

Michał Mańczak
Małgorzata Balbierz
Maria Szetela

WYSOKOEFEKTYWNE OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW MLECZARSKICH

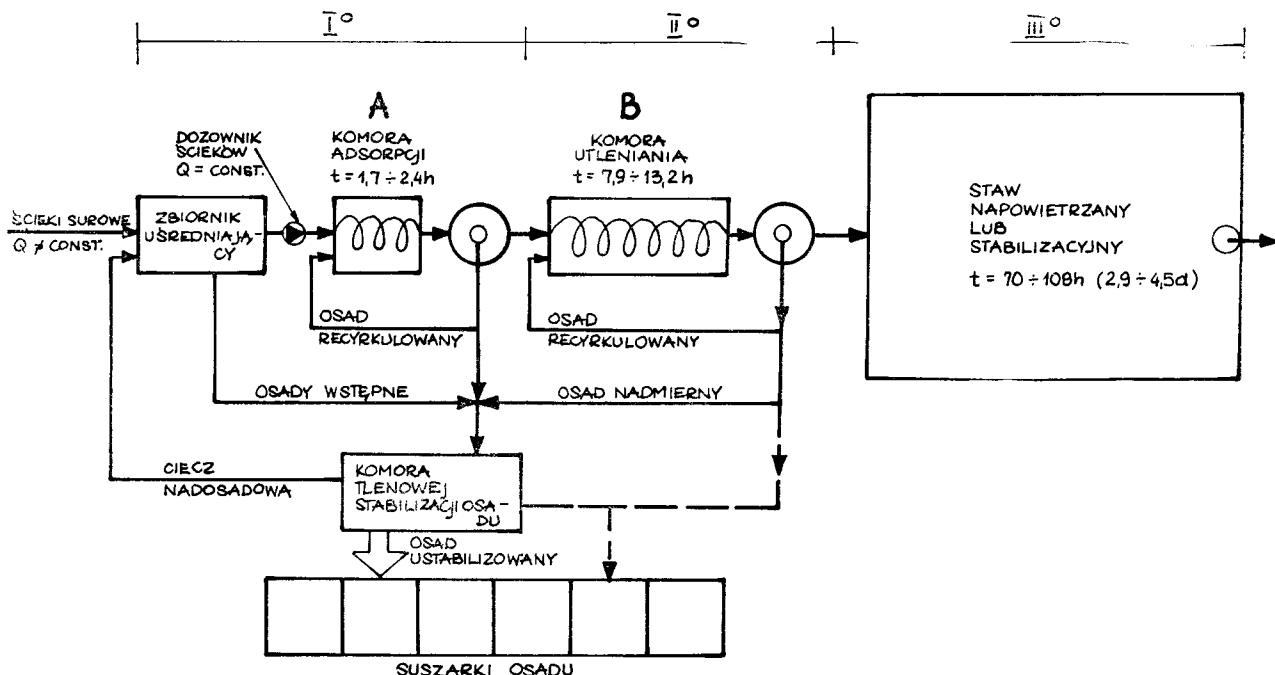
Konieczność oczyszczania wszystkich rodzajów ścieków, przy ciągle postępującej degradacji środowiska naturalnego i zmniejszaniu się zasobów wód czystych, nie wymaga szczególnych uzasadnień. Wysokoefektywne oczyszczanie ścieków uzyskuje się w tzw. trzecim stopniu oczyszczania, w którym usuwane są ze ścieków pozostałe zanieczyszczenia organiczne oraz związki biogenne.

Ścieki mleczarskie, charakteryzujące się znacznym udziałem zanieczyszczeń organicznych, należy oczyszczać przede wszystkim tlenowymi metodami biologicznymi (osad czynny, złożo biologiczne). Doczyszczanie ścieków mleczarskich (po ich biologicznym oczyszczaniu) można prowadzić poprzez ich rolnicze wykorzystanie, a także na polach irygowanych lub filtrach gruntowych. Ścieki mleczarskie mogą być doczyszczane również w stawach ściekowych, zwłaszcza tam, gdzie struktura gruntów uniemożliwia ich rolnicze wykorzystanie.

wadząc oddzielnie poszczególne fazy biologicznego oczyszczania, a więc adsorpcję zanieczyszczeń (faza I), biologiczny rozkład związków organicznych do związków prostych (faza II) oraz przemiany związków azotowych (faza III).

