

Edward S. KEMPA

KLASY KOMPOSTU - REALNOŚĆ CZY FIKCJA?

Streszczenie

Kompost, uzyskiwany z odpadów miejskich, osadów ściekowych i odpadowych substancji roślinnych i zwierzęcych, wykorzystuje się przyrodniczo od wieków (w rolnictwie, leśnictwie, ogrodnictwie) bądź to jako nawóz (ang. fertilizer) bądź "tylko" jako czynnik próchnicotwórczy (ang. soil conditioner). Wykorzystanie to jest rozumiane jako zawracanie do pierwotnego źródła tych substancji, które z niego pochodzą.

Niezbyt trudno podać syntetyczną definicję kompostu, jednak bardzo trudno ją rozwinąć, a komposty odpowiednio sklasyfikować. Przez konkretną klasę kompostu rozumie się w różnych krajach masę o bardzo różnym składzie, co oznacza, że takie klasy kompostu nie są kompatybilne. Artykuł stara się pokazać drogę (być może nie jedyną) do pracowania ujednoczonej klasyfikacji kompostów.

1. WPROWADZENIE

Kompost z odpadów miejskich, osadów ściekowych itp. biologicznie rozkładalnych substancji organicznych, był użytkowany przyrodniczo od setek lat. Podobnie jest w dobie obecnej. Można by zatem domniemywać, że o tym produkcie rozkładu wiadomo bardzo wiele, lub nawet wszystko. Jednak specjaliści zajmujący się szczegółowo tą problematyką, zapewne już w tym miejscu zaprotestują.

Na wykorzystanie kompostu patrzy się od kilku dziesięcioleci także jako na jeden z czynników ochrony środowiska, a także jako na zawracanie do przyrodniczego obiegu tych wszystkich wartościowych dla roślin substancji, które z tego obiegu zostały uprzednio pobrane. Kompostowanie można zatem zaliczyć do technologii małych odpadów.

Zastanawiający jest jednak fakt, że w dobie daleko rozwiniętej standaryzacji - skądinąd bardzo szczegółowej i jednoznacznej - unormowanie klas kompostu takiemu unormowaniu zdaje się umykać. Znane są oczywiście różne kryteria klasyfikacyjne dla gotowego produktu (kompostu) typu: substancje balastowe (szkło, tworzywa sztuczne), metale ciężkie, substancje mineralne (jak np. popiół) itp.

Gdy jednak porówna się klasy kompostu w różnych krajach, wychodzą na jaw zasadnicze różnice tak w samych kryteriach klasyfikacyjnych jak i w składzie kompostu poszczególnych klas.

Z tego stwierdzenia wynika geneza niniejszego referatu.

Powstają pytania:

- Czy ujednoczona klasyfikacja kompostu jest w ogóle możliwa?
- Czy jest to produkt (wytworzony przecież wg określonej technologii) możliwy czy też nie do jednoznacznego zdefiniowania?
- Czy można tu zastosować statystyczną kontrolę produktu - podobnie jak w większości gałęzi produkcyjnych, mimo iż wiadomo, że produkt finalny można uzyskać przy użyciu różnych rozwiązań technicznych.

2. DOTYCHCZASOWE OCENY JAKOŚCI KOMPOSTÓW

Wertując nawet starsze prace badawcze, znajduje się w nich pewne punkty dotyczące klasyfikacji kompostów [1-4, 8]. Z nich należałoby może wymienić specjalnie pracę Czerney'a [2], gdyż był on bodaj jednym z pierwszych, który rozpatrywał i oceniał jakość kompostów uzyskanych z odpadów miejskich. Wiele wskaźników dotyczących jakości zawiera austriacka norma [8].

We własnym podręczniku akademickim, autor tego referatu [5], próbował zestawić ówczesnie znane początki i główne zasady klasyfikacji kompostów. Zestawienie to wykazało, że nie tylko same klasy kompostu, ale i dopuszczalne wartości składników pożądaných i niepożądanych nie tylko odbiegają od siebie, ale nie jednokrotnie są wręcz sprzeczne ze sobą.

