych parametrów fizyczno-chemicznych oraz wartości statystycznych oznaczanych w osadach ściekowych z badanej oczyszczalni ścieków

Table 2. The summary results of selected physical and chemical parameters and statistical values are identified in the sewage sludge from wastewater treatment plants

L.p.	Metal ciężki	Średnia zawartość	Odchylenie standardowe	Mediana	Min	Max
1.	Odczyn w roztworze wodnym % s.m.	6,64	0,26	6,68	6,21	6,87
2.	Sucha masa % s.m.	41,03	11,72	42,89	24,20	53,69
3.	Substancja organiczna % s.m.	55,83	5,57	55,36	49,36	63,15
4.	Azot ogólny % s.m.	3,89	0,20	4,00	3,60	4,08
5.	Azot amonowy % s.m.	0,36	0,05	0,38	0,29	0,42
6.	Fosfor ogólny % s.m.	0,46	0,14	0,48	0,27	0,65
7.	Wapń % s.m.	1,66	0,33	1,72	1,20	2,01
8.	Magnez % s.m.	0,61	0,11	0,58	0,46	0,75
9.	Ołów mg/kg s.m.	11,85	2,32	11,92	8,88	14,85
10.	Kadm mg/kg s.m.	1,17	0,47	0,98	0,77	1,96
11.	Nikiel mg/kg s.m.	16,12	4,41	14,78	11,48	22,46
12.	Cynk mg/kg s.m.	708,75	181,23	621,50	558,5	987,25
13.	Miedź mg/kg s.m.	126,57	20,35	121,24	107,69	160,36
14.	Chrom ogólny mg/kg s.m.	23,82	6,64	22,31	17,48	34,35

Zawartość suchej masy w badanych próbkach osadu była nieco zróżnicowana i zależała od daty pobrania materiału. Najmniej suchej masy wynosiło 24,20%. Wraz z datą kolejnego pobrania zawartość suchej masy wzrastała osiągając najwyższą wartość 53,69%.

Substancja organiczna osadów ściekowych wywiera istotny wpływ na wiązanie metali ciężkich, uzależniona jest od procesów technologicznych oraz stabilizacji i może być różna, decydując o sposobie ich zagospodarowania. Osady wytworzone w analizowanej oczyszczalni ścieków charakteryzowały się zbliżonym stężeniem substancji organicznej w suchej masie kształtując się na poziomie średniej 55,8% s.m. Najwięcej pierwiastka oznaczono w osadzie pobranym we wrześniu wynosząc 63,15% s.m., a najmniej 49,36% s.m. Wskaźnik podkreśla, że osady wytwarzane ze ścieków komunalnych mogą stanowić wartościowy nawóz rolniczy oraz określać przydatność osadów ściekowych dla ich rolniczego wykorzystania (Fijałkowski & Kacprzak 2009, Kazanowska & Szaciło 2012, Singh & Agrawal 2008).

Dla porównania wyników badań autorzy (Gambuś & Gorlach 1998) wykryli 40% materii organicznej w osadach ściekowych pochodzących z oczyszczalni z województwa krakowskiego, natomiast (Niżyńska 2005) podała zakres wartości od 25,7-72,2% s. m, wynoszące średnio: 56% s.m., przy współczynniku zmienności 24,5%. Inni autorzy (Rozczyk i in. 1987) oznaczyli średnio 51,9% s.m. substancji organicznej. Podobne wartości uzyskali (Gambuś & Wieczorek 2003) 39,7% s.m. w osadzie z Kresowic oraz z Niepołomnic 53,7% s.m.

Zawartość azotu ogólnego kształtowała się na zbliżonym poziomie od 3,60 do 4,08% s.m., przy średniej zawartości 3,89% s.m.

Ilość azotu amonowego w materiale osadowym mieściła się w przedziale od 0,29 do 0,42% s.m. osiągając zbliżone do siebie wartości. Średnia zawartość wyniosła 0,36% s.m.

Fosfor ogólny jest jednym z najważniejszych składników pokarmowych roślin. Zawartość omawianego makroelementu występowała w zakresie od 0,27 do 0,65% s. m, kształtując się na odpowiednim poziomie dla osadów ściekowych. W komunalnych osadach ściekowych występuje w formie związków organicznych nieprzyswajalnych dla roślin, a poziom może zależeć od skuteczności jego wytrącania ze ścieków w postaci związków nierozpuszczalnych w wodzie.

Zawartość wapnia w badanych materiałach kształtowała się na zbliżonym do siebie poziomie, najmniej wapnia wynosiło 1,20% s.m., a najwięcej 2,01% s.m., przy średniej wartości 1,66% s.m., Według dostępnych informacji zgromadzone osady nie były wapnowane w celach higienizacyjnych.