Rozdzielenie pierwszej i drugiej fazy biologicznego oczyszczania ścieków osiągnąć można w dwustopniowym układzie osadu, tzw. A-B (z j. niem.: *Adsorptions-Belebungs-Verfahren* [1]). Proces A-B charakteryzuje się zróżnicowanymi obciążeniami biomasy ładunkiem zanieczyszczeń oraz różnymi czasami napowietrzania ścieków w komorze A (adsorpcja) i B (utlenianie). Stopień A pracuje przy wysokich obciążeniach ładunkiem BZT₅, dochodzących do 10 g O₂/g sm·d, podczas gdy obciążenie osadu w komorze B jest niskie i nie przekracza 0,15 gO₂/g sm·d.

Wykorzystując wyniki prac laboratoryjnych oraz wdrożeń w Uniwersytecie w Aachen, w zakresie stosowania systemu A-B do oczysz-



Rys. 1 Schemat trójstopniowej oczyszczalni ścieków mleczarskich

Nowoczesna technologia oczyszczania ścieków to nie tylko wysokoefektywne lecz również niskoenergochłonne metody usuwania zanieczyszczeń. Zmniejszenie zapotrzebowania na energię, niezbędną do oczyszczania ścieków osadem czynnym, można uzyskać pro-

czania ścieków miejskich [1—4], zaproponowano oczyszczanie ścieków z dolnośląskich zakładów mleczarskich wg schematu technologicznego przedstawionego na rysunku 1.

W pierwszym stopniu następuje wyrównanie nierównomierności dopływu (zbiornik uśredniający o zmiennej wysokości zwierciadła ścieków) oraz pierwsza faza oczyszczania osadem czynnym (biosorpcja i biokoagulacja na kłaczkach

osadu w komorze A). Drugi stopień to utlenienie związków organicznych w nisko obciążonej komorze B. W trzecim stopniu proponuje się doczyszczanie ścieków w stawach ściekowych. Gospodarka osadowa sprowadza się do tlenowej stabilizacji osadów wstępnych i biologicznych z komory adsorpcyjnej, a w dalszej kolejności do suszenia i ewakuacji osadów ustabilizowanych. W razie konieczności osad nadmierne ze stopnia B można również stabilizować tlenowo w komorze tlenowej stabilizacji osadu.

Oczyszczanie ścieków w trójstopniowym układzie biologicznym

Zakres i metodyka badań laboratoryjnych

Zakres badań obejmował określenie skuteczności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków mleczarskich oraz wyznaczenie podstawowych parametrów technologicznych komory osadu wysoko-obciążonego (A), komory osadu nisko obciążonego (B), stawu ściekowego oraz komory tlenowej stabilizacji osadu (KTSO). W badaniach stosowano nie oczyszczone ścieki pochodzące z jednego z dolnośląskich zakładów mleczarskich. Badania adsorpcji i utleniania zanieczyszczeń prowadzono w strumieniowych urządzeniach laboratoryjnych do napowietrzania osadu czynnego [5]. Oczyszczanie w stawach oraz tlenową stabilizację osadu prowadzono w napowietrzanych zbiornikach o różnych pojemnościach. Analizy fizyczno-chemiczne ścieków wykonywane były zgodnie z obowiązującą w kraju metodyką [6]. Kontrolę stabilizacji osadów prowadzono w oparciu o analizę elementarną wg metody Radmachera i Hoveratha [8]. Skład ścieków surowych poddawanych badaniom laboratoryjnym zestawiono w tabeli 1.