Lata mijają, a nawet w najnowszych publikacjach [10], wyraźnie o klasach jakościowych kompostu się nie mówi.

Pewne wskazówki, idące w kierunku rozumowania autora, formułuje Kahmann [4]:

"Bei der Beschreibung, Bewertung und Klassifizierung von Komposten aus festen und flüssigen Siedlungsabfällen, führen derartige Versuche fast nie zu einem vollständig befriedigendem Ergebnis. Das ist nicht weiter verwunderlich, da schon das Ausgangsmaterial ein Höchstmaß an Inhomogenität aufweist. Der Kompostrohstoff ist nur innerhalb einer größeren Schwankungsbreite beschreibbar." (cyt.)

Ten sam autor pisze następnie [4]:

"Kompostwerke sind wenig geeignet, exakt definierbare Produkte anzubieten. Die oben erwähnten Schwierigkeiten (s. dort) und Hemmnisse bei der exakten Beschreibung des Produktes KOMPOST zeigen gleichzeitig, wie problematisch es wird, ein durch festgelegte Qualitätsmerkmale gekennzeichnetes Produkt

diesen Qualitätsmerkmalen entsprechend herzustellen. Die Einteilung kann daher nur in Gruppen mit fliessenden Übergängen erfolgen" (cyt.)

Dochodzimy zatem do stwierdzenia, że dla klas kompostu nie można obecnie (a zapewne i w przyszłości) ustalić dokładnych absolutnych wartości poszczególnych, charakterystycznych składników. Warunki i zakres badań idących w kierunku unormowania klas kompostu, które określił swego czasu Mach (via [5]), zostały w minionym okresie w zasadzie spełnione; a były nimi:

- standaryzacja testu higieniczno-sanitarnego,
- opracowanie standardowej metody wyznaczania stopnia humifikacji, przez zawężenie ilorazu C/N i stopień rozkładu substancji organicznej,
- ustalenie dopuszczalnych stężeń metali ciężkich w glebach,
- ustalenie dopuszczalnych wartości substancji szkodliwych w kompostach,
- możliwości składowania (magazynowania),
- technika poboru prób.

Niezależnie od powyższego, autor referatu proponuje niżej nieco inne podejście metodyczne, które jego zdaniem znacznie lepiej odpowiada postawionemu zadaniu.

3. OCENA PRODUKTU wg METODY JAKOŚCI KOMPLEKSOWEJ

Produkty mogą być materialne i abstrakcyjne. Kompost jest produktem w sensie materialnym i podlega ocenie jakościowej; ma on cechy techniczne i korzystne (pożądane). Ocena stopnia jakości dowolnego produktu zależy od przypisanej mu liczby cech jakościowych, co upoważnia do użycia terminu: *jakość kompleksowa*.

Istotny wpływ na ocenę końcową, mają właściwie wybrane kryteria, cechy i właściwości. Cechy powinni wybierać fachowcy wysokiej klasy, a nie niedouczeni laicy. Założone z góry kryteria mogą mieć charakter mierzalny i/lub niemierzalny, stąd jakość kompleksowa może, a czasem i powinna być oceniana według tych obydwu grup kryterialnych. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń stwierdzam, że taką ocenę można zastosować również w odniesieniu do kompostów.

Zbiór n cech jakościowych opisuje się analitycznie wektorem:

$$[C_i] = [C_1, C_2, C_3, \dots, C_{n-1}, C_n] \quad (1)$$

Przy czym n jest dowolną, nieujemną liczbą całkowitą

Opis jakości kompleksowej można czasem zredukować tylko do jednego pytania, a mianowicie: Jak można by, używając tylko jednej wielkości (która była by wówczas sama w sobie wypadkową) opisać produkt, który w normalnych warunkach wymagałby opisu przy użyciu wielu charakterystycznych i pojedynczych parametrów?

