

Józefa WIATER<sup>1</sup>, Andrzej BUTAREWICZ<sup>2</sup>

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

<sup>1</sup> Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska

<sup>2</sup> Zakład Biologii Sanitarnej i Biotechnologii

ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

e-mail: j.wiater@pb.edu.pl, a.butarewicz@pb.edu.pl

## Sposoby wykorzystania osadów z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku

W pracy przedstawiono gospodarkę osadową prowadzoną w Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku oraz kierunki zagospodarowania osadów wytwarzanych przez oczyszczalnię. Oczyszczalnia Ścieków w Białymstoku jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną, która stosuje metodę osadu czynnego w procesie oczyszczania ścieków i przeróbkę osadów ściekowych. Biogaz wytwarzany w komorach fermentacyjnych przeznaczony jest na wytwarzanie energii cieplnej i elektrycznej na potrzeby oczyszczalni. Energia cieplna wykorzystywana jest do ogrzania komór fermentacyjnych. Zapewnia to oczyszczalni obniżenie kosztów wynikających z poboru energii z sieci miejskiej oraz zabezpiecza inwestycję w przypadku awarii sieci. Właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni w Białymstoku mają zmienny charakter, kształtowany przez rodzaj oczyszczanych ścieków i zastosowane metody przeróbki osadów. Ze względu na swoje właściwości odwodnione osady ściekowe z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku są wykorzystywane do procesu kompostowania, a także do uprawy roślin przeznaczonych na kompost. Po wysuszeniu do postaci granulatu są stosowane do nawożenia lub współspalane jako dodatek do paliw.

**Słowa kluczowe:** osady ściekowe, gospodarka osadami ściekowymi

### Wstęp

Osady ściekowe wytwarzane w miejskich oczyszczalniach ścieków z uwagi na swoje właściwości fizykochemiczne oraz zagrożenia, jakie mogą stwarzać dla środowiska oraz zdrowia ludzi, muszą być poddawane odpowiedniej przeróbce. Osady powinny być unieszkodliwiane w celu zmniejszenia stopnia ich zagniwania w procesie stabilizacji, zniszczenia organizmów chorobotwórczych w procesie higienizacji, zmniejszenia objętości i masy osadu w procesie odwodnienia i suszenia. Kwalifikuje się je do metod zagospodarowania na podstawie składu chemicznego, stanu sanitarnego oraz cech fizycznych [1]. Największą trudnością związaną z przyrodniczym wykorzystaniem osadów są wysokie zawartości metali ciężkich, które w nich występują. Przy aplikacji osadów do gleby nadmiar metali ciężkich w osadzie może powodować zmiany w żyzności gleb oraz obniżać wielkość i jakość plonów roślin. Dopuszczalna ilość metali, jaka może występować w osadzie, została określona w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [2]. Zgodnie z cytowanym rozporządzeniem, osady ściekowe mogą być stosowane:

- w rolnictwie do produkcji wszystkich płodów rolnych wprowadzanych do obrotu handlowego łącznie z uprawami przeznaczonymi na produkcję pasz,
- do rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolne,
- w celu dostosowania gruntów do określonych potrzeb, o ile wynikają one 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, które nie są przeznaczone do spożycia lub na pasze.

Gospodarka osadowa w oczyszczalniach musi być prowadzona w taki sposób, by zapewniać właściwy wybór procesów przeróbki osadów oraz ich późniejsze zagospodarowanie. Decydując się na ostateczny sposób zagospodarowania osadów, należy przeanalizować aspekty techniczne, ekonomiczne, ekologiczne oraz uwarunkowania prawne [3]. Jedną z metod przeróbki osadów jest ich termiczne przekształcenie. Wybór termicznej metody przeróbki osadów ściekowych ma wpływ na ich późniejsze zagospodarowanie, które zależy od wielu czynników. Do najważniejszych należą określenie obszaru, dla którego powinna być opracowywana koncepcja zagospodarowania osadów ściekowych, oraz określenie ich właściwości fizykochemicznych. Na podstawie tych właściwości można oszacować możliwy do uzyskania stopień mechanicznego odwodnienia komunalnych osadów przeznaczonych do termicznego przetwarzania. Ważna jest także analiza lokalizacji planowanej instalacji suszenia i termicznego przetwarzania osadów, jej odległość od zakładu oczyszczania ścieków (o ile zakład zostanie zlokalizowany poza oczyszczalnią) wraz z logistyką i kosztami transportu. Istotna jest również analiza technicznych i ekonomicznych aspektów determinujących wybór technologii suszenia osadów oraz efektywności energetycznej procesu suszenia osadów [4].

