

Mirosław MAKOWSKI, Sylwia MYSZOGRAJ*

WYKORZYSTANIE OZNACZENIA AKTYWNOŚCI DEHYDROGENAZ OSADU CZYNNEGO DO KONTROLI PROCESU OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

Streszczenie

Zmiana aktywności enzymatycznej osadu czynnego spowodowana zmianą parametrów ścieków, dopływem składników hamujących dehydrogenację lub przekształceniem się biocenozy osadu czynnego, prowadzi do zmiany szybkości poboru tlenu przez osad czynny oraz liczebności bakterii. Wymienione czynniki mają bezpośredni wpływ na efekt oczyszczania ścieków. Korzystne dla technologii prowadzenia procesu osadu czynnego byłoby wykorzystanie oznaczenia, które w prosty i szybki sposób pozwalałoby na jego ocenę. Oznaczeniem takim może być test TTC, którego wynik jest miarą aktywności dehydrogenaz osadu czynnego. W pracy przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych nad oceną aktywności osadu czynnego mierzoną testem TTC.

1. WSTĘP

Pełna ocena i kontrola procesu oczyszczania ścieków osadem czynnym powinna uwzględniać i wiązać wszystkie towarzyszące mu zjawiska: zmianę właściwości fizyczno-chemicznych oczyszczanych ścieków, parametry techniczne procesu, własności fizyczne i biochemiczne oraz skład ilościowy i jakościowy biocenozy osadu czynnego [J. Przewłocki, 1970]. Uzyskanie pełnej, specjalistycznej analizy, zwłaszcza ilościowych i jakościowych oznaczeń mikrobiologicznych jest bardzo czasochłonne, a otrzymane wyniki dają obraz procesu zwykle za późno by móc nim właściwie sterować. Dlatego też szybka ocena aktywności osadu czynnego, której wynik pozostaje w ścisłym związku z liczebnością flory bakteryjnej może wpłynąć korzystnie na ocenę prowadzonych procesów oczyszczania ścieków.

Podstawową funkcją mikroorganizmów osadu czynnego jest utlenianie zawartych w ściekach substancji organicznych do związków mineralnych. O przebiegu tego procesu decyduje aktywność enzymów łańcucha oddechowego bakterii. W oddychaniu

tlenowym odłączany od utlenianego substratu atom wodoru jest przenoszony przez łańcuch oddechowy na końcowy akceptor, jakim jest tlen. Pierwszymi enzymami łańcucha oddechowego są dehydrogenazy, które katalizują odłączanie atomów wodoru od substratów. Zatem aktywność enzymów (dehydrogenaz) może służyć jako wskaźnik aktywności mikroorganizmów osadu czynnego [J. Gańczarczyk, 1969]. Lenhard [J. Przewłocki, 1970] zaproponował wykorzystanie chlorku trójfenylotetrazoliowego (TTC) do pomiaru aktywności dehydrogenaz flory bakteryjnej. Jedną z pierwszych prac, gdzie zastosowano test TTC do określenia aktywności biochemicznej osadu czynnego są badania Buckseega i Thiele'a (1959 i 1964), Farkas'a (1967-1968) oraz Forda, Yanga i Eckenfeldera (1966) [G. Buraczewski, 1994].

W badaniach przeprowadzonych przez wyżej wymienionych autorów obserwowano zmiany aktywności dehydrogenaz osadu czynnego w zależności od temperatury prowadzenia procesu oczyszczania ścieków.

2. MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Zmiany aktywności osadu czynnego przebadano w zakresie od 10 do 37°C, w przedziałach co 3°C. Próbkę osadu czynnego, w których oznaczano aktywność mikroorganizmów osadu czynnego testem TTC pobierano z modelowego układu oczyszczania ścieków w warunkach ich ciągłego przepływu. Do badań wykorzystano ścieki syntetyczne o składzie zbliżonym do typowych ścieków bytowo-gospodarczych, co zagwarantowało stabilny przebieg procesu oczyszczania ścieków osadem czynnym z pominięciem przypadkowych błędów wynikających ze zmiany składu ilościowego i jakościowego ścieków. W badaniach zastosowano osad czynny pobrany z oczyszczalni ścieków miejskich w Zielonej Górze, który adaptowano do pracy w układzie przez okres 14 dni.