Tu przychodzi z pomocą pojęcie tzw. *jakości kompleksowej* F , która jest funkcją wszystkich zmiennych, indywidualnych cech jakościowych. Zapisem matematycznym jest

$$F = f(C_i) = f(C_1, C_2, C_3, \dots, C_{n-1}, C_n) \quad (2)$$

Oznacza to, że na zbiorze pojedynczych cech można wykonywać normalne operacje obliczeniowe.

Ocena produktu wg określonej punktacji oznacza, że mamy do rozdysponowania określoną liczbę punktów i im przyporządkowujemy każdą cechę. Punkty te można dodawać, mnożyć, itd. Po operacjach rachunkowych, przyporządkowuje się daną liczbę punktów danemu produktowi (np. kilku kompostom różnego pochodzenia).

Addytywna postać funkcji jakości to

$$F = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_{n-1} + C_n = \sum_{i=1}^n C_i \quad (3)$$

Zaś postać iloczynu

$$F = \prod_{i=1}^n C_i \quad (4)$$

A priori nie można na ogół stwierdzić, która z powyższych postaci F jest lepsza. Według Wesołowskiego [13], postać addytywną preferuje się wówczas, gdy poszczególne cechy nie oddziałują na siebie wzajemnie; jeżeli jest odwrotnie, preferuje się postać iloczynu.

Gdy zakłada się, by wartość F leżała w pewnych, z góry ustalonych granicach, pracuje się w oparciu o wartości średnie.

Postać addytywną zapisujemy w formie średniej arytmetycznej

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (5)$$

zaś multiplikatywną w postaci średniej geometrycznej

$$F = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n C_i} \quad (6)$$

Wybór i oznaczenie poszczególnych kryteriów jakościowych może czasem okazać się niewystarczające. Zachodzi wówczas konieczność większego zróżnicowania cech przez

wprowadzenie rankingów tj. rangi ważności cech. Aby znanadto nie komplikować układu, zadawaliśmy się zwykle trójstopniową skalą ważności (a_i):

bardzo ważny	przeciętny	nieistotny
ang.: <i>high</i>	<i>middle</i>	<i>low</i> ,

przy czym wartości punktowe przypisane rangom (np. 1,5; 1; 0,5) mogą być bardzo różne, a są przyjmowane z oszacowania i zaleceń ekspertów.

Rangi ważności zapisuje się również w postaci wektora:

$$[a_i] = [a_1, a_2, a_3, \dots, a_{n-1}, a_n] \quad (7)$$

Wówczas będzie odpowiednio:

$$F = \sum_{i=1}^n a_i C_i \text{ oraz } \prod_{i=1}^n a_i C_i \quad (8a, 8b)$$

Średnie ważone przybiorą natomiast postaci:

arytmetyczną

$$F_{sr,w} = \frac{\sum a_i C_i}{\sum a_i} \quad \text{gdzie } i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

lub geometryczną

$$F = \sum a_i \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_i C_i} \quad (10)$$

W procesie kompostowania powodujemy zmianę wielu cech jakościowych surowych odpadów. Optymalizując działanie, zmieniamy F:

$$f = \sum k_i c_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

w którym: f - przyrost lub ubytek kompleksowej jakości,
 c_i - przyrost lub ubytek C_i (czyli wartości i -tej cechy),
 k_i - współczynnik rangi i -tej cechy.

W wyniku otrzymujemy wektor

$$[k_i] = [k_1, k_2, k_3, \dots, k_{n-1}, k_n] \quad (12)$$

a także

$$k_i = \frac{f_i}{c_i} \quad (13)$$

Jeżeli przyjmiemy dodatkowo, że do wektora cech $[C_i]$ przyporządkowany jest wektor zmiennych $[x_i]$, wówczas otrzyma się

$$\sum_{i=1}^n k_i x_i = \min ! \text{ (lub max !)} \quad (14)$$

zależności od tego, czy funkcję minimalizujemy, czy maksymalizujemy; x_i to elementy składowe wektora tak ustalone, że w danych warunkach ograniczeń otrzymuje się możliwie najwyższą jakość kompleksową. Zagadnienie to rozwiązuje się szczegółowo metodami programowania liniowego.

