

Andrzej Raczyk  
Natalia Cichosz  
Piotr Jeszka  
Lidia Zgoła  
Stanisław T. Kołaczkowski

## OCZYSZCZANIE GNOJOWICY METODĄ AEROBOWĄ TERMOFILOWĄ

### Streszczenie

Z badań przeprowadzonych w skali 1/2 technicznej nad oczyszczaniem gnojowicy z przemysłowej hodowli tuczników wynika możliwość stosowania tej metody w skali technicznej, przy czym uzyskano ubytki BZT w granicach 2,5...5,8 kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> • d.

### Summary

Investigations are made with aerobic thermophilic treatment of hog manure. A diminishing of BOD — load 2,5...5,8 kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> • d. is obtained. This method in technical rang may be employed.

### Wstęp

O stosowaniu metody aerobowej termofilowej do oczyszczania gnojowicy z przemysłowej hodowli trzody chlewnej pisaliśmy już w roku ubiegłym na łamach miesięcznika G. W. i T. Sanit. [1] podając wówczas wyniki wstępnych badań prowadzonych w ramach prac planowych nieistniejącej już dziś placówki badawczej Instytutu Gospodarki Wodnej w Poznaniu\*) w stacji doświadczalnej w Pantaleonowie.

Obecnie przedstawiamy wyniki dalszych badań, które prowadził zespół pracowników Politechniki Poznańskiej\*\*) w roku 1975 w stacji doświadczalnej w m. Ł. Badania trwały 11 miesięcy seriami, w czasie których proces był prowadzony bez przerwy w dzień i w nocy nieraz w ciągu długich tygodni. W niniejszej pracy podano wyniki badań z pięciu sesji, które dostatecznie charakteryzują przebieg procesu.

Mgr inż. Andrzej Raczyk — Politechnika Poznańska

Mgr Natalia Cichosz — Politechnika Poznańska

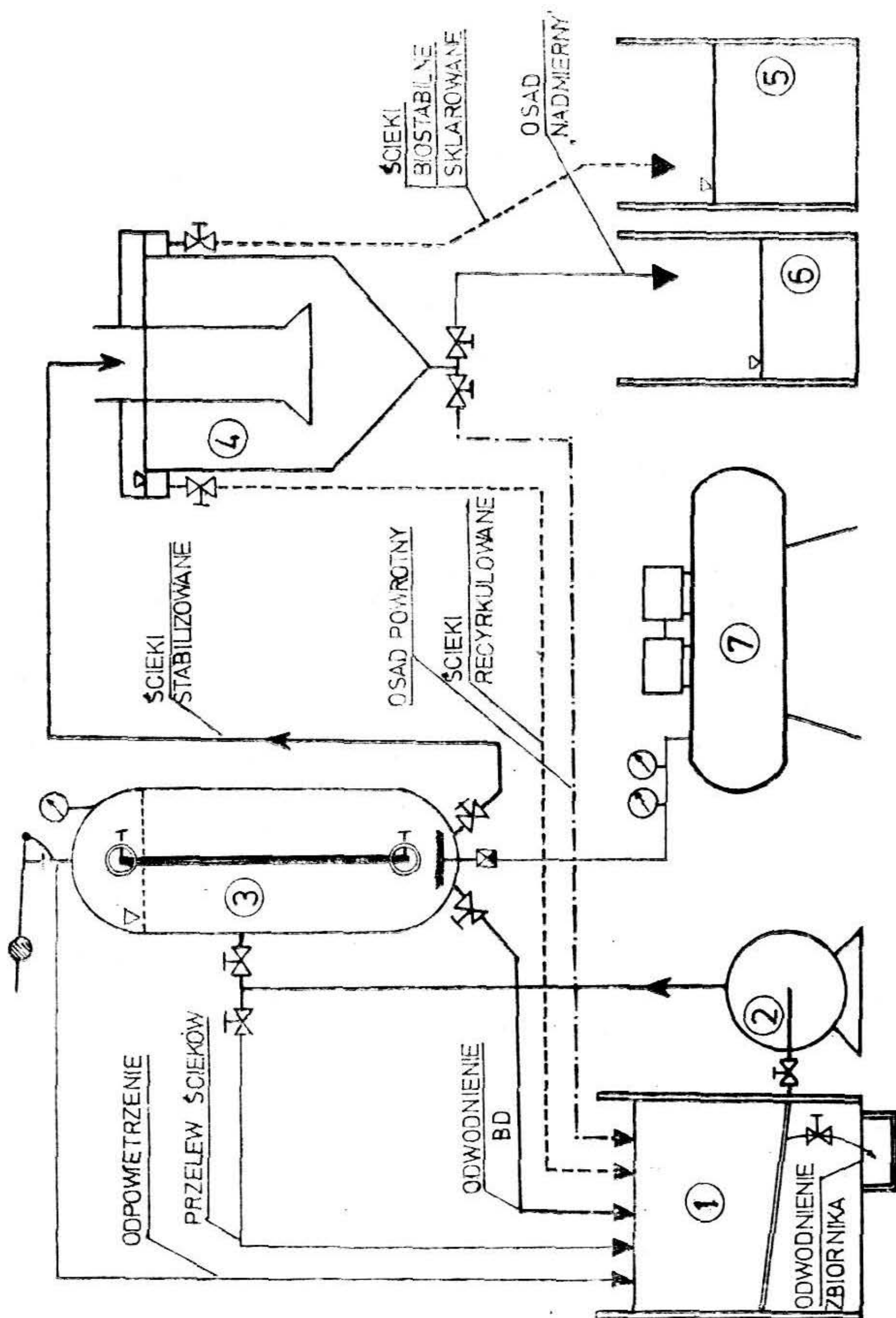
Mgr Piotr Jeszka — Politechnika Poznańska