W pracy przedstawiono gospodarkę osadową prowadzoną w Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku oraz kierunki zagospodarowania wytwarzanych przez oczyszczalnię osadów.

## 1. Charakterystyka Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku

Białostocka oczyszczalnia ścieków została wybudowana w oparciu o projekt Biura Projektów Budownictwa Komunalnego „Stolica” w Warszawie i oddana do użytku w 1994 r. Oczyszczalnia ta jest największą oczyszczalnią ścieków w północno-wschodniej Polsce, obsługującą ponad 200 000 RLM. Docierają do niej ścieki komunalne i przemysłowe z miasta Białegostoku i z terenów przyległych, leżących w dorzeczu rzek Supraśl i Narew, na których znajdują się następujące gminy: Choroszcz, Dobrzyniewo Kościelne, Juchnowiec Kościelny, Supraśl, Wasilków. Obszar, z którego dopływają ścieki, charakteryzuje się niskim stopniem uprzemysłowienia w porównaniu do innych regionów kraju. Około 80% ścieków stanowią ścieki bytowo-gospodarcze, pozostałe 20% to ścieki przemysłowe pochodzące z różnych przedsiębiorstw. Głównym źródłem zanieczyszczeń trafiających do kanalizacji są ścieki z terenu Białegostoku. Ilość ścieków odbierana przez

oczyszczalnię z obsługiwanego terenu wynosi w ciągu roku około 15 500  $\text{dam}^3$  ścieków komunalnych oraz 204  $\text{dam}^3$  ścieków przemysłowych [5].

Oczyszczalnia Ścieków w Białymstoku jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną, która stosuje metodę osadu czynnego w procesie oczyszczania ścieków, przeróbkę osadów ściekowych i wykorzystuje wytworzony biogaz. Białostocka oczyszczalnia oczyszcza około 100 000  $\text{m}^3$  ścieków w ciągu doby i jest w stanie przerobić około 400÷700  $\text{m}^3$  osadu po zagęszczeniu. Oczyszczalnia charakteryzuje się następującymi parametrami: maksymalna przepustowość: 176 500  $\text{m}^3/\text{d}$ , obciążenie ładunkiem BZT<sub>5</sub>: 53 000  $\text{kg O}_2/\text{d}$ , obciążenie ładunkiem zawiesiny: 62 500  $\text{kg}/\text{d}$ , redukcja BZT<sub>5</sub>: 95%, redukcja zawiesiny: 85%.

W części mechanicznej ścieki wpływają komorą wlotową, przepływając przez hałę krat, w której znajdują się dwie kraty mechaniczne haczykowate, gęste, o prześwitach 6 mm. Przepustowość krat mechanicznych wynosi ok. 9000  $\text{m}^3/\text{h}$ . Skratki są płukane w płuczce typu „Washbox” RWB, a następnie przenoszone do przeznaczonego na nie kontenera. Po przepuszczeniu przez prasę śrubową są one co kilka dni wywożone na składowisko odpadów w Hryniewiczach.

W kolejnym etapie ścieki trafiają do przepompowni głównej. Znajdujące się tam pompy tłoczą napływające ścieki najpierw do komory rozdziału, a następnie do dwóch dwukomorowych piaskowników. Ilość usuwanego piasku wynosi 2÷3 tony/dobę przy pogodzie suchej, natomiast wzrasta do ok. 15 ton/dobę przy opadach lub roztopach. Następnie ścieki trafiają do czterech osadników wstępnych, podłużnych, o pojemności 1900  $\text{m}^3$  każdy. Są w nich zatrzymywane ok. 2 godziny. W tym czasie opada większość zawiesiny oraz zatrzymywane są tłuszcze i części pływające, które przeszły przez kraty. Każdy poszczególny osadnik wstępny stanowi zespół z komorą predenitryfikacji i komorą defosfatacji. Trafia do nich około 20% ścieków po oczyszczeniu mechanicznym wraz z osadem czynnym, który jest zawrócony z osadników wtórnych poprzez pompownię osadu czynnego. W komorach tych następuje usuwanie azotu azotanowego pozostałego po właściwym procesie denitryfikacji. Ścieki są mieszane za pomocą wirownic znajdujących się w każdym basenie predenitryfikacji, zaś pozostałe 80% ścieków oraz wody nadosadowe z zagęszczacza grawitacyjnego łączą się w komorze defosfatacji, gdzie następuje biologiczne usuwanie fosforu. Ścieki opuszczające komory defosfatacji są kierowane do komór osadu czynnego, które ulokowane są w dwóch basenach.