Wskutek zmian i rozwoju w czasie, funkcja F będzie zależeć i od tego czynnika, co należy uwzględnić w prognozowaniu rozwoju jakości kompleksowej. Ogólna postać funkcji F będzie:

$$F_t = g(F_o, t) \quad (15)$$

Tak pojętą metodą punktową ocen jakości kompleksowej w systemach gospodarki odpadami posłużyli się już m.in. Hagerty, Rasch i Thome-Kozmiensky, a opierając się na danych Hagerty'ego i teoretycznych podstawach podanych przez Wesółowskiego [13], autor przyjął tę metodę do oceny jakościowej niebezpiecznych odpadów przemysłowych, jak również do wyboru terenu pod wysypiska odpadów niebezpiecznych [5]. Poniżej pokazano możliwość zastosowania tej metody do klasyfikacji kompostu.

4. KLASYFIKACJA KOMPOSTÓW

Już Mach podawał (via [5]), że komposty należy klasyfikować według następujących kryteriów:

- składu chemicznego,
- wartości nawozowej,
- morfologii składników,
- właściwości strukturalnych,
- cech higieniczno-sanitarnych.

Ale powyższe kryteria nie muszą obowiązywać we wszystkich krajach, stąd i wyniki i klasy kompostów są różne. Przytacza się poniżej tylko najbardziej radykalny przykład, jakim jest minimalna zawartość substancji organicznej (w procentach wagowych):

Kraj	Klasa I	Klasa II	Klasa III
Polska	40	30	20
b. Czechosłowacja	36	36	30
Szwajcaria	10	10	10
b. NRD	30	20	10

Tak więc w krajach o dużych tradycjach w kompostowaniu, zamieszczenie kompostu w określonej klasie wcale nie musi być takie same jak w innym kraju. Czerney formułując swoje klasy kompostu uważał, że istotna jest tylko zawartość substancji organicznej, stopień ubytku masy wsadu, zawartość stłuczki i wielkość cząstek. Natomiast Crößmann [1] dzieli zalecane kryteria na trzy grupy:

Grupa I - Sucha masa, odczyn pH w KCl i przewodnictwo w KCl, substancja organiczna, czynna substancja organiczna, węgiel pierwiastkowy,

Grupa II - Makroelementy: N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg.

Grupa III - Pierwiastki śladowe i metale ciężkie: B, Mn, Mo, Zn, Pb, Cd, Hg, As.

Crößmann [1] bada jeszcze wielkość ziaren, substancje balastowe i uwodnienie, ale jednocześnie stwierdza ogólnie, że w klasyfikacji należy uwypuklać kryteria pozytywne, zaś dopiero na drugim miejscu ograniczenia w wykorzystaniu produktu.

Opracowanie uniwersalnej i ogólnie uznanej klasyfikacji kompostu z pewnością nie jest proste. Jednak podane wyżej zasady punktowej oceny mogą do takiej klasyfikacji być przydatne.

5. PRZYKŁAD KLASYFIKACJI PUNKTOWEJ

Poniżej podaje się rozwinięty przykład praktycznego zastosowania jakości kompleksowej dla kompostów, oparty na doświadczeniach własnych i na przyjętych wartościach punktowych. Na tym etapie rozważań przyjęto 15 parametrów. Liczba ta wydaje się wystarczającą do wyjaśnienia zasad klasyfikacji punktowej. Każda właściwość masy kompostowej została odniesiona do maksymalnej wartości, jaką przypisujemy kompostowi dojrzałemu o najlepszych właściwościach. Zestawiono to w tabeli 1. Im bardziej skład odbiega od składu optymalnego, produkt otrzymuje mniejszą liczbę punktów, aż do minimalnej. Podział na grupy we wspomnianej tabeli jest równoznaczny z przypisanym danym grupom rangom ważności. Siedem wskaźników zaliczono do grupy pierwszej, po cztery do grupy II i III. (tabela 1).

