

MOŻLIWOŚCI PRZYRODNICZEGO ZAGOSPODAROWANIA MIESZANEK OSADOWO-POPIOŁOWYCH

Justyna Kiper¹

¹ Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, e-mail: justynakiper@gmail.com

STRESZCZENIE

Proces oczyszczania ścieków niesie ze sobą powstawanie produktów ubocznych, w postaci skrutek, tłuszczu, piasku, oraz usuwanych z ciągu technologicznego w największej ilości – wstępnych i wtórnych osadów ściekowych. Rozwiązanie kwestii unieszkodliwienia tych odpadów stanowi jeden z poważniejszych problemów krajowej gospodarki odpadami. Obowiązujące od 1 stycznia 2016 roku Rozporządzenie Ministra Gospodarki (Dz.U. 2015 poz. 1277), zakazujące składowania osadów ściekowych, wywarło wpływ na poszukiwanie nowych rozwiązań, mających na celu zagospodarowanie osadów ściekowych. Prognozowany wzrost ilości powstających osadów oraz uwarunkowania prawne skutkują zwiększonym zainteresowaniem metodami ich wykorzystania, oraz przeprowadzanymi badaniami nad możliwościami zagospodarowania odpadów powstających w oczyszczalniach ścieków. W pracy przedstawiono przyrodnicze możliwości zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych. Scharakteryzowano właściwości fizykochemiczne oraz przyrodnicze badanych materiałów. Przedmiotem badań były osady ściekowe pochodzące z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych „Pomorzany” w Szczecinie. Wykorzystując komponenty w postaci ubocznych produktów spalania biomasy, przygotowano mieszanki osadowo-popiołowe. Oznaczenia właściwości fizykochemicznych przeprowadzono metodami referencyjnymi, zgodnie z aktualnymi normami i instrukcjami. Do określenia przyrodniczych wartości osadów oraz mieszanek, przeprowadzono test fitotoksyczności. Toksyczny wpływ podłoża na rośliny określony został na podstawie metody opisanej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne (Dz.U. 2004 nr 128 poz. 1347), „Oznaczanie aktywności cytotoksycznej na rzeżusze ogrodowej”. Przeprowadzone badania fizykochemiczne oraz test fitotoksyczności, wykazały możliwość zastosowania przygotowanych mieszanek w rolnictwie, remediacji gleb antropogenicznych oraz przy zamykaniu i rekultywacji składowisk odpadów.

Słowa kluczowe: komunalne osady ściekowe, mieszanki osadowo-popiołowe, rekultywacja gleb, test fitotoksyczności

THE POSSIBILITIES OF NATURAL DEVELOPMENT OF ASH-SLUDGE BLENDS

ABSTRACT

Treatment of sewage results in creation of by-products such as screenings, fats, sand and the primary and secondary sludges – the most disposed elements in the technological process. Disposal of hazardous wastes is one of the most important issues in waste management. Regulation of the Minister of Economy dated 1 January 2016 (Dz.U. 2015 item 1277 – Journal of Laws) which disallows the storage of sewage sludges, influenced the search for new solutions of their utilization. Forecasted increase in the amount of produced sludges and regulations in effect resulted in the increased interest in methods of utilization and studies on waste management. The study shows environmental possibilities of utilization of municipal sewage. The physicochemical and environmental properties of studied materials were determined. The studies were performed on sewer sludge obtained from mechanical biological municipal treatment plant “Pomorzany” in Szczecin. By-products of incineration biomass were used to prepare the sludge-ash mixes. Physicochemical properties were determined using reference methods according to current Standards and Instructions. To determine the environmental properties of sludge and mixes phytotoxicity test was used. The influence of soil's toxicity on the plants was determined based on a method provided by the Regulation of the Minister of Environment dated 13 May 2004 on conditions in which it is assumed that waste is not hazardous (Dz.U. 2004 no. 128, item 1347 – Journal of Laws), “Determination of cytotoxic activity in garden cress”. Performed physicochemical tests and phytotoxicity test proved the applicability of prepared mixes in agriculture, remediation of anthropogenic soils and shutting down and revegetation of old landfills.

Keywords: municipal sewage sludge, ash-sludge blends, remediation of soils, test phytotoxicity

WPROWADZENIE

Osady powstające w komunalnych oczyszczalniach ścieków charakteryzują się dużą zawartością substancji organicznych, obecnością pasożytów oraz drobnoustrojów chorobotwórczych. Dodatkowy udział ścieków przemysłowych wpłynąć może na zawartość specyficznych domieszek, co prowadzi do zmian właściwości fizykochemicznych osadu [Bień 2007].