Po komorach napowietrzania ścieki podawane są na sześć osadników wtórnych radialnych z systemem ssawkowym do odbierania osadu o pojemności 6000  $\text{m}^3$  każdy. Osad odbierany jest, gdy jego ilość dojdzie do określonego poziomu, a następnie kierowany do pompowni osadu czynnego (4 pompy do recyrkulacji osadu czynnego), skąd osad czynny nadmierny jest odprowadzany przy udziale trzech pomp do stacji mechanicznego zagęszczania osadu nadmiernego w ilości średnio 8÷10 t s.m./dobę. Po sklarowaniu odpływu ścieki oczyszczone odprowadzane są do odbiornika.

Osad czynny nadmierny poddawany jest fermentacji mezofilowej w WKF-ach, a następnie odwadniany mechanicznie na prasach firmy BELLMER. W kolejnym etapie odwodnione osady są suszone w suszarko-granularce firmy SEGMERS,

grzanej olejem lub parą wodną o niskim ciśnieniu. Do budynku suszarni trafiają osady składowane na placu oraz bezpośrednio ze stacji mechanicznego odwadniania. Proces suszenia i granulowania osadów dzieli się na kilka etapów: przechowywanie i dozowanie osadu, suszenie i recyrkulacja osadu, recyrkulacja granulek, chłodzenie granulek, składowanie wysuszonego osadu.

Wysuszony osad w postaci granulatu trafia na wydzielone składowisko znajdujące się na terenie białostockiej oczyszczalni ścieków. Ze składowiska granulatu może zostać przetransportowany w miejsca wykorzystania samochodami ciężarowymi.

## 2. Ilość osadów wytworzonych w Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku w latach 2011-2013

W latach 2011-2013 Oczyszczalnia Ścieków w Białymstoku wytwarzała rocznie ponad 30 tys. m<sup>3</sup> odwodnionych osadów ściekowych (tab. 1). Uwodnienie tych osadów oscylowało wokół wartości 80%.

Tabela 1. Zestawienie ilości osadów ściekowych wytwarzanych w Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku w latach 2011-2013

Table 1. The amount of sewage sludge generated in Białystok Treatment Plant in 2011-2013

Rok	Osad odwodniony m <sup>3</sup>	Średnie uwodnienie osadu %	Ilość osadów wysuszonych m <sup>3</sup>	Osad pozostały do zagospodarowania m <sup>3</sup>	Ilość granulatu t	Średnie uwodnienie granulatu %
2011	32 300	79	21 350	10 950	5340	10
2012	36 200	80	3500	32 700	850	12
2013	34 100	79	6300	27 800	1580	11

Źródło: Dane uzyskane z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku

Właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni w Białymstoku mają zmienny charakter, kształtowany przez rodzaj oczyszczanych ścieków i zastosowane metody przeróbki osadów. Najbardziej niebezpieczne są obecne w osadach substancje toksyczne, w tym metale ciężkie oraz drobnoustroje chorobotwórcze. Szczególnie groźne są jaja pasożytów należących do rodzaju *Ascaris*, które mogą przeżyć w odwodnionym osadzie przeciętnie 2 lata, a maksymalnie 7 lat [6].

Osady ściekowe z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku są badane raz na dwa miesiące zgodnie z rozporządzeniem [2]. Badania odwodnionych osadów obejmują oznaczenia wskaźników fizyczno-chemicznych, takich jak: odczyn, sucha masa, substancje organiczne, azot ogólny i amonowy, fosfor organiczny, magnez, wapń, metale ciężkie - cynk, nikiel, miedź, kadm, ołów, chrom, rtęć, oraz wskaźników sanitarnych - obecności bakterii z rodzaju *Salmonella* oraz liczby inwazyjnych jaj nicieni należących do rodzajów *Ascaris*, *Trichuris* i *Toxocara*.