2.1 Charakterystyka ścieków stosowanych w badaniach

Oczyszczaniu poddawano ścieki syntetyczne, których zanieczyszczenia organiczne modelowano przy użyciu skrobi, glukozy i glutaminianu sodu, a jako źródło azotu nieorganicznego zastosowano chlorek amonu. Skład ścieków opracowano w oparciu o dane doświadczalne podane przez Mikscha [K. Miksch, 1993] oraz badania własne (Tab. 1). Partię ścieków o objętości 5 dm³ przygotowywano codziennie. Parametry jakości ścieków syntetycznych przedstawiono w tabeli 2. Charakterystyczne stosunki dla opracowanego składu ścieków syntetycznych wynosiły:

- P/BZT₅ = 0,035
- N/BZT₅ = 0,156
- ChZT/BZT₅ = 2,26

TABELA 1

Skład ścieków użytych w badaniach

Lp.	Składnik	mg/dm ³
1.	NH ₄ Cl	95
2.	Na ₂ CO ₃	100
3.	FeSO ₄ ·7H ₂ O	7,5
4.	KH ₂ PO ₄	50
5.	NaCl	50
6.	CaCl ₂ · 2H ₂ O	10
7.	MgSO ₄ ·7H ₂ O	140
8.	NaHCO ₃	125
9.	MnSO ₄ ·H ₂ O	0,0675
10.	CuSO ₄	0,00425
11.	NaMoO ₄ · 2H ₂ O	0,00242
12.	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,07
13.	skrobia	100
14.	glukoza	240
15.	glutaminian sodu	250