Przydział punktów: odpowiednio	C_{\max}	C_{\min}
rozkładalna substancja organiczna -	20	14
uwodnienie	19	13
C/N	19	12
Suma NPK	18	11
Odczyn pH	17	10
Substancje balastowe	16	10
Suma metali ciężkich	15	10
Suma cząstkowa	124	80

TABELA 1

Parametry kryterialne dla klasyfikacji kompostów

Parametr	Wartość optymalna	Wartość dopuszczalna
Grupa I		
Rozkładalna substancja organiczna, % s. m.	30-40	10
Uwodnienie, % masy surowej	20-35	10, 45
Iloraz C/N	20 : 1	10:1; 30:1
N, P, K, % s.m.	1; 0,6; 0,2	0,3; 0,3; 0,1
Odczyn pH	6,5 - 7,0	5,5; 8,5
Materiał balastowy, % s.m.	< 0,5	□ 1,5
Metale ciężkie	mniej od dopuszczalnych wartości ustalonych w Rozporządzeniu	
Grupa II		
Tłuszcze, mg/g s.m.	< 65	□ 65
Pierwiastki śladowe, mg/kg s.m.	mniej od dopuszczalnych wartości ustalonych w Rozporządzeniu	
Makroelementy, mg lub g/kg s.m.	brak (na razie) wiążących wartości	
Zasolenie, g/kg s.m.	brak(na razie) wiążących wartości	
Grupa III		
Test na samozagrzewanie	pozytywny	nie pozytywny
Ogólna ilość bakterii	?	?
Liczba <i>Chaetomium</i>	< 300	> 400
Test kiełkowania	pozytywny	negatywny (?)

$$C_i = 10 - 20; \quad a_i = 1,5$$

W grupie tej dano najwyższe wartości punktowe, czyli 10 - 20 pkt., przy randze 1,5. Wartość funkcji F_1 w swej addytywnej postaci wyniesie zatem:

$$F_1 = \sum_{i=1}^7 a_i C_i, \quad a_i = 1,5 = const$$

$$C_{i,\max} = \{20, 19, 19, 18, 17, 16, 15\}$$

$$C_{i,\min} = \{14, 13, 12, 11, 10, 10, 10\}$$

$$F_{1\max} = \sum_{i=1}^7 1,5C_{i\max} = 1,5 \cdot 124 = 186$$

Stąd wartość średnia ważona $F_{1\max}^W = 186 : 10,5 = 17,7$

Minimalna (dopuszczalna) wartość

$$F_{1\min} = \sum_{i=1}^7 1,5C_{i\min} = 1,5 \cdot 80 = 120$$

oraz średnia arytmetyczna ważona $F_{1\min}^W = 120 : 10,5 = 11,4$.

Podobnie postępujemy ze wskaźnikami grupy II, które wydają się mieć mniejszy wpływ na jakość kompostu, ale jednocześnie są one mocno powiązane z chemicznym składem produktu.

Parametry grupy II	C_{\max}	C_{\min}
Tłuszcze (ekstrakt eterowy)	10	5
Mikroelementy	9	4
Makroelementy	9	4
Sole rozpuszczalne	8	3
Suma cząstkowa	36	16

$C_i = 3 - 10, \quad a_2 = 1,0 = \text{constans}$

$$F_2 = \sum_{i=1}^4 a_2 C_i,$$

$C_{i\max} = \{10, 9, 9, 8\}$

$C_{i\min} = \{5, 4, 4, 3\}$

Tak zatem $F_{2\max} = 36, \quad F_{2\max}^W = 36 : 4 = 9$

$F_{2\min} = 16, \quad F_{2\min}^W = 16 : 4 = 4$

Jakość kompleksowa wskaźników tej grupy waha zatem od 16 do 36, przy średnich ważonych od 4 do 9 punktów.

