

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z OCZYSZCZALNI
REGIONU WIELKOPOLSKI
CZ. I. ODCZYN, SUCHA MASA, MATERIA I WĘGIEL ORGANICZNY
ORAZ MAKROSKŁADNIKI

J. Czekala

Katedra Gleboznawstwa, Pracownia Żyzności Gleby, Akademia Rolnicza
ul. Wojska Polskiego 71 F, 60-625 Poznań
e-mail:monja@owl.au.poznan.pl

Streszczenie. Przeprowadzone badania na próbkach osadów ściekowych wykazały, że pod względem zasobności są one dobrym źródłem materii (MO) i węgla organicznego (Corg.) oraz makroskładników. Przy średniej zawartości suchej masy $251 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy osady zawierały średnio $603 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ MO. W jej składzie węgiel organiczny stanowił 54,2%, a stosunek C:N wahał się od 5,30 do 23,24. Spośród makroskładników dominującymi były: azot ($38,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), wapń ($31,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz fosfor ($23,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Stwierdzono, że osady zasobne są również w mangan i siarkę.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, materia organiczna, węgiel organiczny, makroskładniki, sucha masa, odczyn.

WSTĘP

Osady ściekowe charakteryzują się na ogół zróżnicowanymi właściwościami i składem, co stwarza często problemy z ich właściwym zagospodarowaniem. Celem zmiany tej sytuacji podejmuje się różne działania zmierzające do poprawy niektórych niekorzystnych cech osadów. Jedną z takich metod jest ich kompostowanie [21], w wyniku którego to procesu zwiększa się wartość nawozowa osadów [11, 14, 20], lub dodaje się do osadów tlenku wapnia co wpływa z kolei na poprawienie właściwości fizycznych osadów i zmniejsza stopień ich uwilgotnienia. Jednak zdaniem niektórych badaczy [12] skutkiem dodatku wapnia do osadów są duże straty azotu, sięgające nawet 50%. Wszystkie działania w odnie-

sieniu do osadów mają na celu zwiększenie ich walorów nawozowych pozwalających w przyszłości w większym niż dotychczas stopniu wykorzystać je w rolnictwie. Problem jest tym bardziej złożony, że według prognoz [4] masa osadów w Polsce będzie co roku ulegać zwiększeniu osiągając w 2010 roku poziom rzędu 4000 tys. ton suchej masy rocznie.

Rolnicza utylizacja osadów wiąże się przede wszystkim z ich zasobnością w materię organiczną i składniki pokarmowe [16], co stwarza realne perspektywy poprawy bilansu próchnicy w glebach polskich z jednej strony oraz bilansu nawozowego z drugiej. Ponieważ osady ściekowe charakteryzują się dużym zróżnicowaniem w składzie chemicznym nawet w ramach tej samej oczyszczalni [7]. Podjęto badania mające na celu określenie wartości rolniczej osadów pochodzących z regionu Wielkopolski.

MATERIAŁ I METODY

Próbki osadów pobierano w latach 1998–2001 z 11 oczyszczalni na terenie Wielkopolski, stosujących różne metody oczyszczania ścieków. W zależności od warunków osady pobierano bezpośrednio po ich odwodnieniu z pras lub z pryzm znajdujących się na terenie danej oczyszczalni. W przypadku pryzm próbki średnie do badań pozyskiwano pobierając specjalną laską puszkową z 10 miejsc pojedyncze próbki, dokładnie je mieszając.

W świeżym materiale osadu oznaczono:

- suchą masę – metodą suszarkową
- pH (H_2O) – konduktometrycznie
- azot ogólny (Nog) – metodą Kiejdahla przeliczając wyniki na zawartość w suchej masie
- azot amonowy – metodą destylacji z MgO po wcześniejszej ekstrakcji $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl

Oddzielne próbki osadu suszono, początkowo w temperaturze 50°C , a następnie w 105°C , zmielono i oznaczono w nich:

- materię organiczną (MO) – przez wyżarzenie w piecu muflowym w temp. 550°C
- węgiel organiczny (Corg) – metodą utleniająco-miareczkową z dichromianem (VI) potasu w środowisku kwaśnym
- siarkę ogólną - turbidimetrycznie metodą Buttersa i Chenery
- potas, sód i wapń – metodą emisyjnej spektroskopii atomowej, a magnez metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej, po wcześniejszym spopiehleniu wysuszonych próbek osadu w temp. 450°C i rozpuszczeniu popiołu w roztworze $6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ HCl na gorąco.