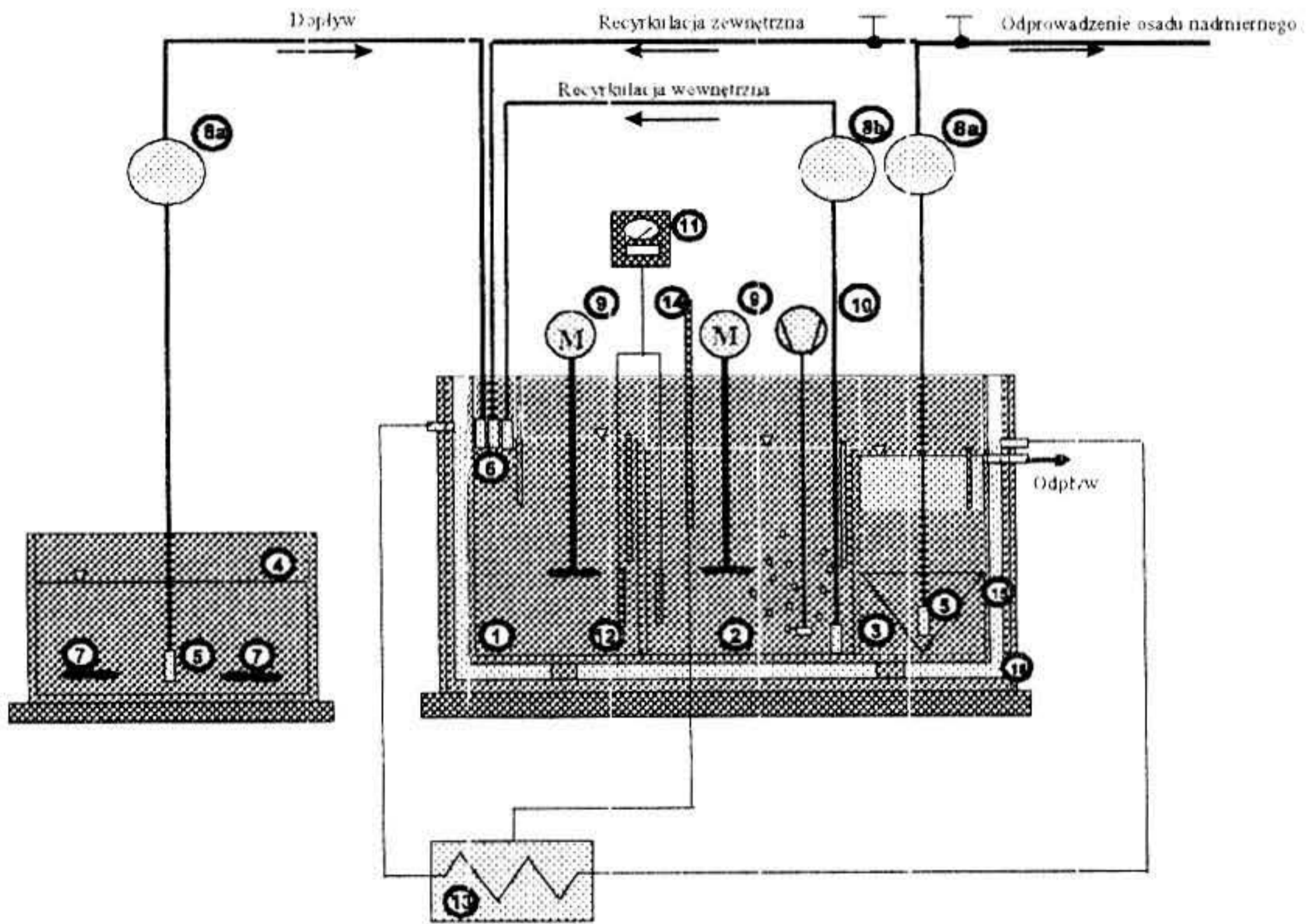
TABELA 2

Parametry fizykochemiczne ścieków użytych w badaniach

Lp.	Parametr	Jednostka	Ścieki syntetyczne
1.	pH	-	7,33
2.	Zasadowość	mval/dm ³	4,5
3.	Sucha pozostałość	mg/dm ³	1132,0
4.	Substancje rozp.	mg/dm ³	818,0
5.	Zawiesina ogólna	mg/dm ³	314,0
6.	Azot amonowy	mgN-NH ₄ ⁺ /dm ³	31,0
7.	Azotany	mgN-NO ₃ ⁻ /dm ³	0,0
8.	Azotyny	mgN-NO ₂ ⁻ /dm ³	0,0
9.	Azot organiczny	mgN/dm ³	20,0
10.	Azot całkowity	mgN/dm ³	51,0
11.	Fosforany	mgPO ₄ ³⁻ /dm ³	35,0
12.	Chlorki	mg Cl ⁻ /dm ³	100,0
13.	ChZT	mgO ₂ /dm ³	736,0
14.	BZT ₅	mgO ₂ /dm ³	326,0

2.2 Stanowisko badawcze

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem stanowiska badawczego przedstawionego na rys. 1.



- | | |
|--|---|
| 1. Komora denitryfikacji | 9. Mieszadło wolnoobrotowe IKA Eurostar |
| 2. Komora nitryfikacji | 10. Kompresor |
| 3. Osadnik wtórny | 11. Miernik WTW MultiLine P4 |
| 4. Zbiornik zasilający | 12. Elektrody pomiarowe Cellox 325,
Sen Tix 41 |
| 5. Zawór stopowy | 13. Termostat |
| 6. Zawór dawkujący | 14. Termometr kontaktowy |
| 7. Mieszadło magnetyczne | 15. Plaszcz wodny |
| 8a. Pompa membranowa ProMinent gamma G/4b1001 | 16. Izolacja termiczna |
| 8b. Pompa membranowa ProMinent gamma G/4b 1602 | |

Rys. 1 Schemat stanowiska badawczego

2.3 Zasada oznaczania aktywności osadu czynnego testem TTC

Aktywność osadu czynnego oznaczono za pomocą testu TTC (określającego stężenie dehydrogenaz odpowiadających za odwodorowanie zanieczyszczeń organicznych.) opracowanego przez Lenharda i Nourse'a oraz Eckenfeldera i Davisa, a zmodyfikowanego przez Przewłockiego [J. Przewłocki, 1970].

Test TTC polega na zastosowaniu chlorku trójfenylotetrazoliowego (TTC) do pomiaru aktywności dehydrogenaz flory bakteryjnej osadu czynnego w optymalnych warunkach.

Bezbarwny TTC jest akceptorem wodoru przenoszonego przez FADN. Pod wpływem wodoru bezbarwny TTC redukuje się do zabarwionego na czerwono trójfenylofurazonu (TF), którego zawartość mierzono kolorymetrycznie (miara aktywności dehydrogenaz). W każdej z badanych temperatur wykonano trzy niezależne oznaczenia aktywności dehydrogenaz w odstępach dwudniowych. Do analizy wpływu temperatury na aktywność dehydrogenaz przyjęto wartości średnie z trzech uzyskanych wyników.