Ze względu na okresowe wykrywanie organizmów patogennych oczyszczalnia wybudowała suszarnię odwodnionych osadów. Suszenie odbywa się w temperaturze dochodzącej do 200°C, a osad osiąga temperaturę 130°C. Dzięki temu znika problem związany z niebezpiecznym czynnikiem biologicznym. Z drugiej strony rosną koszty związane z eksploatacją suszarni.

### **3. Charakterystyka wysuszonych osadów ściekowych z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku w latach 2011-2013**

W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań wysuszonych osadów ściekowych z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku. Badane w latach 2011-2013 osady miały odczyn obojętny. Zawartość suchej masy w osadzie była zróżnicowana od 88 do 90%.

Substancja organiczna osadów ściekowych ma istotny wpływ na wiązanie metali ciężkich. Zawartość substancji organicznej w suchej masie osadu może być różna i zależy od procesów przeróbki, stabilizacji i uwilgotnienia. W badanych osadach stanowi ona średnio 56% s.m. Zawartość substancji organicznej w osadach może decydować o sposobie ich zagospodarowania.

Istnieje wiele ograniczeń możliwości rolniczego wykorzystania osadów ściekowych. Wraz z osadami ściekowymi do gleby wprowadza się substancje toksyczne, z których najważniejsze są metale ciężkie.

Cynk jest pierwiastkiem niezbędnym do życia roślin. Jego niedobór powoduje zahamowanie wzrostu roślin, ale jego nadmiar zaburza fotosyntezę oraz metabolizm wiązania wapnia, miedzi i żelaza. Zawartość tego metalu w osadach w Polsce szacuje się na poziomie od 83 do 5124 mg/kg s.m. W osadach z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku zawartość cynku wynosiła od 1054 do 1525 mg/kg s.m.

Nikiel pobierany przez rośliny w dużych ilościach blokuje dostęp innych pierwiastków potrzebnych do ich rozwoju. Zawartość niklu w osadach z różnych oczyszczalni ścieków w Polsce waha się w zakresie od 2,2 do 358 mg/kg s.m. W badanych próbkach zawartość niklu wahała się od 23,5 do 27,3 mg/kg s.m.

Miedź jest pierwiastkiem pełniącym ważną rolę w rozwoju roślin - pełni funkcję metaboliczną. W osadach oznaczono miedź na poziomie 195÷200 mg/kg s.m. Duża zawartość miedzi w osadach wiąże się z obecnością ścieków przemysłowych oraz spływu zanieczyszczeń z opadami.

Kadm należy do metali toksycznych. Pobierany przez rośliny jest kumulowany w korzeniach oraz powoduje zakłócenia w przebiegu fotosyntezy. Zawartość kadmu w osadach z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku wynosiła minimalnie 1,08 mg/kg s.m., maksymalnie - 1,36 mg/kg s.m. w 2013 r.

Ołów dostarczany do gleby w dużym stężeniu wpływa toksycznie na mikroorganizmy glebowe, hamując rozkład materii organicznej, prowadzi do zaburzenia prawidłowego rozwoju roślin. Średnia zawartość ołowiu w osadach ściekowych wynosiła 24,4 mg/kg s.m. (2011 r.) 22,3 mg/kg s.m. (2012 r.) oraz 21,2 mg/kg s.m. (2013 r.).

Chrom jest stosowany do produkcji barwników, cementu i galwanizacji, co może być jego źródłem w osadach ściekowych. Zawartość chromu wynosiła minimalnie - 69,3 mg/kg s.m., maksymalnie - 70,7 mg/kg s.m.

Z analizy wynika, że zawartość metali ciężkich w badanych osadach jest wielokrotnie mniejsza od wartości dopuszczalnych określonych w rozporządzeniu (tab. 3). Fakt ten przemawia za wykorzystaniem osadu m.in. do nawożenia gleb i roślin, rekultywacji gruntów, produkcji kompostu oraz roślin na cele energetyczne. Można go także utylizować termicznie, stosując metody pozwalające na spalanie osadu zawierającego ponad 90% suchej masy.