Dla parametrów grupy III:

Test na samozagrzewanie (odpowiednio C_{\max} i C_{\min})	5,	2
Ogólna liczba kolonii bakterii	4,	2
Liczba <i>Chaetomium</i>	3,	1
Test na kiełkowanie roślin	2,	1
Sumy cząstkowe grupy III	14,	6

$$C_i = 1 \div 5, \quad a_i = 0,5 = \text{constans}$$

$$F_3 = \sum_{i=1}^4 a_i C_i,$$

$$C_{i \max} = \{5, 4, 3, 2\}; \quad C_{i \min} = \{2, 2, 1, 1\}$$

$$\text{Odpowiednio } F_{3 \max} = 7, \quad F_{3 \max}^W = 3,5$$

$$F_{3 \min} = 3; \quad F_{3 \min}^W = 1,5$$

Maksymalne wartości uzyskuje ta funkcja cząstkowa wówczas, gdy wszystkie testy i badania dały wyniki pozytywne.

Sumaryczne zestawienie wszystkich wyników cząstkowych zawiera tabela 2.

TABELA 2

Punkty jakości kompleksowej kompostów (przykład z badań) [7]

Grupa	Punkty funkcji		Ważone średnie arytmetyczne	
	max	min	max	min
I	186	120	17,7	11,4
II	36	16	9	4
III	7	3	3,5	1,5
Suma	229	139	30,2	16,9

Odpowiednie wartości urealnione zestawiono w tabeli 3.

TABELA 3

Aproksymacja liczby punktów dla kompostów właściwej klasy

Seria badawcza	Grupa I	Grupa II	Grupa III	Sumaryczna liczba punktów
I	max (7)	max	max	229
II	max (7)	min	max	209
III	max (7)	min	min	205
IV	śred. (7)	max	max	197,5
V	śred. (7)	średn.	średn.	184
VI	max (4); min (3)	średn.	max	182
VII	max (3); min (4)	min	min	167
VIII	min (7)	średn.	średn.	149,5
IX	min (7)	min	min	139

K o m e n t a r z

Kompost I. Klasy, najlepszy, może być użyty w przypadkach najbardziej wymagających jak na przykład jako "ziemia" doniczkowa, kwiatowa, w szklarniach, rabatach wiosennych, sadzonkach roślin wrażliwych jak tulipany czy pomidory.

Komposty klasy II na otwartych uprawach ogrodowych, do nawożenia (przykładowo) ogórków, kapust itp., jak też w rolnictwie. Komposty klasy III nadają się w zasadzie do rolniczego wykorzystania (lucerna, koniczyna, buraki pastewne itp.). Komposty tej klasy można też stosować w szkółkach leśnych i w winnicach. Zawsze jednak czynnikiem limitującym może być nadmierna zawartość metali ciężkich (tak pojedynczych metali jak i ich sumy) W dwóch pierwszych klasach, dopuszczalna prawnie zawartość żadnego z niebezpiecznych metali ciężkich nie może być przekroczona.

Zdarza się jednak (w niektórych z naszych krajowych kompostowni nawet zbyt często) że wytwarza się komposty, których wskaźniki jakościowe nie osiągają nawet wyżej opisanej klasy III. Czyli byłby to kompost "pozaklasowy", który jednak na dobrą sprawę można jeszcze stosować jako materiał przykrywający na składowiskach odpadów i do powierzchniowej rekultywacji hałd odpadów przemysłowych.