WYNIKI I DYSKUSJA

Skład chemiczny i właściwości fizyczne osadów są wypadkową wielu czynników. Wśród nich wymienia się jakość samych ścieków jak i metody ich oczyszczania [21].

Z ekonomicznego i ekologicznego punktu widzenia ważnym parametrem osadów jest ich uwodnienie, a więc i zawartość suchej masy. Z danych zawartych w Tabeli 1 wynika, że badane osady zawierały od 119,0 do 537,0 g suchej masy, średnio $251,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m. Wykazano jednocześnie, że najmniejsze wahania ilościowe suchej masy miały miejsce w osadach pobieranych bezpośrednio po ich odwodnieniu z pras (od 188,0 do 192,0 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.), a największe w próbkach pochodzących z pryzm bez osłony przed opadami. Przedstawione zawartości suchej masy różniące się blisko 4,5 krotnością należy jednak uznać za naturalne [3] i są porównywalne z ilością w oborniku [14].

Tabela 1. Wybrane właściwości chemiczne osadów

Table 1. Chosen chemical properties of sludge

Zawartość	pH _{H2O}	Sucha masa	MO	Corg.	Corg. w MO	Nog	C:N	N-NH ₄	% N-NH ₄ w Nog
		$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ św.m	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.		%	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$		$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	
Średnia	7,73	251,0	603,0	327,4	54,3	38,2	8,56	0,344	8,09
SD	1,67	91,94	106,0	107,8	-	16,28	-	0,229	-
Minimalna	6,50	119,0	312,0	124	39,7	11,5	-	0,010	0,20
Maksymalna	12,10	537,0	764,0	480	83,0	68,6	-	0,900	19,75

W zdecydowanej większości prób (90%) odczyn osadów nie przekroczył wartości pH 8,0. Wartości odczynu powyżej pH 8,0 wystąpiły przede wszystkim w osadach zwapnowanych, co potwierdziły ilości wapnia w nich zawarte. Jednocześnie wykazano ścisły związek między pH osadów a ilością wapnia. Zależność tę wyraża równanie w postaci: $\text{pH} = 4,528 + 0,096 \text{ Ca}$; $r^2 = 0,707$.

Na małe zróżnicowania w odczynie między osadami nie zwapnowanymi zwrócił już wcześniej uwagę między innymi Filipek [6]. Jego zdaniem wartości pH osadów są jednak na ogół niższe niż w przefermentowanym oborniku.

Ważną cechą osadów jest ich zasobność w materię organiczną. Badane osady zawierały od 312,0 do 764,0 g, średnio $603 \text{ g MO}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Mimo pozornie dużych różnic właśnie ten składnik charakteryzował się stosunkowo małą zmiennością ($V = 17,6\%$), a uzyskane dane różnią się od przedstawionych przez Gambusia [7] w odniesieniu do osadów regionu krakowskiego. Znajdują z kolei potwierdzenie w wynikach badań Maćkowiaka [14].

Integralnym składnikiem MO jest węgiel organiczny (Corg.), który razem z azotem decyduje o procesie humifikacji w glebie [15]. Ma to więc istotne znaczenie w próchnicotwórczym działaniu osadów [2,5]. Średni udział węgla organicznego w materii organicznej badanych osadów wyniósł 54,3 %, w zakresie od 39,7 do 83,0 % (Tab.1).