Średnia zawartość magnezu wynosiła 0,61% s.m. Najmniej magnezu odnotowano w osadzie pobranym we wrześniu o wartości 0,46% s.m., a najwięcej 0,75% s.m., co zostało przedstawione w tabeli 2.

Występowanie ołowiu wpływa na zaburzenia procesu fotosyntezy, działając toksycznie na mikroorganizmy glebowe po dostaniu się do gleby w dużym stężeniu. Ogólna zawartość ołowiu w osadach ściekowych jest zróżnicowana i mieści się w granicach 3-372 mg/kg s.m., (Wilk i in. 2009, Kabata-Pendias & Mukherjee 2007), natomiast w przypadku osadu według (Ilba i in. 2008) zawartość ołowiu wynosiła 25,9-59,6 mg/kg s.m. W badanych osadach zawartość pierwiastka była stosunkowo niska w porównaniu do osadów pochodzących z wielu różnych badanych osadów w Polsce, malejąc wraz z kolejnym poborem prób. Najwięcej ołowiu stwierdzono w próbie pobranej w styczniu 2015 roku, 14,85 mg/kg s.m., a najmniej w próbie pobranej we wrześniu mając zaledwie 8,88 mg/kg s.m. Jednakże przedstawione wartości mieściły się w kryterium do wykorzystania osadu w rolnictwie 750 mg/kg s.m. Według danych z województwa podkarpackiego stężenie ołowiu wynosiło 33-120 mg/kg s.m., a osad ściekowy z przemysłowej oczyszczalni ścieków zawierał niską zawartością ołowiu, podobnie jak osad pochodzący z oczyszczalni ścieków w Ostrówcu Świętokrzyskim 62,2 mg/kg s.m. (Gawdzik 2012). W większych oczyszczalniach ścieków stężenie pierwiastka wahało się na poziomie 32,0-35,5 mg/kg s.m. (Maćkowiak & Igras 2005, Nowak i in. 2010, Gawdzik & Latosińska 2012) oraz 39,9 mg/kg s.m. (Ilba i in. 2008). Podobnie sytuacja wyglądała w oczyszczalni w Przemyślu 38,9 mg/kg s.m. Autor (Gondek 2006) uzyskał wartości 13-20 mg/kg s.m., a (Kabata-Pendias & Mukherjee 2007) wykazali, że ołów jest mało ruchliwy w glebie i wynosił około 0,1-10 mg/kg s.m., powodując degradację gleb. Osady w Radomiu zawierały niskie wartości 2,91 mg/kg s.m., wyższe w Niepołomicach 40,15 mg/kg s.m., a w Krzeszowicach 81,55 mg/kg s.m., o wiele wyższe wartości, co stwierdziła w swoich badaniach (Nizyńska 2005).

Kadm jest metalem toksycznym, który pobierany przez rośliny kumuluje się w ich korzeniach powodując zakłócenia w przebiegu fotosyntezy. Zawartość kadmu w osadach z badanej Oczyszczalni Ścieków wynosiła minimalnie 0,77 mg/kg s.m., natomiast maksymalnie 1,96 mg/kg s.m. W osadach ściekowych w Polsce zawartość kadmu wynosi od 0,3 do 83,8 mg/kg s.m. W przypadku średnich i małych oczyszczalni od 0,2 mg/kg s.m. do 12,8 mg/kg s.m.

Zanieczyszczenia środowiska niklem jest niebezpieczne dla roślin, ponieważ przyswajalność tego pierwiastka wzrasta wraz z obniżeniem pH gleby, a nadmiar wpływa źle na metabolizm roślin powodując choroby liści. Zawartość pierwiastka w ściekach mieściła się w granicach: 20-3924 mg/kg s.m., rzadko przekraczając normy 100 mg/kg s.m. W Polsce zawartość niklu w osadach z różnych oczyszczalni ścieków wahała się w szerokim zakresie od 2,2 do 358 mg/kg s.m. Im bardziej były tereny uprzemysłowione tym zawartość niklu trafiającego do komunalnych ścieków wzrastała. W badanych próbkach osadów zawartość niklu mieściła się w przedziale od 11,48 do 22,46 mg/kg s.m. Zawartość niklu w oczyszczalni w Przemysłu wynosiła od 15,8-33,7 mg/kg s.m. (Ilba i in. 2014).