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego na rok 2016, w przeciągu ostatnich 15 lat, ilość miast obsługiwanych przez oczyszczalnie ścieków zwiększyła się o 114, natomiast produkowanych osadów komunalnych wzrosła o 158% i w 2015 roku wyniosła 568 tys. Mg s.m. Głównymi kierunkami zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w 2015 r. było ich wykorzystanie w rolnictwie (18,9%) oraz unieszkodliwienie termiczne (14,0%); 11,7% osadów zastosowano do rekultywacji terenów oraz do uprawy roślin przeznaczonych na kompost. Pomimo ograniczeń dotyczących składowania osadów, na składowiska odpadów skierowano 7,1% powstałych osadów [Ochrona Środowiska 2016].

Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2022 przewiduje coroczny wzrost powstających osadów o 2–3% w przeliczeniu na suchą masę. Jednym z celów KPGO jest odejście od składowania komunalnych osadów ściekowych, oraz maksymalizacja wykorzystania zawartych w nich makro- i mikroskładników (np. N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Mo) [KPGO 2022]. Całkowite zaniechanie składowania osadów wiąże się z obowiązującym od dnia 1 stycznia 2016 r. Rozporządzeniem Ministra Gospodarki [Dz.U. 2015 poz. 1277].

Wiąże się to z ciągłymi badaniami nad różnymi metodami ostatecznego unieszkodliwienia osadów [Bień i in. 2011, Szruba 2015]. Zagospodarowanie osadów ściekowych poprzez wykorzystanie ich nawozowych i glebotwórczych właściwości nie jest możliwe bez poznania zawartości metali ciężkich, substancji organicznej, związków szkodliwych dla środowiska, jaj pasożytów jelitowych oraz bakterii *Salmonella* w analizowanym osadzie [Bień 2007].

Przeprowadzone badania miały na celu określenie przyrodniczych możliwości wykorzystania mieszanek osadowo-popiołowych. Analizowane mieszanki przygotowano poprzez wymieszanie komunalnego osadu ściekowego oraz ubocznych produktów spalania biomasy. Oznaczono skład

oraz właściwości fizykochemiczne materiałów. Badania toksyczności przygotowanych na podstawie komponentów podłoży wykonano za pomocą fitotestu.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Charakterystyka wykorzystanych komponentów

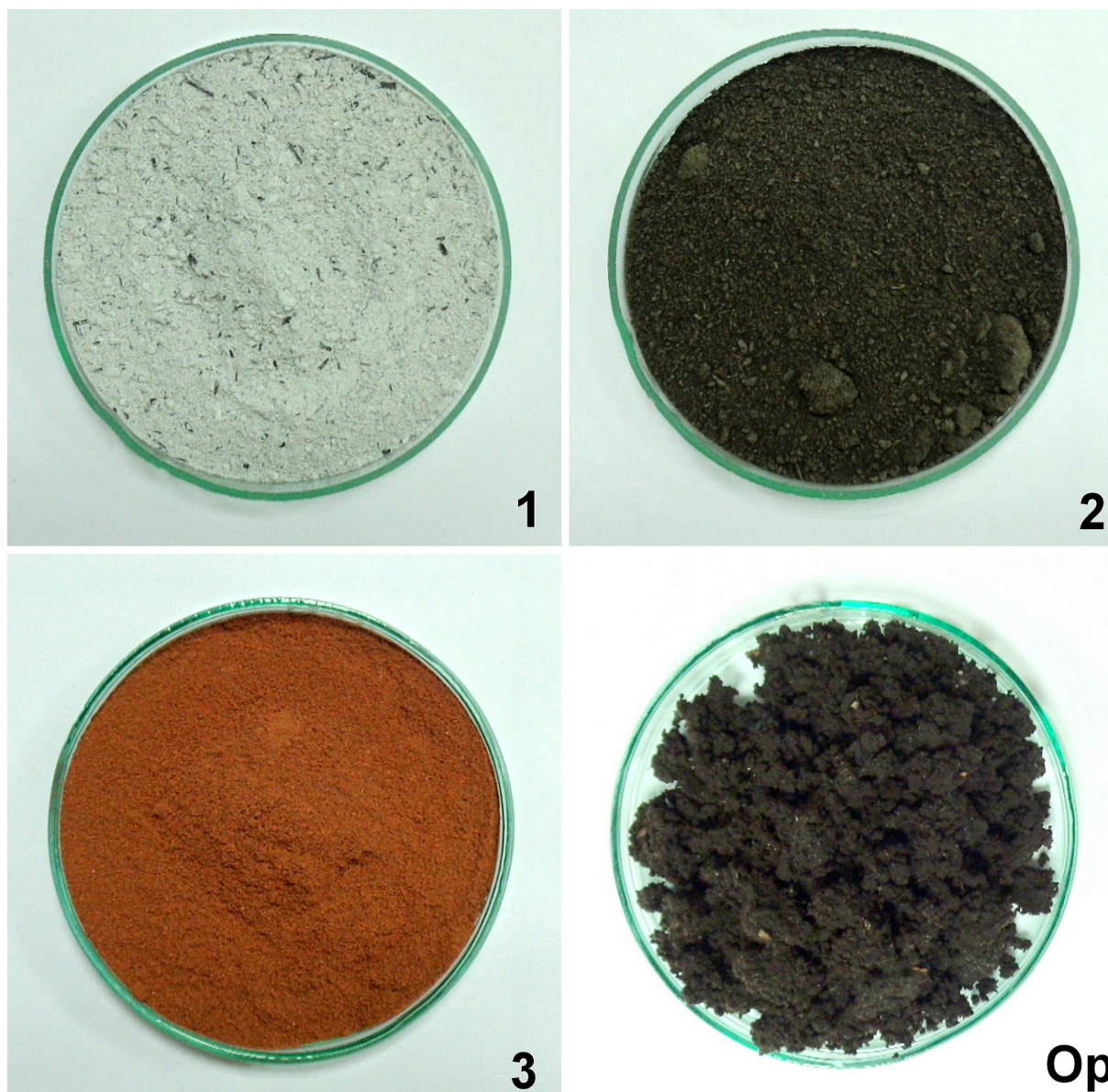
Mieszanki osadowo-popiołowe przygotowane zostały na bazie komunalnych osadów ściekowych oraz popiołów i żużli powstałych na skutek spalania biomasy (rysunek 1). Odpady te zostały wymieszane ze sobą, w stosunku wagowym 1:1, w przeliczeniu na suchą masę. Badania obejmowały mieszanki o numerach M1, M2 oraz M3. Materiały te stanowiły mieszaniny ustabilizowanego podczas procesu fermentacji metanowej, odwodnionego na prasach taśmowych osadu (Op), powstałego w oczyszczalni ścieków komunalnych „Pomorzany” w Szczecinie (kod odpadu 19 08 05) [Dz.U. 2014, 1923] oraz odpadów powstałych na skutek spalania biomasy, tj.:

- popiołu ze spalania słomy w kotłach fluidalnych – kod odpadu 10 01 99 – komponent nr 1
- popiołu pochodzącego ze spalania drewna w kotłach fluidalnych – kod odpadu 10 01 03 – komponent nr 2
- żużlu po spaleniu osadów ściekowych w Oczyszczalni Ścieków „Pomorzany” o frakcji poniżej 500 μm – kod odpadu 19 01 12 – komponent nr 3

Schemat technologiczny gospodarki osadami w Oczyszczalni Ścieków „Pomorzany” wraz z miejscami poboru żużla oraz odwodnionych osadów ściekowych przedstawiono na rysunku 2.

Oznaczenie właściwości fizykochemicznych, test fitotoksyczności

Analiza fizykochemiczna badanych materiałów określona została według metod referencyjnych, opisanych w aktualnych normach i instrukcjach. Oznaczono odczyn, zawartość mikro- i makroskładników: całkowity: azot i fosfor, potas, sód i magnez, metali ciężkich: kadmu, kobaltu, miedzi, żelaza, manganu, niklu ołowiu i cynku. Fizyczne właściwości komponentów scharakte-



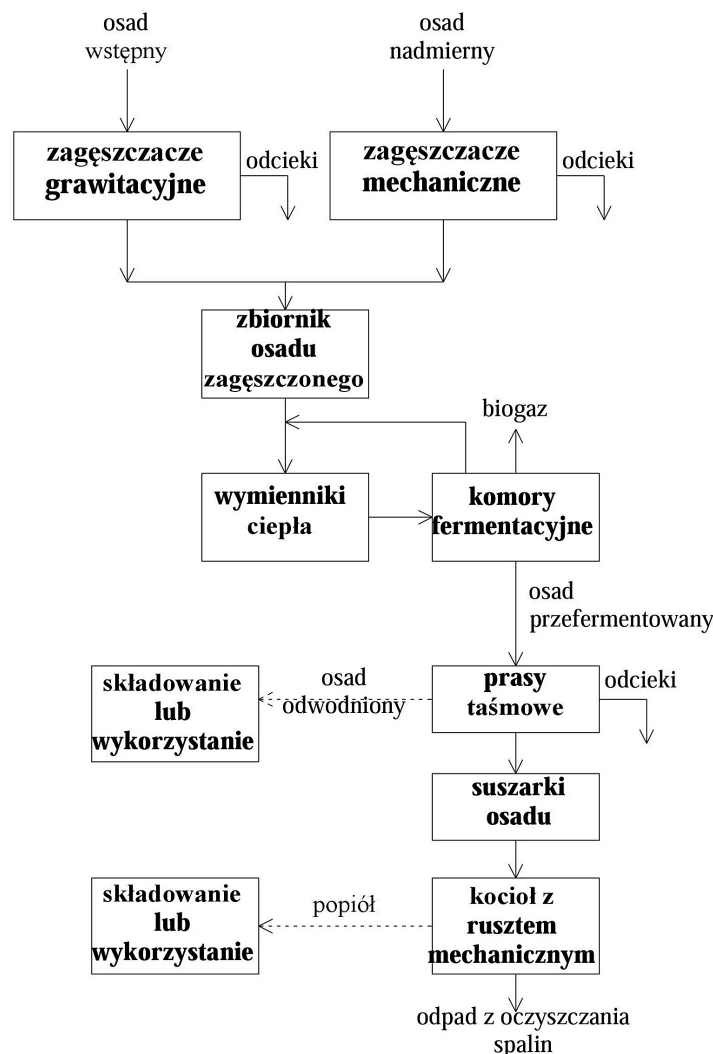
Rys. 1. Komponenty wykorzystane do przygotowania mieszanek osadowo-popiołowych (1 – popiół ze spalania słomy, 2 – popiół ze spalania drewna, 3 – żużel ze spalania osadów ściekowych frakcja < 500 µm, Op – osad komunalny)