Jak wspomniano wcześniej działanie osadów na próchnicę glebową zależy nie tylko od ilości materii organicznej lecz i zawartego w nich azotu. Oznacza to niejako dwojaką funkcję tego składnika polegającą na działaniu nawozowym i próchnicotwórczym. W badanych osadach zawartość azotu kształtowała się w granicach od 11,5 do 68,6 g, średnio $38,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m}$. Mimo tak szerokiego zakresu ilościowego wartość współczynnika zmienności ($V= 16,3\%$) świadczy o względnej stabilności ilościowej tego składnika w osadach. Stwierdzone ilości N są więc zbliżone do tych, jakie wykazali inni badacze [3,10,14], jednakże przy znacznie mniejszym zakresie wartości ekstremalnych. Zmienne ilości węgla i azotu miały wpływ na wartości stosunku C:N w osadach, które wynosiły od 5,30 do 21,90, średnio 8,56 (Tab. 1). Również Parnaudeau i in. [18] stwierdzili, że osady niezależnie od ich pochodzenia wykazują duże różnice w wartościach C:N, co miało wpływ na dynamikę ich rozkładu w glebie. Z tego względu powyższy parametr należy uwzględniać w ocenie nawozowej osadów, mając na uwadze możliwość wykorzystania azotu osadów przez rośliny [17].

Z ekologicznego punktu widzenia ważna jest nie tylko ilość Nog w osadach lecz i jej formy amonowej bezpośrednio dostępnej dla roślin. Z danych przedstawionych w Tabeli 1 wynika, że udział tej formy w Nog. wahał się w bardzo szerokich granicach, wynoszących od 0,20 do 19,75, średnio 8,09%. Zdecydowanie niższy udział tej formy azotu w Nog wykazali inni badacze [8].

Drugim po azocie pierwiastkiem biogennym jest fosfor, którego zawartości wahały się od 5,2 do 69,0, średnio $23,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m}$. (Tab.2). Mając na uwadze znaczenie fosforu dla roślin i jego obieg w przyrodzie zwraca się coraz częściej uwagę na konieczność wtórnego włączenia tego pierwiastka zawartego w osadach do obiegu w produkcji żywności. Oznacza to nic innego jak jego wprowadzenie z osadem do gleby [19].

Biorąc pod uwagę udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych w Polsce, za korzystne należy uznać zasobność osadów w wapń (Tab.2). Średnia zawartość wapnia w osadach wynosiła $31,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, od 5,5 do $64,2 \text{ g}\cdot\text{Ca}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m}$. Są to ilości większe od przedstawionych przez Maćkowiaka [14], jednakże należy mieć na uwadze fakt, że część z badanych osadów była wapnowana. W wyniku tego procesu zawartość wapnia w osadach wzrastała najczęściej powyżej $40 \text{ g}\cdot\text{Ca}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m}$.

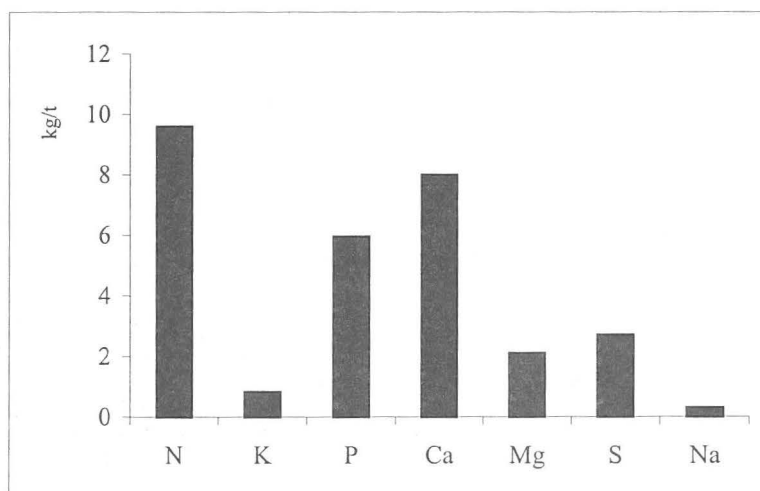
Z analizy chemicznej osadów wynika, że należy je traktować również jako znaczące źródło magnezu ($8,2 \text{ g Mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) oraz siarki ($10,7 \text{ g S}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) (Tab.2). Powyższe spostrzeżenie ma szczególne znaczenie w przypadku rolniczego wykorzystania osadów na glebach lekkich. Brak jest jednak danych dotyczących dynamiki uwalniania się obu składników z osadów.