Mgr Lidia Zgoła — Politechnika Poznańska

Prof. dr Stanisław T. Kołaczkowski — Wyższa Szkoła Inżynierska w Zielonej Górze

\*) jej organizatorem i kierownikiem do chwili rozwiązania Instytutu Gospodarki Wodnej w W-wie w roku 1973 był prof. dr St. Kołaczkowski

\*\*) Zakład Zaopatrzenia w wodę i ochrony środowiska P.P. kierownik: prof. dr St. Kołaczkowski.



Rys. 1. Schemat stacji doświadczalnej

Stacja ta składa się z następujących części rys. nr 1):

— zbiornik gnojowicy — wyrównawczy, poj. 1000 l	1
— pompa dla gnojowicy	2
— biodegradator poj. 500 l — BD	3
— depresor — poj. 1000 l. — DF	4
— zbiornik na sklarowane ścieki	5
— zbiornik na osad	6
— sprężarka	7

Tabela 1

## ZESTAWIENIE ANALIZ ŚCIEKÓW SUROWYCH Z DNIA 12.01.1975 R.

Nazwa działu fermy	A	B	C	D	E
Rodzaj analizy	Wycho- walnia loszek	Knury stadne	Maciory lužne	Maciory z prosię- tami	Wycho- walnia knurków
1	2	3	4	5	6
Odczyn pH	5,35	7,8	8,8	7,6	6,6
zasadowość ogólna mval/l	29,6	153	133	94,2	108
sucha pozostałość — niesączona mg/l	37440	23476	5682	3943	26027
sucha pozostałość — poproszaczaniu mg/l	5376	3511	4342	2749	4713
pozostałość po pra- żeniu — niesączona mg/l	4981	10663	2562	1920	7935
pozostałość po pra- żeniu — po przesą- czeniu mg/l	2270	1938	2280	1565	2634
substancje lotne — niesączona mg/l	22459	12813	3120	2023	18092
substancje lotne — po przesączeniu mg/l	3106	1573	2062	1184	2079
azot amonowy mg N/l	125	110	100	125	125
azot organiczny mg N/l	1953	1722	1841	1176	1778
utlenialność $KMnO_4$ mg $O_2$ /l		4000	1700	1420	4000
BZT <sub>5</sub> mg $O_2$ /l	17000	5200	4100	2300	8000
utlenialność $K_2Cr_2$ $O_7$ mg $O_2$ /l	35000	18000	9000	6200	13000
fosfor ogólny mg P/l	3,5	3,0	8,5	7,5	3,75