Cynk jest pierwiastkiem powszechnie występującym w środowisku, najbardziej ruchliwym metalem w glebie i osadzie. Nadmiar cynku zaburza fotosyntezę roślin, natomiast niedobór prowadzi do hamowania ich wzrostu. W Polsce zawartość cynku w osadach ściekowych szacuje się na poziomie od 83 do 5124 mg/kg s.m., jednakże większość osadów zawiera 1000-2000 mg/kg s.m., (Wilk & Gworek 2009). W osadach z badanej Oczyszczalni Ścieków zawartość cynku wynosiła od 558,5 do 987,2 mg/kg s.m., spełniając kryterium zawartości pierwiastka dla rolniczego stosowania (limit 2500 mg/kg s.m.). Autorzy (Rajmund & Bożym 2013) odnotowali zawartość cynku w zakresie od 543 do 639 mg/kg s.m., osiągając pięciokrotnie mniej cynku w stosunku do wartości dopuszczalnych podanych w Rozporządzeniu. Autorzy (Czyżyk & Kozdraś 2004) stwierdzili zawartość cynku na poziomie 2285, mg/kg s.m., a (Ignatowicz i in. 2011) 655,0 mg/kg s.m. W wyniku porównania 29 oczyszczalni ścieków komunalnych uzyskano wartości 1504 mg/kg s.m. (Maćkowiak 1999). Wykazano dużą zmienność koncentracji cynku w osadach w południowo-zachodniej Polsce (Roszyk i in. 1987).

Miedź odgrywa istotną rolę w rozwoju roślin pełniąc funkcję metaboliczną. W badanych osadach nie stwierdzono przekroczeń zawartości pierwiastka. Największa zmierzona zawartość miedzi wynosiła niecałe 160,36 mg/kg s.m., przy zawartości dopuszczalnej 1000 mg/kg s.m. (tabela 1), a najmniejsza 107,69 mg/kg s.m. Średnia zawartość miedzi w pobranych osadach ściekowych wynosiła 126,57 mg/kg s.m. Dla porównania osadów pochodzących z województwa podkarpackiego zawartość miedzi oscylowała między 49-149 mg/kg s.m., a w przemysłowej oczyszczalni ścieków wynosiła 131,8-189,11 mg/kg s.m. i była nieco wyższa od wartości badanych. Badany osad ściekowy posiada porównywalną zawartość miedzi w stosunku do innych osadów pochodzących z oczyszczalni ścieków np.: 130,8 mg/kg s.m. (Maćkowiak & Igras 2005). Zawartość miedzi w osadzie ściekowym jest uzależniona od wielkości oczyszczalni: im większa oczyszczalnia, tym większe stężenie metali w osadzie ściekowym. W województwie siedleckim odnotowano niskie stężenie: 70-80 mg/kg s.m. Maksymalna zawartość metalu w osadach dla zastosowania rolniczego wynosi 500 mg/kg s.m.

W Polsce w osadzie ściekowym odnotowano udział chromu na poziomie 5-1380 mg/kg s.m., co oznacza że zawartości chromu w osadach są stosunkowo niskie. Ogólna zawartość chromu w badanych osadach ściekowych wykazywała podobną tendencję jak w przypadku niklu malejąc wraz z kolejnym poborem prób. Najwięcej chromu miała wartość 34,35 mg/kg s.m., a najmniej 17,48 mg/kg s. m, a średnia zawartość 23,82 mg/kg s.m. i była zbliżona do wyników otrzymywanych w różnych badanych obiektach w Polsce (Gawdzik 2012, Gondek 2006, Nowak i in. 2010).

Porównanie średnich zawartości poszczególnych metali ciężkich w komunalnym osadzie ściekowym z wynikami badań osadów pochodzących z różnych rejonów Polski wykazuje podobieństwo lub wypada na korzyść oczyszczalni ścieków, w której analizowane osady posiadają mniejszą zawartość metali ciężkich.

4. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza jakości osadów ściekowych pochodzących z badanej oczyszczalni ścieków wykazała, że zawartość metali ciężkich nie przekroczyła określonego w Rozporządzeniu Ministra Rol-