Tabela 2. Zawartość makroskładników w osadach [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$]

Table 2. Content of macroelements in sludge [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{d.m.}$]

Zawartość	P	K	Ca	Mg	S	Na
Średnia	23,7	3,3	31,8	8,20	10,7	1,2
SD	11,72	2,43	16,25	5,66	5,34	1,03
Minimalna	5,20	0,5	5,5	1,3	2,4	0,2
Maksymalna	69,0	8,7	64,2	21,1	29,5	2,3

Najbardziej deficytowym składnikiem osadów jest niewątpliwie potas, którego średnia zawartość wynosiła $3,3 \text{ g K}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ Z tego względu stosując osad należy bezwzględnie zastosować dodatkowe nawożenie tym składnikiem. Potwierdzają to również dane przedstawione na Rys. 1, przeliczone na ilość składników w tonie świeżej masy osadów. W obliczeniach przyjęto średnią zawartość suchej masy w badaniach (Rys. 1).



Rys. 1. Średnie zawartości makroskładników w tonie świeżej masy osadu.

Fig. 1. Mean content of macroelements in tone of fresh matter of sewage sludge.

Przedstawione w pracy dane dowodzą, że osady pochodzące z regionu Wielkopolski nie odbiegają swoim składem i właściwościami w zasadniczym stopniu od osadów pochodzących z innych regionów kraju [7,9,14]. Niemniej stwierdzono występowanie różnic ilościowych głównie w zakresie wahań między niektórymi składnikami. Jest to jednak zjawisko naturalne, wynikające przede wszystkim z pochodzenia ścieków, stopnia zurbanizowania terenu oraz jego uprzemysłowienia [3]. Wykazano, że badane osady w zdecydowanej większości charakteryzowały się dużą wartością nawozową porównywalną do obornika. Kwestią dalszych badań i dyskusji jest stopień wykorzystania poszczególnych składników zawartych w osadach przez rośliny. Wyniki dowodzą także konieczności zwrócenia większej uwagi na możliwość rolniczego wykorzystania osadów, bowiem deponowanie ich na składowiskach wydaje się być najgorszą z metod chociaż nadal w kraju dominującą [1,22].

Zwiększony udział rolniczej utylizacji osadów, które spełniają wymogi sanitarne i dotyczące zawartości metali ciężkich może mieć szczególne znaczenie w poprawianiu właściwości gleb lekkich. Związane jest to głównie z poprawą właściwości sorpcyjnych i ilości przyswajalnych składników [20].

WNIOSKI

1. Osady ściekowe pochodzące z terenu Wielkopolski charakteryzowały się korzystnymi właściwościami chemicznymi, głównie w zakresie zawartości materii organicznej oraz makroskładników.
2. Stwierdzono, że ważnym czynnikiem kształtującym wartość osadów jest ich odczyn, który zależał przede wszystkim od ilości wapnia zawartego w osadach.
3. Uzyskane wyniki dają podstawę do stwierdzenia, że badane osady mogą być źródłem alternatywnym materii organicznej i niektórych składników pokarmowych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baran S.:** Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych. Ekoprofit 6 (11), 13-15, 1997.
2. **Baran S., Flis-Bujak M., Turski R., Żukowska G.:** Przemiany substancji organicznej w glebie lekkiej użyźnionej osadem ściekowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 409, 59-64, 1993.
3. **Baran S., Turski R.:** Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwienia odpadów. Wyd. AR w Lublinie, 1999.
4. **Biernacka J., Pawłowska L.:** Przeróbka osadów z miejskich oczyszczalni ścieków w kraju. Stan obecny i kierunki modernizacji. Mat. Konf. Nauk.-Techn. „Osady ściekowe- przeróbka i wykorzystanie”. Poznań 14-15 XI 1997.