Temperaturę ścieków (gnojowicy) w zbiorniku [1], można było podwyższać za pomocą nagrzewnicy parowej a w biodegradatorze [3] za pomocą grzejników elektrycznych. Ciśnienie powietrza w BD utrzymywano w granicach 3,5... 4,0 atn. Maksymalne dopuszczalne ciśnienie dla aparatu wynosiło 4,5 atn. Stacja doświadczalna zlokalizowana była w fermie zarodowej trzody chlewnej w Państwowym Ośrodku Hodowli Zarodowej. Stado podstawowe wynosiło 400 sztuk, sumaryczna ilość zwierząt ulegała stałym wahaniom i wynosiła około 3000... 3200 sztuk. Ilość gnojowicy w przeliczeniu na 1 szt. wynosiła 23,8 dm<sup>3</sup>/szt. d Dla ustalenia charakterystyki gnojowicy wykonano analizy prób pobranych z pięciu działów fermy. Wyniki analiz zawiera tabl. 1. Istotną przyczyną przeprowadzenia badań w Ł była trudna sytuacja fermy, która nie posiada dostatecznego zaplecza terenowego dla wykorzystania świeżej gnojowicy do nawożenia, co byłoby i powinno być najbardziej racjonalnym jej wykorzystaniem. Brak jest również w pobliżu naturalnego odbiornika ścieków np. w postaci rzeki. Najbliższa większa rzeka jest oddalona o około 12 km a leżące w Ł jezioro stanowi uczęszczany ośrodek czasowy i istnieje zakaz wprowadzania do niego ścieków. Nawiasem mówiąc, wymagałoby ono lepszej jego ochrony a nawet regeneracji, gdyż stopień jego eutrofizacji szybko się zwiększa wskutek dopływu wód drenarskich z okolicznych nawożonych pól uprawnych.

### 1. Podstawy teoretyczne procesu

Procesy chemiczne ze wzrostem temperatury przebiegają szybciej i wg Van t'Hoffa można przyjąć, że wzrost temperatury o 10° powoduje 2... 3 krotny przyrost prędkości reakcji.

Można to wyrazić wzorem:

$$V_t = V_o \cdot 2^{\frac{t}{10}}$$

gdzie:  $V_o$  — prędkość reakcji w temp. 0°C

$t$  — temperatura procesu w °C

Reakcje biochemiczne w pewnym stopniu również podlegają temu prawu lecz różnice są tu zasadnicze, gdyż przekroczenie granic temperatury optymalnych dla danego gatunku organizmów, powoduje zahamowanie ich metabolizmu a nawet zniszczenie komórek i proces biodegradacji ustaje.

Procesy samooczyszczania się rzek a przede wszystkim spadek wartości ich biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT) powodowany biodegradacją materii organicznej, przebiegają w przybliżeniu wg reakcji chemicznych I-rzędu i można je ująć wzorem Streetera i Phelpsa:



$$\frac{L_T}{L_0} = 10^{-k_1 \cdot T}$$

gdzie:  $L_0$  — BZT początkowe wody — ścieków  $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$   
 $L_T$  — BZT początkowe wody — ścieków  $\text{mgO}/\text{dm}^3$   
 $T$  — czas w dobach  
 $k_1$  — współczynnik prędkości reakcji.

Zależność współczynnika  $k_1$  od temperatury określa wzór Theriaulta

$$k_T = k_{20} \cdot \Theta^{(T-20)}$$

gdzie:  $T$  współczynnik termiczny, którego wartość wg Theriaulta wynosi 1,047. Podobną wartość podali Streeter i Phelps.