Tabela 2. Zestawienie wyników podstawowych parametrów fizyczno-chemicznych oznaczanych w komunalnych osadach ściekowych w latach 2011-2013

Table 2. The results of basic physical and chemical parameters determined in municipal sewage sludge in 2011-2013

Oznaczenie	Jednostka	2011			2012			2013		
		Min.	Max	Średnia/suma	Min.	Max	Średnia/suma	Min.	Max	Średnia/Suma
pH	-	7,4	7,9	7,7	7,6	8,5	8,1	8,1	8,5	8,3
Sucha masa	%	88,6	94,1	90,0	79,1	88,5	88,0	89,6	93,2	89,0
Substancje org.	% s.m.	52,2	58,1	55,4	48,4	59,7	56,4	54,7	59,7	57,2
Azot ogólny	% s.m.	3,66	4,38	4,20	4,44	5,52	4,90	4,26	5,19	4,80
Azot amonowy	% s.m.	0,14	0,31	0,22	0,28	1,07	0,71	0,76	0,98	0,86
Fosfor org.	% s.m.	2,74	3,39	3,01	2,93	3,39	3,23	3,01	3,42	3,15
Magnez	% s.m.	0,57	0,72	0,64	0,66	0,74	0,71	0,64	0,69	0,66
Wapń	% s.m.	4,46	5,86	5,15	3,87	5,09	4,60	4,85	5,09	4,98
Cynk	mg/kg s.m.	1170	1302	1252	956	1204	1064	956	1194	1054
Nikiel	mg/kg s.m.	21,2	25,8	23,5	18,8	38,5	27,3	19,5	33,5	23,9
Miedź	mg/kg s.m.	170	204	195	188	216	200	187	204	195
Kadm	mg/kg s.m.	1,08	1,36	1,25	1,18	1,25	1,23	1,28	1,28	1,28
Ołów	mg/kg s.m.	20,0	29,6	24,4	19,6	26,5	22,2	17,7	27,5	21,2
Chrom w osadzie	mg/kg s.m.	58,0	85,7	70,7	48,3	79,5	59,3	43,0	73,1	59,5
Rtęć	mg/kg s.m.	0,86	1,23	1,10	0,86	1,65	1,10	0,81	0,87	0,80
<i>Salmonella</i>	obecność			nie wyizolowano			wyizolowano			
Suma żywych jaj nicieni	szt./kg s.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: Dane uzyskane z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku

Tabela 3. Dopuszczalna ilość metali ciężkich w komunalnych osadach ściekowych

Table 3. 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 do 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
Kadm (Cd)	20	25	50
Miedź (Cu)	1000	1200	2000
Nikiel (Ni)	300	400	500
Ołów (Pb)	750	1000	1500
Cynk (Zn)	2500	3500	5000
Rtęć (Hg)	16	20	25
Chrom (Cr)	500	1000	2500

Źródło: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, DzU 2010, Nr 137, poz. 924

O wartości osadów stosowanych w rolnictwie decyduje zawartość składników pokarmowych dla roślin, którymi są azot, fosfor, potas, magnez i wapń. Zawartość azotu w badanych osadach wynosiła średnio od 4,2 do 4,9% s.m., a fosforu wahała się od 2,74 do 3,42% s.m. Ilość wapnia była zbliżona w analizowanych osadach i wynosiła 4÷5% s.m. osadu. Skład chemiczny analizowanych osadów był porównywalny do składu osadów z województwa warmińsko-mazurskiego [7]. Osady są źródłem wapnia, który ma znaczny wpływ na odczyn gleb. W województwie podlaskim ponad 70% gleb jest kwaśnych i wnoszenie wapnia wraz z granulatem może przyczyniać się do podniesienia lub przynajmniej stabilizacji odczynu gleb.

W 2012 roku granulaty pochodzący z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku uzyskał stosowny certyfikat na podstawie decyzji wydanej przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, która pozwala na wprowadzenie do obrotu nawozu organicznego pod nazwą „Granbial”. Określono w nim wymagania jakościowe nawozu, a mianowicie: zawartość azotu całkowitego (N) co najmniej 2,5% (m/m), zawartość fosforu w przeliczeniu na P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> co najmniej 3,8% (m/m), zawartość substancji organicznej w suchej masie - 40% (m/m), postać nawozu - stały, granulowany.