Fig. 1. Products used to prepare the sludge-ash mixes (1- ash from the burning of straw, 2- ash from the burning of wood, 3- slag from the burning sewage sludge, Op – municipal sewage sludge)

ryzowano na podstawie wyników badań zawartości suchej masy, przewodnictwa oraz uwodnienia. Oznaczenie suchej pozostałości pozwoliło na określenie ilości związków mineralnych oraz organicznych zawartych w osadzie.

Określenie wybranych właściwości fizykochemicznych badanych komponentów oraz mieszanek wykonano zgodnie z normami:

- PN-EN 12176:2004 – Charakterystyka osadów ściekowych – Oznaczanie wartości pH;
- PN-EN 12880:2004 – Charakterystyka osadów ściekowych – Oznaczanie suchej pozostałości i zawartości wody;
- PN-EN 12879:2004 – Charakterystyka osadów ściekowych – Oznaczanie strat przy prażeniu suchej masy osadu;
- PN-EN 16169:2012 – Osady ściekowe, uzdatnione bioodpady oraz gleba – Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla;
- PN-EN ISO 6878:2006 – Jakość wody – Oznaczanie fosforu – Metoda spektrometryczna z molibdenianem amonu;
- PN-EN ISO 13657:2006 – Charakteryzowanie odpadów – Roztworzenie do dalszego oznaczenia części pierwiastków rozpuszczalnych w wodzie królewskiej.



Rys. 2. Schemat blokowy technologii gospodarki osadami (opracowano na podstawie [Szaflik i in. 2014])
 Fig. 2. The block diagram of sludge management technology

W celu określenia toksycznego wpływu podłoża przeprowadzono Phytotestkit™ (test fitotoksyczności) zgodnie z metodą opisaną w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. [Dz.U. 2004 nr 128 poz. 1347], "Oznaczanie aktywności cytotoksycznej na rzeżusze ogrodowej". Ocena wschodów oraz wzrostu łodyg i korzeni roślin, przeprowadzona została po 7 dniach wzrostu na mieszankach osadowo-popiołowych, podkładzie porównawczym z osadu komunalnego oraz na obiekcie kontrolnym – nasionach wysianych na wodzie redestylowanej. W doświadczeniu wykorzystano nasiona jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare L.*), gorczycy białej (*Sinapis alba*) oraz rzeżuchy (*Lepidium sativum*) [Bering i in. 2016]. Analizowane materiały, w ilości 40 gram umieszczono na szalkach Petriego

o średnicy 11,0 oraz 11,5 cm. Na każdym z podkładów wysiano po 25 sztuk danej rośliny testowej. Temperatura otoczenia stanowiska badawczego wynosiła $22,5 \pm 2^\circ\text{C}$, a wilgotność powietrza kształtowała się na poziomie $35 \pm 5\%$. W celu utrzymania odpowiednich warunków do wzrostu roślin, podkłady regularnie spryskiwano wodą redestylowaną, oraz okrywano folią paraizolacyjną. Toksyczność mieszanek wyrażona została jako procent inhibicji (stymulacji) w odniesieniu do próby kontrolnej [Dz.U. 2004 nr 128 poz. 1347]:

$$I = \frac{(L_k - L_t) \cdot 100}{L_k} [\%] \quad (1)$$

gdzie: L_k – średnia długość korzenia dla próby kontrolnej [cm];
 L_t – średnia długość korzenia dla próby testowej [cm].

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Właściwości fizykochemiczne komponentów

Szczegółowe warunki stosowania osadów komunalnych, kierunki jego wykorzystania oraz dawki dopuszczone do stosowania na gruntach określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 roku [Dz. U. 2015 poz. 257], w sprawie komunalnych osadów ściekowych. W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań właściwości fizycznych oraz zawartość mikro- i makro- składników oznaczonych w badanych komponentach.