Ze wzorów tych łatwo obliczyć, że współczynnik prędkości reakcji jest w temp.  $60^\circ$  sześciokrotnie wyższy niż w  $20^\circ$  i w ciągu jednej doby uzyskać można ponad trzykrotnie większy ubytek BZT.

Literatura na temat aerobowej termofilowej biodegradacji jest bardzo uboga. W ostatnich lata (1974), prowadził badania nad biodegradacją stężonych ścieków i osadów ściekowych — Loll [2]. Stwierdził on, że biostabilizacja tych substratów przebiega w izolowanych komorach napowietrzania przy użyciu środka napowietrzającego wg Fischera, w ciągu 2,5 d... 7 d, przy czym temperatura utrzymuje się na poziomie  $40 \dots 45^\circ$ .

W metodzie aerobowej termofilowej wg Kołaczkowskiego [3] stosuje się temperaturę podwyższoną w granicach  $45^\circ \dots 60^\circ$ . Dla wyrównania zmniejszonej rozpuszczalności tlenu w wodzie (ściekach) stosuje się zwiększone ciśnienie. Podwyższona temperatura zwiększa prędkość reakcji oraz współczynnik dyfuzji tlenu do wody, a zarazem obniża napięcie powierzchniowe wody co sprzyja rozpuszczaniu się tlenu.

## 2. Część doświadczalna

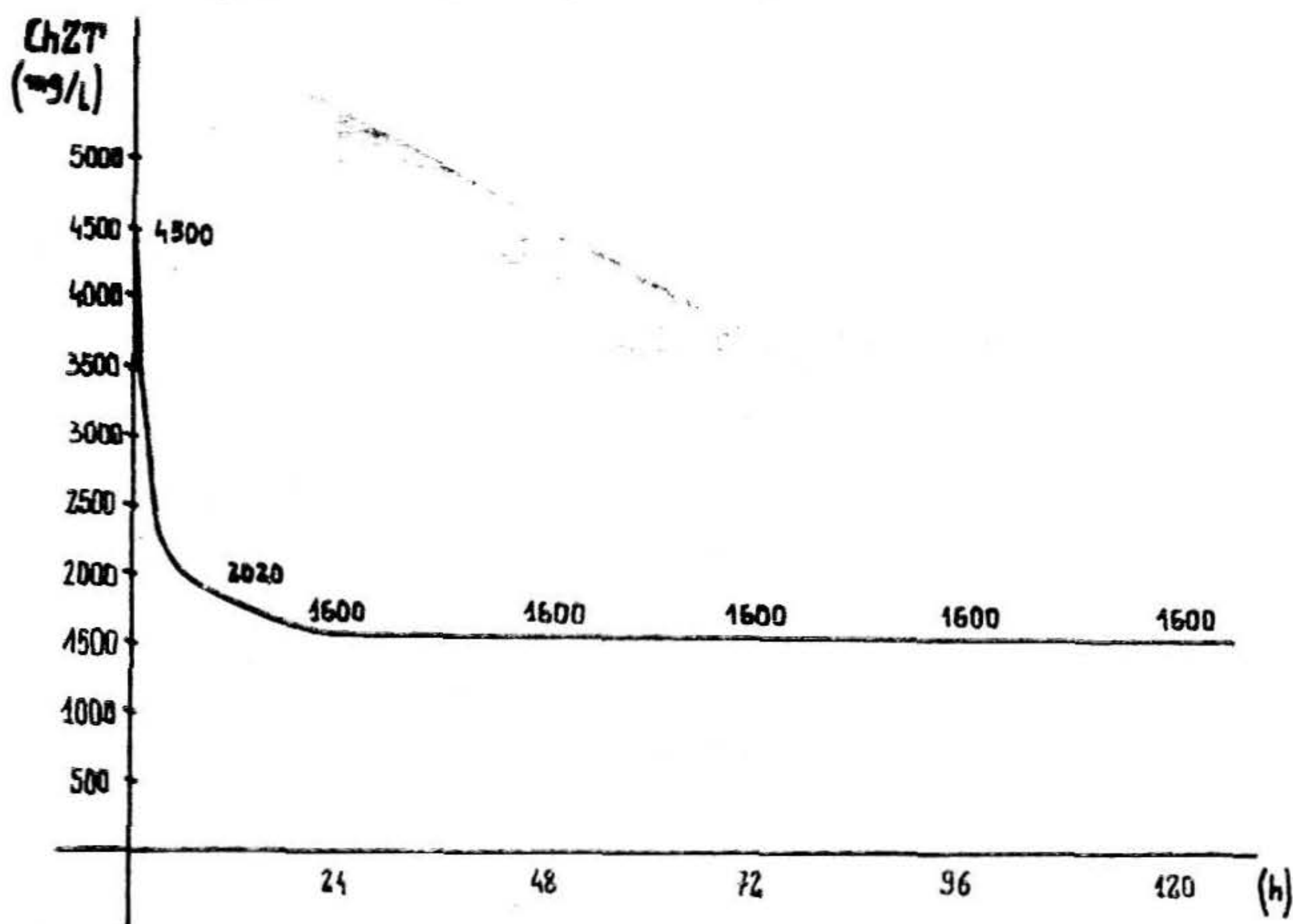
Badania nad biodegradacją gnojowicy podzielono na cykle, w których obserwowano biodegradację substancji organicznej gnojowicy mierząc chemiczne zapotrzebowanie tlenu ChZT, którego ubytek odpowiada wartości BZT [4].