#### 4. Kierunki zagospodarowania osadów ściekowych z oczyszczalni w Białymstoku

W oczyszczalniach ścieków, w których stosuje się proces fermentacji i odwadniania osadów oraz proces suszenia, występują różne możliwości ich zagospodarowania. Ze względu na swoje właściwości odwodnione osady ściekowe z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku są wykorzystywane do procesu kompostowania, są stosowane do uprawy roślin przeznaczonych na kompost. Po wysuszeniu do postaci granulatu są stosowane do nawożenia lub jako dodatek do paliw są współspalane (tab. 4).

Tabela 4. Sposoby zagospodarowania osadów w latach 2011-2013

Table 4. Methods of sludge management in 2011-2013

Rok	Sposób zagospodarowania osadu	Ilość osadu zagospodarowanego Mg s.m./rok
2011	do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu	168
	jako paliwo alternatywne	5340
2012	jako paliwo alternatywne	815
	kompostowanie	1951
2013	kompostowanie	7855

Kompostowanie może być zastosowane jako proces końcowego uszlachetniania osadów, pozwalający na uzyskanie materiału o wysokich cechach jakościowych, który może być wykorzystany przyrodniczo. Kompostowanie osadów ściekowych jest procesem wielofunkcyjnym, zapewniającym: stabilizację osadów, zniszczenie organizmów chorobotwórczych, redukcję masy i uwodnienia. Kompost w oczyszczalni sporządzany jest po dodaniu słomy, trocin, zieleni miejskiej albo innych roślin uprawianych jako dodatek do przyzmy kompostowych. Masa roślinna jest nośnikiem energii cieplnej i porotwórczym czynnikiem zapewniającym dostęp powietrza. Osad z oczyszczalni w Białymstoku po odwodnieniu ma korzystny skład nawozowy, a zawartości metali ciężkich spełniają wymogi kompostu jako nawozu organicznego przewidzianego do sprzedaży [8]. Osad wymaga jednak sanitacji biologicznej oraz przekształcenia go do stałej postaci. Substancja organiczna po przetworzeniu na kompost może być wykorzystana jako materiał nawozowy, strukturotwórczy i rekultywacyjny [9]. Kompost wykorzystywany jest do rekultywacji gleb zdegradowanych, w gospodarce leśnej, a także wykazuje przydatność w zakładaniu trawników i konserwacji zieleni miejskiej.

Zawartość azotu w kompoście waha się od 2,5 do 3,0% s.m., fosforu 0,7÷2,5% s.m., potasu 0,2÷0,5% s.m., wapnia 2,5÷4,5% s.m., magnezu 0,25÷0,30% s.m.

O wartości nawozowej kompostów decydują również mikroelementy, które w masie kompostowej dokładnie zhomogenizowanej są rozmieszczone równo-

miernie i nie powodują miejscowego przedawkowania, wpływającego szkodliwie na rośliny [10, 11].

Suszenie polega na rozdzieleniu fazy stałej zawartej w osadzie od fazy ciekłej wskutek zjawisk fizycznych, czyli jest procesem redukcji zawartości wody przez odparowanie jej do powietrza. Intensywność wiązania wody przez fazę stałą jest zależna od rodzaju wiązanej wody. Proces dzieli się na suszenie całkowite i częściowe. Przy pełnym suszeniu celem technologicznym jest osiągnięcie koncentracji suchej masy rzędu 90÷92%. Podczas suszenia częściowego uzyskuje się koncentrację suchej masy rzędu 50÷65%. Według Oleszkiewicza i Reimersa [12] suszenie osadu wykonywane jest w celu: eliminacji całkowitej bądź częściowej wody związanej; minimalizacji objętości osadu, poprawienia wartości opałowej osadu kierowanego do spalania, stabilizacji i higienizacji osadu poprzez wysuszenie do udziału suchej masy 90%, ulepszenia struktury osadu przed jego rozsiewaniem. W procesie suszenia powstają odory. Odory uwalniane podczas suszenia są emitowane do atmosfery, co zwiększa uciążliwość dla środowiska [13].