Jest oczywiste, że każdy kompost odpowiedniej klasy musi mieć swoją cenę sprzedaży. Nie dyskutowano w tym referacie o wzbogacaniu kompostu (a więc z reguły o podwyższaniu jego klasy) przez dodatek innych komponentów jak torf, słoma trociny, czy osady ściekowe, gdyż przekraczało by to ramy tego referatu. Generalnie jednak wypada stwierdzić, że tok rozumowania idący w kierunku ustalenia jakości kompleksowej byłby identyczny.

6. PODSUMOWANIE

Określenie jakości kompleksowej dowolnego produktu jest w przemyśle regułą. W referacie starano się wykazać - jako że kompostownie to też swoisty zakład produkcyjne - że metody te można przenieść na określenie klas kompostów. Tak jak każda pierwsza próba, każda nowość, tak i przedstawiony tu tok rozumowania i postępowania może budzić określone zastrzeżenia, być może występują tu nawet błędy subiektywne. Ale wiadomo powszechnie, że zawsze każda nowość spotyka się z nimi i niedostatki takiej czy innej teorii są dopracowywane.

Może nawet zarzuci się autorowi, że brał pod uwagę tylko 15 parametrów, że ten czy inny parametr należało by przyporządkować innej grupie itd. Wówczas inne były by wyliczone wartości punktacji, C_i oraz a_i . Oczywiście należy oponentom przyznać rację. Ale jednocześnie dążyć do rzeczowej, nawet - gdy zajdzie potrzeba - ostrej dyskusji. Spotkanie fachowców w dziedzinie kompostowania jest najlepszą do tego okazją.

Autor jest wszakże przekonany, że jest to droga do ujednoczenia klasyfikacji kompostu i to nawet na platformie międzynarodowej. Szkoda tylko, że tak mało polskich specjalistów zasiada w gronie międzynarodowych zespołach decydentów (np. w komisjach COST UE). Autor jest jednocześnie optymistą, że już w niedługim czasie

fachowcy będą mówili o ujednoczonych klasach kompostu i że nie będzie to źródłem nieporozumień.

LITERATURA

- [1] CRÖBMAN G., Hasuk A., Ernst A.A. (1977): *Untersuchungen zur Ermittlung von Qualitätskriterien bei Müllklärschlammkompost*. Müll und Abfall, 9, S. 226
- [2] CZERNEY P. (1971): Zur Qualitätsbeurteilung von Stadtkomposten. Kommunale Dienstleistungen 7, 2,3,
- [3] HAUG, R.T., (1980): *Compost Engineering - Principles and Practice*. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor
- [4] KAHMANN L. (1983): *Kompostqualitätskriterien und Schwermetalle*. Müll und Abfall, 11, S.188
- [5] KEMPA E.S. (1983): *Gospodarka odpadami miejskimi*. Wyd. ARKADY Warszawa
- [6] KEMPA E.S. (1985): *Qualitätsklassen von Müllkomposten*. W [11], ss. 617-631
- [7] MIKA J. (1982): *Próba klasyfikacji jakościowej kompostów*. Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej - praca dyplomowa niepublikowana
- [8] Norma branżowa BN-89/9103-09: *Unieszkodliwianie odpadów miejskich - Kompost z odpadów miejskich*. Inst. Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa
- [9] Pr. zbior. (1983): *Gütekriterien für Müllkompost - Die ÖNORM S 2022*. Wyd. Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau der TU Wien, Bd. 4 "Abfallwirtschaft"
- [10] Pr. zbior. (1999): *Kompostowanie i użytkowanie kompostu*. Wyd. Ekoinżynieria Lublin
- [11] THOMÉ-KOZMIENSKY K.J.[Hrsg.] (1985): *Kompostierung von Abfällen*. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin
- [12] UBA (1977): *Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost aus Müll und Müllklärschlamm*. W: Müll- und Abfallbeseitigung, Erich Schmidt Verlag, Berlin - Bielefeld, Kennzahl 6856
- [13] WESOŁOWSKI (1975): *Programowanie nowej techniki*, Wyd. PWN Warszawa.