## Cykl 1

## Parametry procesu

— temperatura	55°
— ciśnienie	3,8 atm.
— przepływ powietrza	2,0 m <sup>3</sup> /h
— stężenie ścieków surowych ChZT	4,3 g O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>
— stężenie końcowe ścieków	1,6 g O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>

Celem tego cyklu było uzyskanie stabilności ścieków wyrażonej stałością końcowego ChZT. Uzyskano ją po 26<sup>h</sup>, przy spadku ChZT o 63% do wartości 1600 mg O<sub>2</sub>/l. Ilustruje to rysunek nr 2.



Rys. 2. Przebieg spadku ChZT

To stężenie ChZT utrzymało się bez zmiany w ciągu 126 godzin obserwacji. Spadek ChZT o 2,7 kg w ciągu 26<sup>h</sup> odpowiadał sprawności BD = 2,5 kg ChZT/m<sup>3</sup>d.

## Cykl 2

## Parametry procesu:

— temperatura	60°C
— ciśnienie	3,5 atm.
— przepływ powietrza	8,0 m <sup>3</sup> /h
— stężenie ścieków surowych — ChZT	5,72 ... 8,91 g/l
— stężenie końcowe ścieków — ChZT	2,70 g/l

Celem tej serii było sprawdzenie procesu biodegradacji przy stałym dawaaniu nowych porcji gnojowicy. Przy ładunku ChZT

początkowym w BD =	1,57 kg $O_2/500 \text{ dm}^3$
dodano w ciągu 64 <sup>h</sup>	7,59
pozostało	1,35
użyło więc	<u>7,81 kg <math>O_2/500 \text{ dm}^3</math></u>

w ciągu 64<sup>h</sup> tj. w ciągu 2,67 d. Sprawność BD wyniosła więc 5,85 kg ChZT/ $m^3 \cdot d$ , czyli przekraczała kilkakrotnie sprawność komór napowietrzania uzyskiwaną w metodzie osadu czynnego (licząc komory napowietrzania + osadnik wtórny).