Wykorzystanie technologii mechanicznego odwodnienia osadów ściekowych, pozwoliło zwiększyć zawartość suchej masy do 20%, uzyskując przy tym gęstość na poziomie 704 kg/m³. Oznaczona wartość pH wyniosła 7,54. Materia organiczna zawarta w osadzie ukształtowała się na poziomie 67,14%. Analizowany materiał charakteryzował się dużą zawartością substancji biogennych – ilość oznaczonego azotu wyniosła 76,51 g·kg⁻¹ s.m., natomiast fosforu – 48,07 g·kg⁻¹ s.m. Ilość pozostałych pierwiastków, tj. sodu, potasu i magnezu wyniosła odpowiednio: 30,59, 0,78 oraz 0,13 g·kg⁻¹ s.m. Ze względu na dużą zawartość substancji organicznej jak i bio-

gennych, osad ten może znacząco przyczyniać się do wzrostu żyzności gleb [Nowak i in. 2010].

Analizując zawartość metali ciężkich, nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych wartości określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych [Dz. U. 2015 poz. 257]. Zawartość poszczególnych pierwiastków układała się w malejącym szeregu wartości: Fe>Zn>Cu>Mn>Ni>Pb>Co>Cd.

Komponenty mineralne (popioły i żużel) cechowały się odczynem zasadowym (pH popiołu z drewna wyniosło 12,80). Popioły powstałe w wyniku spalania drewna oraz słomy, charakteryzowały się dużą wartością przewodnictwa, wynoszącą odpowiednio 32,25 oraz 174,7 mS/cm. Wilgotność komponentów mineralnych wahała się w przedziale od 0,66% w przypadku popiołu po spalaniu słomy, do 26,88% dla popiołu po spalaniu drewna.. Ilość fosforu ogólnego w popiołach po spalaniu słomy oraz drewna wyniosła 1,64±0,24 g·kg⁻¹ s.m. Najbardziej zasobnym w ten pierwiastek był odpad powstały ze spalania osadów ściekowych (231,5 g P·kg⁻¹ s.m.). Komponent ten zawierał najmniejszą ilość potasu oraz sodu z pośród analizowanych ubocznych produktów spalania. Maksymalną wartość potasu oznaczono w komponencie 1 (189,57 g·kg⁻¹ s.m).

Tabela 1. Charakterystyka badanych komponentów

Table 1. Characteristics of components

Wyszczególnienie	Jednostka	Osad komunalny	Popiół po spalaniu słomy	Popiół po spalaniu drewna	Żużel po spalaniu osadów ściekowych frakcja <500 μm
pH	-	7,54	8,19	12,80	8,03
Przewodnictwo	mS/cm	1,28	174,7	32,25	2,84
Gęstość	kg/m ³	704,0	n.o.	n.o.	n.o.
Wilgotność	% s.m	79,66	0,66	26,88	6,50
Sucha masa	% s.m	20,34	99,34	73,13	93,50
Substancja mineralna	% s.m	32,86	98,00	95,78	98,73
Substancja organiczna	% s.m	67,14	2,00	4,22	1,27
Azot ogólny	g·kg ⁻¹ s.m.	76,51	n.o.*	n.o.*	n.o.*
Fosfor ogólny		48,07	1,40	1,87	231,5
Potas		0,78	189,57	143,26	132,08
Sód		30,59	272,6	277,4	0,87
Magnez		0,13	0,04	60,45	47,95
Cd	mg·kg ⁻¹ s.m.	1,25	8,64	7,25	0,30
Co		5,89	0,65	4,00	13,97
Cu		271,5	29,91	98,46	1592
Fe	g·kg ⁻¹ s.m.	60,20	0,76	9,77	179,9
Mn	mg·kg ⁻¹ s.m.	115,5	60,23	9303	368,0
Ni		18,67	8,24	17,15	66,76
Pb		18,62	10,99	8,6	17,96
Zn		1548	281,6	2844	4210

*n.o. – nie oznaczano.

Popiół powstały na skutek spalania słomy charakteryzował się również minimalną zawartością magnezu, na poziomie $0,04 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Suma metali ciężkich oznaczonych w komponencie nr 3 wyniosła $186,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Odpad ten zawierał najwięcej kobaltu ($13,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), miedzi ($1592 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), żelaza ($179,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), niklu ($66,76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) oraz cynku ($4210 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Zawartość ołowiu ukształtowała się na podobnym poziomie jak w przypadku osadów komunalnych i wyniosła $17,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Jednocześnie, odpad powstały na skutek spalania osadów ściekowych odznaczał się najmniejszą zawartością toksycznego kadmu, na poziomie $0,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, podczas gdy w pozostałych komponentach jego ilość wyniosła $7,95\pm 0,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Właściwości fizykochemiczne mieszanek