nictwa dopuszczalnego poziomu (tabela 1), spełniając aktualnie obowiązujące limity, mieszczące się w przedziale podawanym dla polskich osadów. Fakt ten przemawia za rolniczym wykorzystaniem osadów m.in. do nawożenia gleb i roślin, rekultywacji gruntów i produkcji kompostu, do uprawy roślin na cele energetyczne. Średnia zawartość metali ciężkich w rozpatrywanym okresie utrzymywała się na zbliżonym poziomie o czym świadczą dane zawarte w tabeli 2. Stężenie zawartości miedzi, niklu, kadmu, ołowiu, fosforu i chromu ogólnego malało wraz z kolejnym poborem prób. Zawartość magnezu, cynku, azotu ogólnego, amonowego i substancji organicznej w badanych próbach osadów była zbliżona, wykazując charakter niezmienny. W okresie prowadzenia badań zawartość suchej masy wzrastała zgodnie z kolejnym poborem prób osadów. Otrzymane wyniki potwierdziły, że technologie przeróbki w oczyszczalniach oraz charakter oczyszczanych ścieków decydują o właściwościach fizyczno-chemicznych osadów ściekowych. Właściwości osadów ściekowych pochodzących z badanej oczyszczalni miały charakter kształtujący się przez rodzaj oczyszczonych ścieków i zastosowanie metody przeróbki osadów. Osad można utylizować termicznie stosując metody pozwalające na spalanie osadu zawierającego ponad 90% suchej masy.

Literatura

- Bauman-Kaszubska, H., Sikorski, M. (2011). Charakterystyka ilościowa i jakościowa osadów ściekowych pochodzących z małych oczyszczalni ścieków w powiecie płońskim. *Inżynieria Ekologiczna*, nr 25.
- Czyżyk, F., Kozdraś, M. (2004). Właściwości chemiczne i kompostowanie osadów z wiejskiej oczyszczalni ścieków. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T.4.Z.21 (11)*, 559-569.
- De la Guardia, M., Morales-Rubio, A. (1996). Modern strategies for the rapid determination of metals in sewage sludge. *Trends in Analytical Chemistry*, 15(8), 311-318.
- Fijałkowski, K., Kacprzak, M. (2009). Wpływ dodatku osadów ściekowych na wybrane fizyczno-chemiczne i mikrobiologiczne parametry gleb zdegradowanych. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 12, 133-141.
- Gawdzik, J. (2012). Mobilność metali ciężkich w osadach ściekowych na przykładzie wybranej oczyszczalni ścieków. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 15(1), 5-15.

- Gawdzik, J., Latosińska, J. (2012). Analiza mobilności metali ciężkich w wybranych osadach ściekowych z oczyszczalni ścieków o różnej przepustowości. *Proc. of ECOpole, 6 (1)*, 319-324.
- Gambuś, F., Górlach, E. (1998). Chemical composition of sludge from sewage treatment plant of the Cracow Province as criterion of their usage. *Acta Agri. Et Silv., Ser. Agr. 36*. 9-21.
- Gambuś, F., Wieczorek, J. (2003). Ocena wartości nawozowej wybranych osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 493*. 759-766.
- Gondek, K. (2006). Zawartość różnych form metali ciężkich w osadach ściekowych i kompostach. *Acta Agrophysica, 8(4)*, 825-838.
- Ignatowicz, K., Garlicka, K., Breńko, T. (2011). Wpływ kompostowania osadów ściekowych na zawartość wybranych metali i ich frakcji. *Inżynieria Ekologiczna, 25*, 231-241.
- Ilba, E., Masłoń, A., Tomaszek, J., Kutwicka, A. (2014). Ocena zawartości metali ciężkich w osadach ściekowych z miejskiej oczyszczalni w Przemyśle w aspekcie wykorzystania ich w rolnictwie. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury, t. XXXI, z. 61, 1/140*, 55-65.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A. B. (2007). *Trace elements from soil to human*. Berlin-Heidelberg: Springer. Verl. ISBN 978-540-32713-4, 550.
- Kazanowska, J., Szaciło, J. (2012). Analiza jakości osadów ściekowych oraz możliwość ich przyrodniczego wykorzystania. *Acta Agrophysica, 19 (2)*, 343-353.
- Latosińska, J. (2014). Analiza mobilności metali ciężkich z osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków w Olsztynie i Sitkówce-Nowiny. *Inżynieria i Ochrona Środowiska, 17(2)*, 243-253.
- Maćkowiak, Cz. (1999). Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych. *Biuletyn Informacyjny IUNG, 10*, 14-17.
- Maćkowiak, Cz., Igras, J. (2005). Skład chemiczny osadów ściekowych i odpadów przemysłu spożywczego o znaczeniu nawozowym. *Inżynieria Ekologiczna, 10*, 70-77.
- Niżyńska, A. (2005). *Badania składu osadów ściekowych z Wrocławskiej Oczyszczalni Ścieków Janówek dla potrzeb oceny możliwości ich wykorzystania na cele nieprzemysłowe*. (Etap II; 6 seria pomiarowa). Maszynopis IOŚO/Wrocław.
- Nowak, M., Kacprzak, M., Grobelak, A. (2010). Osady ściekowe jako substytut glebowy w procesach remediacji i rekultywacji terenów skażonych metalami ciężkimi. *Inżynieria i Ochrona Środowiska, 13(2)*, 121-131.
- PN-EN ISO 5667 – 13:2004. Jakość wody – Pobieranie próbek – Część 13: Wytyczne dotyczące pobierania próbek osadów z oczyszczalni ścieków i stacji uzdatniania wody.