3. WYNIKI

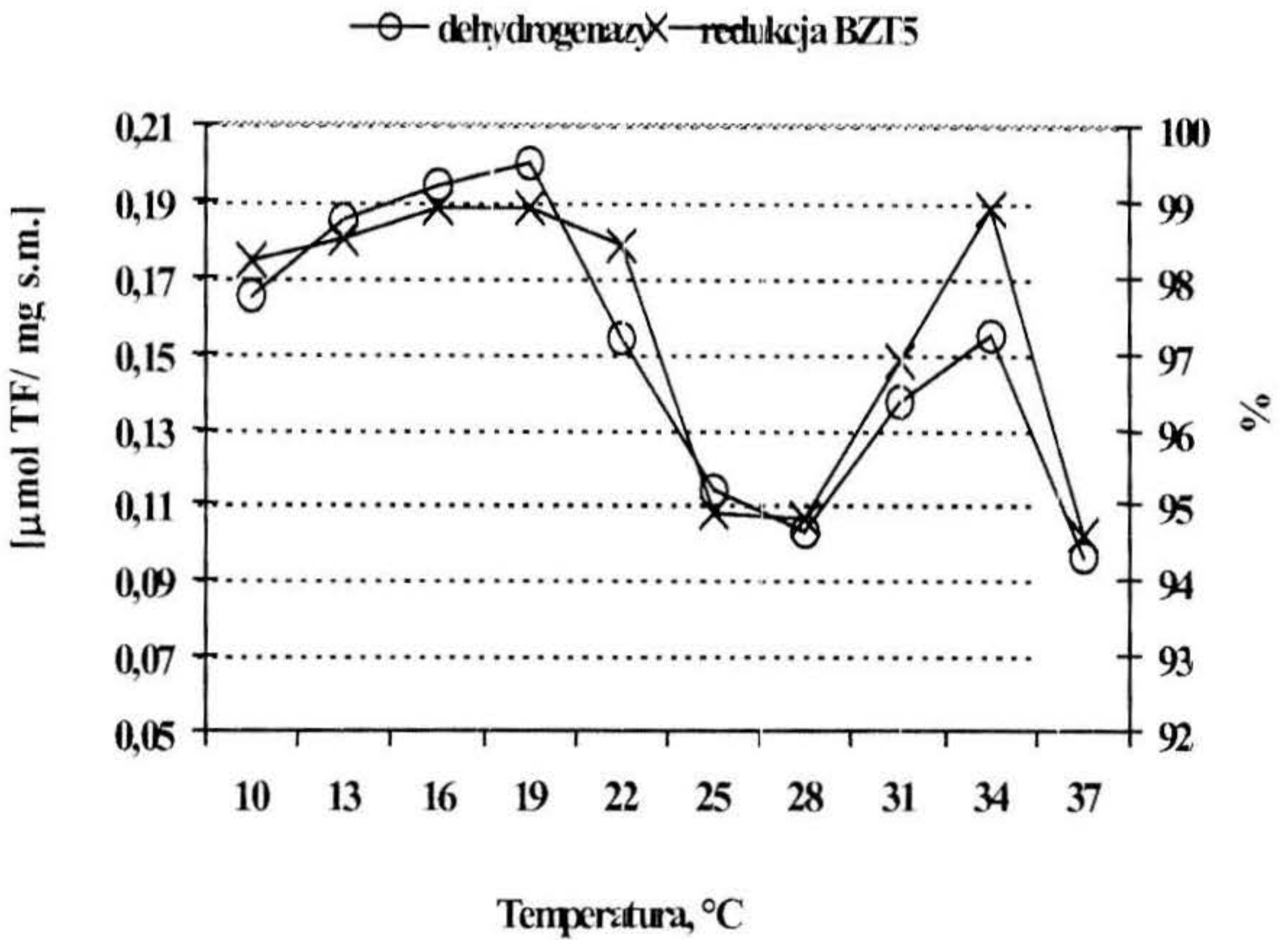
Zmiany aktywności dehydrogenaz osadu czynnego w zależności od temperatury i związanej z tym redukcją BZT₅ przedstawiono na rys. 2.

Aktywność osadu czynnego mierzona przemianą TTC w TF rosła w zakresach: 10-19°C (0,1647-0,1998 μmol TF /mg s.m.o.) i 28-34°C (0,1031-0,1546 μmol TF /mg s.m.o.). W przedziale temperatur 34-37°C aktywność dehydrogenaz osadu czynnego malała osiągając w temperaturze 37°C wartość minimalną 0,0957 μmol TF /mg s.m.o., co jednak zapewniło redukcję BZT₅ w 94,6%. Wg Przewłockiego [J. Przewłocki 1970] osad czynny o aktywności dehydrogenaz 0,05-0,120 μmol TF /mg s.m.o. pozwala na uzyskanie wysokiego stopnia usuwania zanieczyszczeń organicznych rzędu 77-94%. W przeprowadzonych badaniach uzyskano sprawność oczyszczania rzędu 94,6-98,9% (redukcja BZT₅) przy aktywności dehydrogenaz osadu czynnego 0,0957-0,1998 μmol TF /mg s.m.o.