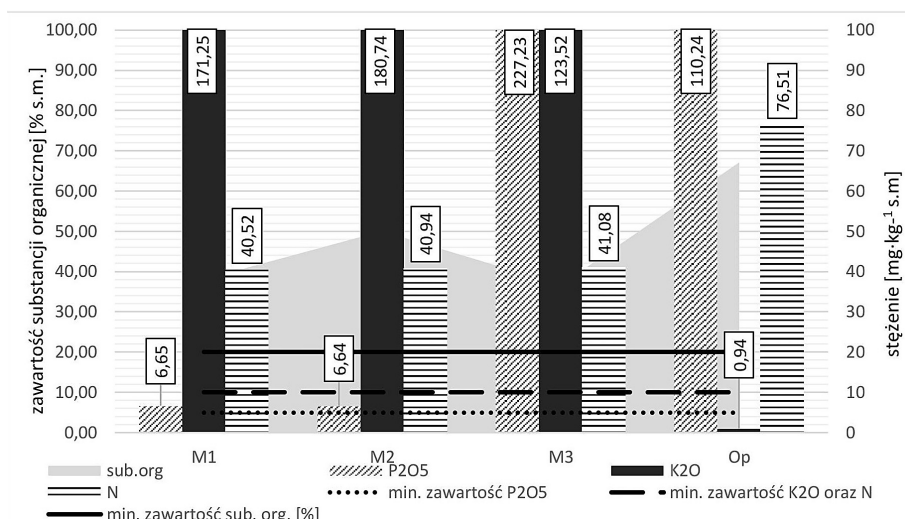
Możliwości zagospodarowania mieszanin osadowo-popiołowych jako nawozy organiczno-mineralne warunkują wymagania opisane w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu [Dz.U. 2008 nr 119 poz. 765]. Wymagania jakościowe dotyczące zawartości substancji organicznej oraz składników pokarmowych, określa również Rozporządzenie (WE)

nr 2003/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 r. w sprawie nawozów [WE 2003/2003]. Przed przeznaczaniem analizowanych materiałów na cele rekultywacyjne czy nawozowe, wyniki badań należy zestawić z dopuszczalnymi zawartościami i metali ciężkich w glebie lub ziemi, ustalonymi przez Ministra Środowiska w Rozporządzeniu z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi [Dz.U. 2016 poz. 1395].

W tabeli 2. przedstawiono wyniki analiz fizykochemicznych przygotowanych mieszanek osadowo-popiołowych. Porównanie zawartości poszczególnych składników pokarmowych obecnych w mieszankach, z wartościami określonymi normowo dla nawozów organiczno-mineralnych przedstawiono na rysunku 3. Analizowane mieszanki charakteryzowały się dużą zawartością substancji organicznej oraz ogólnego azotu. Ze względu na znaczną ilość ogólnego fosforu, obecnego w odpadach powstałych ze spalania osadów ściekowych, przygotowana na jego bazie mieszanka osiągnęła maksymalną koncentrację fosforu, wynoszącą $99,07 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ W mieszance tej oznaczono również największą ilość sodu ($42,33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Mieszanki M1 oraz M2 odznaczały się dużą zawartością potasu, odpowiednio: $142,12$ i $149,99 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, a w mieszance 3 – $102,51 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Tabela 2. Właściwości badanych mieszanek
Table 2. Properties of the tested sludge-ash mixtures

Wyszczególnienie	Jednostka	M1	M2	M3	
pH	-	8,48	10,32	7,96	
Przewodnictwo	mS/cm	53,08	8,55	3,142	
Gęstość	kg/m ³	751,0	608,0	713,0	
Wilgotność	% s.m.	66,22	69,95	66,99	
Sucha masa	% s.m.	33,78	30,05	33,01	
Substancja mineralna	% s.m.	61,98	49,92	63,37	
Substancja organiczna	% s.m.	38,02	50,08	36,63	
Azot ogólny	g·kg ⁻¹ s.m.	40,52	40,94	41,08	
Fosfor ogólny		2,90	2,89	99,07	
Potas		142,12	149,99	102,51	
Sód		0,94	0,80	42,33	
Magnez		0,08	14,91	30,28	
Cd		mg·kg ⁻¹ s.m.	5,29	3,64	0,75
Co			6,34	3,14	9,07
Cu	486,6		338,9	944,3	
Fe	g·kg ⁻¹ s.m.	30,8	34,24	98,44	
Mn	mg·kg ⁻¹ s.m.	97,27	76,87	235,3	
Ni		19,07	20,00	39,72	
Pb		6,99	14,42	14,26	
Zn		1339	2368	3281	



Rys. 3 Zestawienie zawartości składników pokarmowych w mieszankach osadowo-popiołowych z wartościami normowymi dla nawozów organiczno-mineralnych