- Rajmund, A., Bożym, M. (2013). Ocena zawartości metali ciężkich w wiejskich osadach ściekowych i kompostach w aspekcie ich przyrodniczego wykorzystania. *Woda-Środowisko-Obszary wiejskie, (X-XII). T.13.Z.4* (44).
- Roszyk, E., Roszyk, S., Spiak, Z. (1987). Wartość nawozowa osadów ściekowych z niektórych oczyszczalni południowo-zachodniej Polski. Część I. Skład chemiczny osadów. *Roczn. Glebozn. 38(3)*, 93-102.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, Dz. U. 2015, poz. 257.
- Siuta, J. (2003). Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. *Inżynieria Ekologiczna, 9*, 7-42.
- Singh, R.P., Agrawal, W. (2008). Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management, 28(2)*, 347-358.
- Szwedziak, K. (2006). Charakterystyka osadów ściekowych i rolnicze wykorzystanie. *Inżynieria Ekologiczna, 4*, 297-302.
- Wilk, M., Gworek, B. (2009). Metale ciężkie w osadach ściekowych. *Ochrona Środowiska i zasobów Naturalnych, 39*, 40-59.
- Włodarczyk, E., Próba, M., Wolny, L. (2014). Porównanie wyników badań ustabilizowanych osadów ściekowych pochodzących z placu magazynowego i hali suszarniczej. *Inżynieria i Ochrona Środowiska, 17(3)*, 473-481.

Evaluation of the Physico-chemical Composition of Sludge from Municipal Sewage Treatment Plant

Abstract

Municipal sewage sludge are a by-product of waste water treatment. The problems of sludge associated with the development of sludge require urgent solutions. Municipal sewage sludge may be used in agriculture in two forms: processed and unprocessed if they are stabilized and comply with acceptable levels of heavy metals and sanitation indicators and include the relevant product quantities of organic compounds and fertilizing nitrogen, phosphorus and potassium. Composition and quantity of sludge produced in the wastewater treatment process is different and depends on several parameters such as quality of waste water and processes for their purification. The presents shows an assessment of the physical and chemical sludge from sewage treatment plants selected and the results of research and analysis for the sludge collected from said object.

Analysis of the results was carried out for possibilities to use sewage sludge for agricultural purposes. Sewage sludge derived from a sewage treatment plant mechanical-biological stabilization of sludge anaerobic digestion with a capacity of 26,400 m³ per day. The sediment samples were collected in

the period from January to September 2015 year with a two-month interval. Attempts were subjected to microwave mineralization in a closed system in aqua regia. The heavy metal concentrations determined with a spectrophotometer Coupled Plasma emission ICP-OES Perkin-Elmer Optima 8000 detecting elements P, Ca, Mg, Pb, Cd, Hg, Ni, Zn, Cu, Cr. The collected sediment were determined: pH, dry weight of sediment, organic matter (marked as loss on ignition at 550 ° C), total nitrogen (Kjeldahl) and ammonium nitrogen.

The results were compared with the limit values according to the law. It has been shown that the predominant heavy metals present in the sludge was copper and zinc, mercury was not detected. The value of organic matter sludge tested ranged from 49.36 to 63.15% of dry matter. The content of heavy metals in sediments was measured by reference to the existing provisions governing the use of natural sewage sludge. The contents of heavy metals were low and did not exceed the limit values in sewage sludge for their use in agriculture and land reclamation. The studied sediments were stable nature. The results indicate the good properties of the sludge, which can be used as organic fertilizer. It has been shown that the sludge produced in the study treatment did not exceed in any case permissible concentrations of heavy metals specified for sewage sludge used for agricultural purposes. The annual average content of heavy metals in the study period remained at a similar level. Understanding the composition of the physico-chemical sludge waste is the basis for the decision over their processing, use or disposal. The precipitate may be disposed by using thermal methods for combustion of solid comprising 90% of dry matter.

Słowa kluczowe:

osady ściekowe, skład chemiczny, metale ciężkie, substancja organiczna, oczyszczanie ścieków komunalnych

Keywords:

sewage sludge, chemical, heavy metals, organic material, waste water treatment