### Cykl 3

Parametry cyklu

— temperatura	60°
— ciśnienie	3,8 atm.
— przepływ powietrza	10,0 $m^3/h$
— stężenie ścieków surowych — ChZT	10,15 g/ $dm^3$

Celem tej serii było sprawdzenie procesu biodegradacji gnojowicy bardziej stężonej. W ciągu 22<sup>h</sup> uzyskano spadek ładunku ChZT o 3,73 kg/ $m^3$ , co odpowiada sprawności BD=4,07 kg/ $m^3 \cdot d$ . Końcowe ChZT=6,42 g/l. Spadek ChZT wyrażony w procentach wyniósł po 22<sup>h</sup> 36,7%, a po 22<sup>h</sup> 36,7% a po 28<sup>h</sup> — 37,7%. Oznacza to, że proces stabilizacji był daleko posunięty. Odczyn ścieków po 22<sup>h</sup> wynosił: pH = 9,0.

### Cykl 4

Parametry cyklu

— temperatura	60°
— ciśnienie	3,8 atm.
— przepływ powietrza	10,0 $m^3/h$
— stężenie ścieków surowych — ChZT	0,23 ... 13,7 g/ $dm^3$

Celem tej serii było sprawdzenie procesu biodegradacji stężonej gnojowicy przy stałym zasilaniu BD nowymi porcjami ścieków surowych. W ciągu 20<sup>h</sup> uzyskano ubytek ChZT = 3,32 kg/ $m^3$ , co odpowiada 3,98 kg/ $m^3 \cdot d$ . Końcowe stężenie ścieków wyniosło 6,02 g ChZT/ $dm^3$ . Uzyskano więc wynik zupełnie podobny do poprzedniego.

### Cykl 5

Parametry cyklu

— temperatura	60°
— ciśnienie	4 atm.
— przepływ powietrza	6,0 $m^3/h$
— stężenie ścieków surowych — ChZT	17,3 g/ $dm^3$



Celem tego cyklu były obserwacje procesu biodegradacji przy stałym przepływie gnojowicy = 5 dm<sup>3</sup>/h. W BD utrzymywało się ChZT w granicach 4,43 ... 2,72 g/dm<sup>3</sup>. W ciągu 65<sup>h</sup>15' z ogólnego ładunku ChZT w BD 5,88 kg, ubyło 4,52 tj. około 77%. Sprawność BD wyniosła 3,32 kg ChZT/m<sup>3</sup>d.

### 3. Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowana metoda aerobowej termofilowej degradacji, daje wyniki dodatnie. Uzyskany ubytek ChZT przeliczany na 1 m<sup>3</sup> i dobę, wynosił od 2,5 do 5,85 kg/m<sup>3</sup>d z tym, że znaczne spadki ChZT uzyskiwano w stosunkowo krótkim czasie 20<sup>h</sup> ... 26<sup>h</sup> (serie 1, 3 i 4).

Końcowe stężenia gnojowicy wyrażone w ChZT są wysokie: 1,6 ... 6,42 g/l należy jednak podkreślić, że wartość ChZT określa ilość tlenu zużywanego na chemiczne utlenianie w ściśle określonych warunkach substancji ulegających temu utlenianiu i nie może być miarodajna dla oceny końcowego produktu utleniania.

Ferma zarodowa może zużytkować przetworzoną gnojowicę rolniczo, gdyż można nią bardziej obciążyć nawożoną glebę bez obawy jej odtleniania. Można by również, w razie konieczności, odprowadzić ustabilizowane ścieki do odległej o 12 km rzeki W.

### SPIS LITERATURY

- [1]. Kołaczkowski S. T., Matysiak A. — *Oczyszczanie gnojowicy aerobową metodą termofilową*, G.W. i Techn. Sanit. XLIX (1974) z. 12.
- [2]. Loll U. *Stabilisierung hochkonzentrierter organischer Abwässer und Abwasserschlämme durch aerob — thermophile Abbauprozesse*, GWT — Wasser (Abwasser) — 115 (1974), z. 4.
- [3]. Kołaczkowski S. T. Bekasiak I. Patent nr P-167753, 1973.
- [4]. Kołaczkowski S. T. *Dogodna metoda oznaczania BZT*. GW i Techn. Sanit., XLIX (1975) z. 7/8.