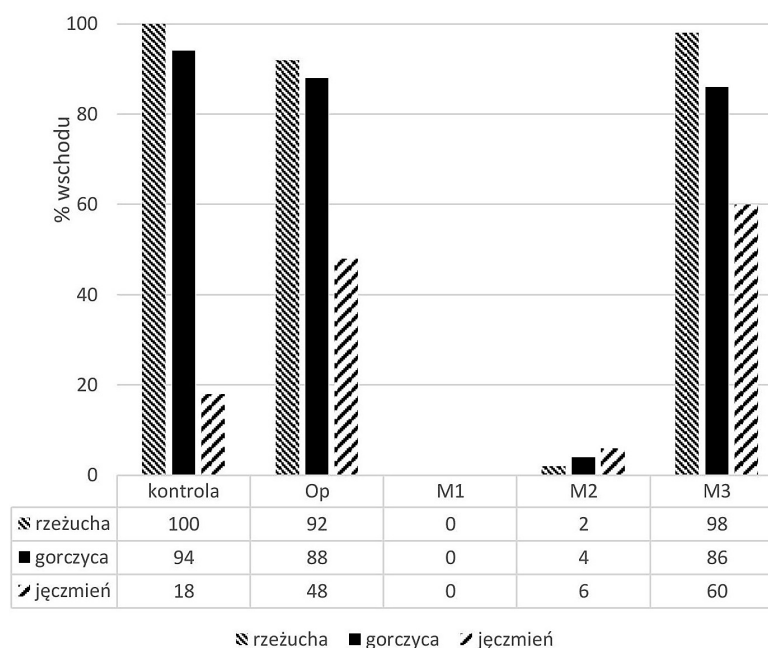
Fig. 3. Comparison between biogenic compounds in ash-sludge and values set out in Standards for mineral-organic fertilizers

Ocena fitotoksyczności

Wyniki przeprowadzonego Phytotestkit™ (testu fitotoksyczności) wskazują na różny stopień fitotoksyczności analizowanych mieszanek. Największym procentem wschodów odznaczała się mieszanka z żużlem powstałym po spalaniu osadów ściekowych (rysunek 4). Średnia długość korzeni zarówno rzeżuchy jak i gorczycy wyniosła 0,3 cm. Maksymalny wzrost łodyg roślin wyniósł odpowiednio 3,3 cm oraz 2,3 cm. Jęczmień

jary charakteryzował się dużą ilością korzeni, osiagającymi długość 6,7 cm. Wzrost łodyg wahał się w zakresie od 0,3 do 10 cm. Na podkładach M1 oraz M2 zaobserwowano zahamowanie wzrostu roślin, co świadczy o wyższej toksyczności wykorzystanych materiałów (rysunek 5).

Procent inhibicji roślin testowych zestawiono w tabeli 3. W żadnym z przypadków nie zaobserwowano zjawiska stymulacji – wydłużenia korzeni roślin testowych w stosunku do obiektu kontrolnego.



Rys. 4. Wpływ mieszanek osadowo-popiołowych na wschody roślin testowych
Fig. 4. Effect of sludge-ash mixtures on the germination of the tested plants



Rys. 5. Próbkki jęczmienia po 7 dniach wzrostu
Fig. 5 Barley samples after a 7-day growth period

Tabela 3. Toksyczność dla wzrostu korzeni roślin testowych, [%]

Table 3. Toxicity towards the roots growth of the tested plants, [%]

Podkład	Rzeżucha		Gorczyca		Jęczmień	
	inhibicja	stymulacja	inhibicja	stymulacja	inhibicja	stymulacja
O _p	95,2	-	96,7	-	94,5	-
M1	0	-	0	-	0	-
M2	91,4	-	94,6	-	96	-
M3	95,8	-	93,9	-	66,8	-

DYSKUSJA

Jednym z kryteriów określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [Dz. U. 2015 poz. 257], oceniających przydatność przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych jest stopień zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Otrzymane wyniki badań nie wykazały przekroczenia wartości dopuszczalnych przy stosowaniu osadów w rolnictwie, do rekultywacji oraz przy dostosowywaniu gruntów do innych celów określonych w rozporządzeniu. Ze względu na przekroczenie zawartości cynku w próbce M3, mieszanka ta jako jedyna spośród badanych podkładów, nie może zostać przeznaczona do wykorzystania na gruntach rolnych.

Uproszczony test wschodów i wzrostu roślin testowych wykazał toksyczne działanie mieszanek zawierających popioły powstałe po spaleniu słomy oraz drewna. Przyczyną słabego wzrostu roślin mogła być duża zawartość potasu i kadmu. Kadm należy do metali ciężkich zagrażających środowisku. Średnia zawartość tego toksycznego pierwiastka w glebach mieści się w granicach 0,03–0,22 mg·kg⁻¹ gleby, a jego większe stężenia negatywnie oddziałują na rozwój roślin. Zawartość kadmu w glebach użytkowanych rolniczo nie powinna przekraczać 5 mg·kg⁻¹ [Gorecki 2002]. Gleby uprawne charakteryzują się zawartością potasu na poziomie od 2 do 40 g·kg⁻¹. Jego nadmiar prowadzi do zasolenia podłoża, pogor-

szenia jakości plonów oraz niedoboru magnezu, wapnia oraz boru występujących w roślinach [www.aurepio-kalij.pl].

Przeprowadzone przez Antonkiewicza [Antonkiewicz 2008] badania wskazują na zmniejszenie rozpuszczalności większości metali ciężkich w wytworzonym na skutek wprowadzenia do gleb odpadów paleniskowych, środowisku alkalicznym, co przyczynia się do ograniczonego ich poboru przez rośliny.