Granulat wytworzony w oczyszczalni w Białymstoku można stosować do nawożenia roślin rolniczych, takich jak: zboża, kukurydza, rzepak, rośliny przemysłowe. Można także wykorzystać go do nawożenia trawników, roślin ozdobnych (drzew, krzewów i kwiatów). Do obliczenia dawki granulatu przyjęto zasobność gleb w fosfor przyswajalny (oznaczony metodą Egnera-Riehma) i tak na gleby o bardzo niskiej zawartości wskazane jest zastosowanie 3,5 t/ha, o niskiej - 3 t/ha, średniej 1,5÷2 t/ha, wysokiej - 1 t/ha, a do gleb o bardzo wysokiej zawartości nie należy go aplikować. W przypadku roślin ozdobnych i trawników w zależności od kategorii agronomicznej gleb (od ciężkiej do lekkiej) można użyć dawki 5÷10 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> powierzchni. Zaleca się stosowanie granulatu wiosną lub jesienią przed siewem lub sadzeniem roślin i w tym przypadku powinien on być wymieszany z glebą za pomocą narzędzi uprawowych.

Granulatu nie należy aplikować na gleby zalane wodą, przykryte śniegiem, zamrożone na głębokość do 30 cm. Nie należy go także stosować na łąki i pastwiska, w okresie wegetacji roślin przeznaczonych do bezpośredniego spożycia (np. truskawki czy warzywa).

## **5. Wykorzystanie do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu**

Ten sposób użytkowania osadów polega na jednorazowym, intensywnym użyciu gruntu. W kolejnych latach stosuje się ciągłą uprawę roślin i okresowe nawożenie osadami. Najczęściej w uprawach stosuje się rośliny o dużych możliwościach produkcji biomasy, czyli szybko rosnące rośliny o wysokich walorach energetycznych. Do takich roślin zalicza się: łąkowe trawy wysokie, rośliny zbożowe, rzepak, gorczycę, kapustę pastewną, rzodkiew oleistą, wierzby, topole, trzcinę pospolitą.

Rośliny uprawiane w celu przeznaczenia na kompost powinny charakteryzować się następującymi cechami: powinny być wieloletnie lub o długim okresie wegeta-

cji, pobierać duże ilości składników pokarmowych, głównie azotu, nie powinny pobierać metali ciężkich, muszą być łatwe w przygotowaniu do kompostowania (zbieranie, rozdrabnianie). W oczyszczalni na lagunach z osadami uprawia się trzcinę, którą wykorzystuje się do kompostowania z osadem. Potencjalnym miejscem do stosowania tej metody mogą być wyeksploatowane składowiska odpadów mineralnych wymagające rekultywacji. Wskazane jest połączenie procesów rekultywacji z późniejszym wykorzystaniem terenu do produkcji roślin przeznaczonych na kompost. Za tym sposobem zagospodarowania osadów przemawia oddalenie składowiska od osiedli ludzkich, a także istniejąca już infrastruktura, czyli drogi dojazdowe, ogrodzenie itp.

## Podsumowanie

W wielu oczyszczalniach ścieków występuje problem, w jaki sposób prowadzić utylizację oraz wybrać odpowiedni sposób zagospodarowania osadów ściekowych, aby spełnić restrykcyjne regulacje prawne. Istnieje wiele problemów wynikających z konieczności prowadzenia odpowiedniej gospodarki osadowej. Związane są one głównie z dużym uwodnieniem, wysoką koncentracją substancji organicznych podatnych na zagniwanie, uciążliwością odorową oraz sanitarną, a także wysokimi kosztami eksploatacyjnymi prowadzonych metod. Ograniczenia prawne determinują wybór sposobu unieszkodliwiania osadów, których ilość będzie ciągle rosła. Idealnym rozwiązaniem jest stosowanie kilku technologii, pozwalających najefektywniej unieszkodliwić osad ściekowy, jednocześnie mogących się dostosować do zmiennych warunków zewnętrznych.

Budowa instalacji suszenia osadów w białostockiej oczyszczalni pozwoliła na czterokrotną redukcję objętości wytworzonych osadów. Suszenie zwiększa zawartość suchej masy w osadach do około 90% i likwiduje problem związany z obecnością inwazyjnych jaj pasożytów i innych patogenów. Polepsza się konsystencja osadów, a przez to łatwość ich składowania. W formie granulatu osady są sprzedawane jako cenny nawóz, na który oczyszczalnia uzyskała stosowny certyfikat. Nawóz organiczny „Granbial” nadaje się do stosowania na wszystkich rodzajach gleb. Szczególnie polecany jest na gleby słabe, mineralne o niskiej zawartości substancji organicznej.