5. **Czekala J.:** Wartości próchnicotwórcze i działanie nawozowe osadu ściekowego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricultura* (84), 75-80, 2000.
6. **Filipek T.:** Wpływ osadów ściekowych na zawartość metali ciężkich w roślinach. Cz.I. Chemiczne właściwości osadów ze ścieków komunalnych i komunalno – przemysłowych. *Ann. UMCS – Lublin, XXXVII, 14, Sec., E, 147-158, 1982.*
7. **Gambuś F.:** Skład chemiczny i wartość nawozowa osadów ściekowych z wybranych oczyszczalni regionu krakowskiego. III Konf. Nauk.-Techn. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Świnoujście, 9-11.06.1999, 66-77, 1999.
8. **Hernandez O.F., Mckelligan A.N., Lopez- Olguin A.M., Espinosa- Ceron F., Escamilla- Silva E, Dendooveu L.:** Treatment of sludge from a waste water plant to reduce pathogens and its effect on dynamics of C, N and P in soil. *Proced. of the 8 th Internat. Conf. On the FAO, SCORENA, Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Ramiran 98, Rennes, France, 26-29 mai 1998, 87-88.*
9. **Kalembasa S., Pakuła K., Becher M.:** Zawartość makro i mikroskładników w osadach ściekowych, produkowanych na wybranych oczyszczalniach regionu siedleckiego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 200, *Agricultura* (77), 125-128, 1999.
10. **Krzywy E.:** *Przyrodnicze zagospodarowanie ścieków i odpadów.* Wyd. AR w Szczecinie, 1999.
11. **Krzywy E., Wołoszczyk Cz., Jeżewska A.:** Ocena przydatności do nawożenia kompostów z osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych. *Folia Univ. Agris. Stetin. Agricultura* (84), 199-204, 2000.
12. **Kalembasa S., Kalembasa D.:** Wybrane chemiczne i biologiczne metody przeróbki osadów ściekowych. *Biotechnologia* 1(36),45-51, 1998.
13. **Kuziemska B., Kalembasa S.:** Wpływ wapnowania, dawki i rodzaju osadów ściekowych oraz nawożenia NPK na plon, skład chemiczny roślin i gleby. Cz.I. *Plon roślin. Arch. Ochr. Środ.* 23, 1-2, 97-108, 1997.
14. **Maćkowiak Cz.:** Skład chemiczny osadów ściekowych i odpadów przemysłu ściekowego o znaczeniu nawozowym. *Nawozy i nawożenie* 4(5), 131-143, 2000.
15. **Mazur T.:** Stan i perspektywy bilansu substancji organicznej w glebach uprawowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 421a, 267-276, 1995.*
16. **Mazur T.:** Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 437, 13-21, 1996.*
17. **Mazur T.:** Rolnicze utylizacje stałych odpadów organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 472, 507-516, 2000.*
18. **Parnaudeau V., Marcovecchio F., Alavoine G., Nicolardot B.:** Determination of relevant quality criteria to predict decomposition and N mineralisation of solid organic wastes in soil. *Proced. of the 8 th Internat. Conf. On the FAO, SCORENA, Network on Recycling of Agrocultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Ramiran 98, Rennes, France, 26-29 mai 1998, 175-176.*

19. **Sapek A., Sapek B.:** Wykorzystanie fosforu z osadów ściekowych w rolnictwie. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 200, *Agricultura* (77), 331-336, 1999.
20. **Stępień W., Szulc W., Mercik S.:** Ocena wartości nawozowej surowego i uszlachetnionego osadu ściekowego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricultura* (84), 487-490, 2000.
21. **Urbaniak M.:** Przerób i wykorzystanie osadów za ścieków komunalnych. Wyd. Ekoinżynieria, Lublim – Łódź, 1997.
22. **Zarzycki R., Wielgoskiński G.:** Osady ściekowe w Unii Europejskiej. *Przegląd komunalny.* 1 (124) – dodatek, 36 –37, 2002.

SELECTED PROPERTIES OF SEWAGE SLUDGE FROM SEWAGE
TREATMENT PLANTS IN WIELKOPOLSKA
PART I. REACTION, DRY MATTER, ORGANIC MATTER, ORGANIC CARBON
AND MACRONUTRIENTS

J. Czekała

Agricultural University, Department of Soil Science
ul. Wojska Polskiego 71 F, 60-625 Poznań
e-mail: monja@owl.au.poznan.pl

Summary. Investigations carried out on samples of sewage sludge showed that they provide a good source of organic matter and organic carbon as well as macronutrients. At mean dry matter content of 251 g per 1 kg of fresh material, sludge samples contained an average of 603 g per 1 kg of organic matter. The average content of organic carbon amounted to 54,3% while C:N ratio averaging 8,56. The dominant macronutrients comprised: nitrogen ($38,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), calcium ($31,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), and phosphorus ($23,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). In addition, it was found that sewage sludge could also constitute a good source of magnesium and sulphur.

Key words: sewage sludge, organic matter, organic carbon, macronutrients, dry matter, reaction.