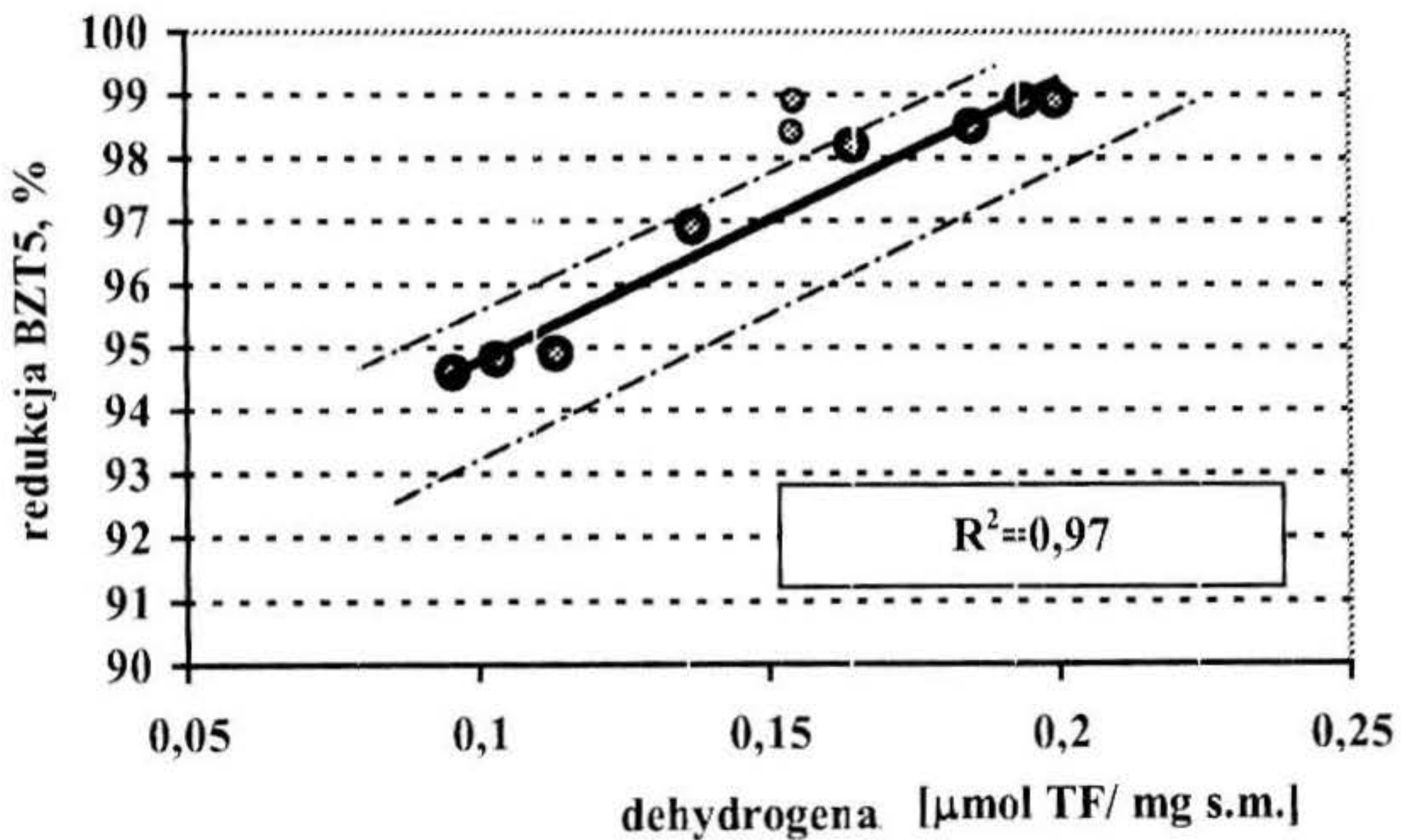
W obszarze temperatur 22-28°C stężenie TF malało. Zjawisko to można tłumaczyć tym, że w zakresie 22-25°C przebiega płynna granica adaptacji bezwzględnych psychrofilów do wyższych temperatur właściwych dla rozwoju względnych psychrofilów.