Znaczna zawartość substancji organicznej, azotu i fosforu umożliwia wykorzystanie mieszanek do użyźniania gleb zdegradowanych, ubogich w substancje pokarmowe.

WNIOSKI

Otrzymane wyniki badań, wskazują na możliwość przyrodniczego wykorzystania mieszanek osadowo popiołowych, między innymi jako:

- nawóz organiczno-mineralny (mieszanka M2)
- materiał do rekultywacji oraz zamykania składowisk odpadów komunalnych – jako podglebie lub też warstwy rekultywacyjne (mieszanki M1, M2, M3)
- materiał nawozowy pod uprawy pasz oraz roślin przeznaczonych na cele: energetyczne, celulozowo-papiernicze, rzemieślnicze, plantacje drzew choinkowych, produkcji drewna i inne (mieszanki M1, M2, M3).

Przedstawiona metoda pozwala na jednoczesne zagospodarowanie zarówno odpadów powstających w oczyszczalniach ścieków, jak i zakładach energetycznych. Przygotowanie mieszanin osadowo-popiołowych cechuje się prostotą wykonania, oraz nie wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, wykorzystania skomplikowanych i kosztownych technologii.

Ponadto, dodawane do osadów ściekowych, odpady paleniskowe powodują ich stabilizację pozwalając na znaczne oszczędności w procesach przeróbki. Zawartość mikro- i makroskładników prowadzi do poprawy właściwości gleb oraz dostarcza roślinom niezbędnych składników pokarmowych [Antonkiewicz 2008].

Podziękowania

Autorka artykułu składa podziękowania Zarządowi Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Szczecinie za udostępnienie danych i materiałów do badań z Oczyszczalni Ścieków Pomorzany.

LITERATURA

- Antonkiewicz J. 2008. Wpływ komunalnego osadu ściekowego, popiołu paleniskowego, torfu i ich mieszanin na właściwości fizykochemiczne oraz zawartość metali ciężkich w glebie, *Roczniki Gleboznawcze*, nr 1, t. 59, 18–28.
- Bień J.B. 2007. *Osady ściekowe teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
- Bień J.D., Neczaj E. i in. 2011. Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* nr 4, t. 14, 375–384.
- Bering S., Iżewska A., Mazur J., Tarnowski K. 2016. Badanie możliwości zagospodarowania osadów ściekowych z pralni przemysłowej *Przemysł Chemiczny* nr 95/8, 1000–1002.
- Gorecki R.J., Grzesiuk R. 2002. *Fizjologia plonowania roślin*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn.
- Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2022 www.monitorpolski.gov.pl/mp/2016/784/M2016000078401.pdf – dostęp 14.02.2017r. [KPGO 2022].
- 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* nr 2, t. 13, 121–131.
- Ochrona Środowiska 2016, Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2016.
- Polska Norma. Charakterystyka osadów ściekowych. Oznaczanie wartości pH. PN-EN 12176:2004.
- Polska Norma. Charakterystyka osadów ściekowych. Oznaczanie strat przy prażeniu suchej masy osadu. PN-EN 12879:2004.
- Polska Norma. Charakterystyka osadów ściekowych. Oznaczanie suchej pozostałości i zawartości wody. PN-EN 12880:2004.
- Polska Norma. Jakość wody. Oznaczanie fosforu. Metoda spektrometryczna z molibdenianem amonu. PN-EN ISO 6878:2006.
- Polska Norma. Charakteryzowanie odpadów. Roztworzenie do dalszego oznaczania części pierwiastków rozpuszczalnych w wodzie królewskiej. PN-EN ISO 13657:2006.
- Polska Norma. Osady ściekowe, uzdatnione bioodpady oraz gleba. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla. PN-EN 16169:2012.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach [Dz.U. 2015, 1277]
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi [Dz.U. 2016 poz. 1395].
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [Dz.U. 2015 poz. 257].
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów [Dz.U. 2015, poz. 1923].
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne [Dz.U. 2004 nr 128 poz. 1347].
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu [Dz.U. 2008 nr 119 poz. 765].
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady WE nr 2003/2003 z dnia 13 października 2003 r. w sprawie nawozów.
- Szaflik W., Iżewska A., Dominowska M. 2014. Chemical Energy Balanse of Digested Sludge in SevegeTreatment Plant Pomorzany in Szczecin. *Annual Set The Enviroment Protection* Vol. 16, Part 1: 16–33.
- Szruba M. 2015. Zagospodarowanie osadów ściekowych *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, nr 05/06, 54–59.
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, *Dziennik Ustaw* poz. 21, Warszawa 2013.
- Zawartość potasu w glebach <http://www.aurepio-kalij.pl/dlaczego-potas/zawartosc-potasu-w-glebach-s239>, dostęp 14.02.2017.