Nie wszystkie osady są jednak suszone. Część z nich w dalszym ciągu jest składowana na placu, a po wymaganym okresie leżakowania osady mogą być zagospodarowane przyrodniczo. Wykorzystanie przyrodnicze jest drugim uzasadnionym kierunkiem zagospodarowania osadów ściekowych z oczyszczalni w Białymstoku. Odwodnione i ustabilizowane osady ściekowe stanowią źródło cennych składników pokarmowych niezbędnych do wzrostu roślin.

Modernizacja komór fermentacyjnych pozwoliła na zwiększenie produkcji biogazu, z którego oczyszczalnia wytwarza energię cieplną i elektryczną. Energia cieplna wykorzystywana jest do ogrzania komór fermentacyjnych. Zapewnia to oczyszczalni obniżenie kosztów wynikających z poboru energii z sieci miejskiej oraz zabezpiecza inwestycję w przypadku awarii sieci. Z kolei, średnia roczna war-

tość opała osadów wytwarzanych w białostockiej oczyszczalni ścieków wynosi 11351,24 MJ/kg. W postaci zgranulowanej osady ściekowe są również sprzedawane jako paliwo alternatywne.

## Literatura

- [1] Bień J., Osady ściekowe. Teoria i praktyka, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007.
- [2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, DzU 2010, Nr 137, poz. 924.
- [3] Krajowy plan gospodarki odpadami, Monitor Polski, Dziennik Urzędowy RP, nr 11.
- [4] Bień J., Wystalska K., Przekształcanie osadów ściekowych w procesach termicznych, Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa 2009.
- [5] <http://www.wobi.pl/>
- [6] Butarewicz A., Organizmy patogenne w osadach ściekowych - ich wykrywanie i unieszkodliwianie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.
- [7] Mazur Z., Mokra O., Wartość próchnicotwórcza i zawartość makroskładników w osadach ściekowych województwa warmińsko-mazurskiego, Inżynieria Ekologiczna 2011, 27, 131-135.
- [8] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu, DzU 2008, Nr 119, poz. 765.
- [9] Siuta J., Dusik L., Lis W., Kompostowanie osadu ściekowego w Sierpcu, Inżynieria Ekologiczna 2011, 2007, 19, 97-105.
- [10] Zarzycki R., Wielgosiński G., Problemy zagospodarowania osadów ściekowych, Wydawnictwo PAN, Oddział w Łodzi, Łódź 2001.
- [11] Boruszko D., Intensyfikacja niskonakładowych metod przeróbki komunalnych osadów ściekowych, Inżynieria Ekologiczna 2011, 2011, 25, 189-201.
- [12] Oleszkiewicz J.A., Reimers R.S., Suszenie osadów ściekowych, Materiały Międzynarodowego Seminarium Szkoleniowego nt. Podstawy oraz praktyka przeróbki i zagospodarowania osadów, Kraków 1998.
- [13] Fukas-Płonka Ł., Janik M., Plusy i minusy suszenia osadów ściekowych, Forum Eksploatatora 2008, 5(38), 25-27.

## Ways of Sewage Sludge Use from Urban Waste Water Treatment in Białystok

The paper presents the sludge management in the wastewater treatment plant in Białystok and the guidelines of sludge usage produced by this plant. Sewage treatment plant in Białystok is a mechanical-biological plant, which uses the method of activated sludge in the wastewater treatment process, sludge treatment and the utilization of biogas. Biogas produced in the digesters is used in the production of heat and electricity for the sewage treatment plant. Thermal energy is used to heat the digester. Therefore it reduces the costs of energy consumption from the urban network and protects the investment in case of network breakdown. Sludge properties from the sewage treatment plant in Białystok have changeable character, shaped by the type of treated wastewater and sludge treatment methods. Due to its properties, dehydrated sludge from wastewater treatment plant in Białystok is used to: compost, grow plants intended for the production of compost and dried sludge in form of granulate - to fertilize and co-incinerate.

**Keywords:** sewage sludge, sewage sludge management