Na rys. 3 przedstawiono zależność stopnia redukcji BZT₅ od aktywności dehydrogenaz. Badania wykazały, iż istnieje ścisły związek między tymi wielkościami. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że z dużą precyzją (stopień dopasowania R² =97%) można wyznaczyć liniową zależność aktywności dehydrogenaz osadu czynnego od stopnia redukcji BZT₅. Wykonując więc szybki test TTC można przewidzieć efektywność usunięcia ze ścieków substancji organicznych z dokładnością do 2%.

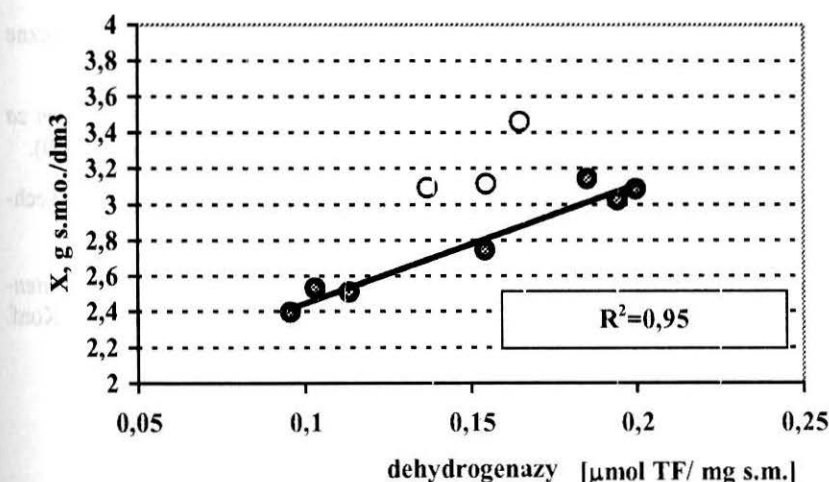
Na rys. 4 pokazano zależność stężenia masy osadu czynnego od aktywności dehydrogenaz, która ma również charakter funkcji liniowej. Stężenie TF, określające aktywność osadu czynnego jest wprost proporcjonalne do masy osadu czynnego, która pośrednio charakteryzuje ilość mikroorganizmów biorących udział w procesie bioutleniania substancji organicznych. Stopień dopasowania wyznaczonej funkcji wynosi R²=95 %.



Rys. 2. Aktywność dehydrogenaz osadu czynnego oraz stopień redukcji BZT₅ w zakresie temperatur 10-37 °C



Rys.3. Zależność aktywności dehydrogenaz osadu czynnego od stopnia redukcji BZT₅.



Rys. 4. Zmienność aktywności dehydrogenaz w zależności od stężenia masy osadu czynnego

4. WNIOSKI

Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że:

1. Ocena aktywności fizjologicznej mikroorganizmów daje obraz zmian zachodzących w procesie oczyszczania ścieków osadem czynnym.
2. Istnieje funkcyjna zależność między stężeniem dehydrogenaz a stopniem redukcji BZT₅ oraz stężeniem masy osadu czynnego. W badanym układzie (procesie oczyszczania ścieków syntetycznych osadem czynnym) zależności te mają charakter liniowy.
3. Zalety testu TTC (prostota i szybkość wykonania oznaczenia) stwarzają szansę na jego wykorzystanie do kontroli i oceny procesu oczyszczania ścieków osadem czynnym.

5. LITERATURA

- [1] BURACZEWSKI G.: *Biotechnologia osadu czynnego*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa (1994).
- [2] GAŃCZARCZYK J.: *Oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego*. Arkady Warszawa (1969).

- [3] HERMANOWICZ W.: Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Arkady Warszawa (1999).
- [4] KĄCZKOWSKI J.: *Podstawy biochemii*. Wydawnictwa Naukowo Techniczne Warszawa (1996).
- [5] PRZEWŁOCKI J.: *Kontrola procesu oczyszczania ścieków osadem czynnym za pomocą testu TTC*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” nr 3, s. 103-106, (1970).
- [6] PRZEWŁOCKI J.: *Oznaczanie aktywności osadu czynnego*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna”, nr 2, s. 66-70, (1970).
- [7] SURMACZ-GÓRSKA J., Miksch K., Grodzki J., Czerska E.: *Określenie intensywności faz nitryfikacji w oparciu o pomiar szybkości zużycia tlenu*. Mat. Konf. Postępy Inżynierii Bioreaktorowej. s. 37-48, Łódź (1993).