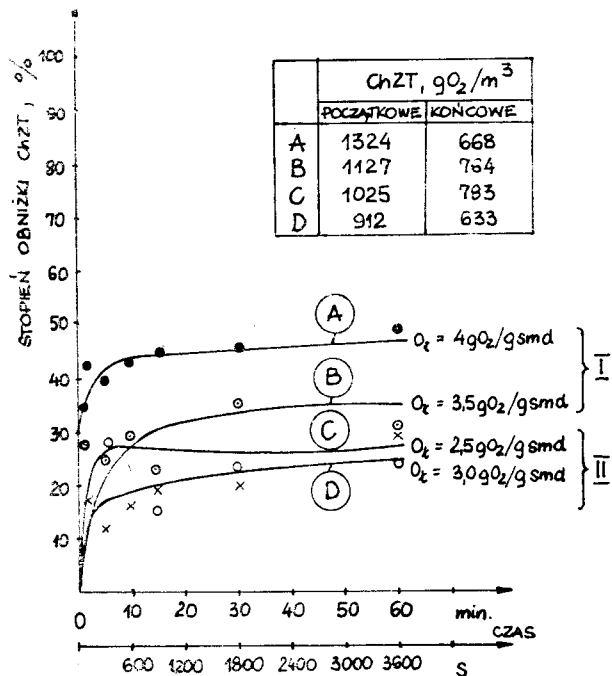
SKŁAD ŚCIEKÓW SUROWYCH

Tabela 1

Parametr, jednostka	Zakres	Średnia
ChZT, gO_2/m^3	486,7–878,7	685,5
BZT ₅ , gO_2/m^3	225–590	450,8
Azot organiczny, gN/m^3	11,4–57,4	32,8
Azot amonowy, gN/m^3	2,8–93,1	34,8
Azot azotynowy, gN/m^3	śl–0,14	0,028
Azot azotanowy, gN/m^3	śl–0,14	0,17
Fosforany, gPO_4^{3-}/m^3	15–70	39
Chlorki, gCl^-/m^3	60–266	115
pH	5,65–9,64	—
Siarczany, gSO_4^{2-}/m^3	12,7–35,4	19,6
Zawiesiny og., g/m^3	347–5503	1911
Zawiesiny min., g/m^3	13–971	295
Zawiesiny org., g/m^3	308–4755	1607
Sucha pozostałość, g/m^3	1866–7121	3336
Sucha pozost. min., g/m^3	667–1821	1083
Sucha poz. org., g/m^3	987–5594	2250
Ciała rozpuszczone, g/m^3	864–1726	1424
Ciała rozp. min., g/m^3	654–865	787
Ciała rozp. org., g/m^3	210–965	635

Wyniki badań

Badania realizowano w trzech seriach. Seria I obejmowała określenie wielkości adsorpcji zanieczyszczeń ścieków mleczarskich (mierzonych jako ChZT) w warunkach nieprzepływowych. Wyniki obniżki ChZT ścieków ilustruje rysunek 2.



Rys. 2 Adsorpcja zanieczyszczeń ścieków na osadzie czynnym: I — ścieki surowe niesączone, II — ścieki surowe sączone (A, C — ścieki po sorpcji i sączeniu; B, D — ścieki po sorpcji i sedymentacji)

Z rysunku tego wynika, że najwyższy stopień obniżki ChZT uzyskano dla ścieków niesączonych, a więc z zawiesinami (krzywa A). Krzywe C i D wykazują, że 20–30% zanieczyszczeń

Tabela 2
PARAMETRY TECHNOLOGICZNE UKŁADU OCZYSZCZANIA
I — SKUTECZNOŚĆ OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W URZĄDZENIU,
II — SKUTECZNOŚĆ OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W CIĄGU URZĄDZEN

Parametr	Jednostka	Komora A	Komora B	Staw
Czas prze-trzymania	h	2,04 (1,7 ÷ 2,4)	9,25 (7,9 ÷ 13,2)	77,9 (70 ÷ 108)
Zawartość osadu	g sm/m ³	2474 (954 ÷ 5218)	3599 (11621 ÷ 62,16)	147,9 (22 ÷ 234)
	gBZT ₅ /m ³ d	5412 (2272 ÷ 7631)	379 (64,5 ÷ 1283)	4,62 (0,68 ÷ 18,6)
Obciążenie komory	gChZT/m ³ d	7547 (5621 ÷ 11173)	768 (313 ÷ 2475)	29,8 (15,2 ÷ 49,5)
	g BZT ₅	3,67 (0,43 ÷ 7,4)	0,13 (0,01 ÷ 0,43)	0,12 (0,03 ÷ 0,85)
Obciążenie osadu	g ChZT	5 (1,1 ÷ 10,5)	0,25 (0,05 ÷ 0,83)	0,35 (0,08 ÷ 1,84)
	I %	74,5 (45,3 ÷ 90)	86,6 (63,6 ÷ 99)	72,7 (60 ÷ 93,3)
BZT ₅ *	II %	74,5 (45,3 ÷ 90)	96,1 (85,8 ÷ 99,4)	99,3 (98 ÷ 99,8)
	I %	65,2 (40 ÷ 80,6)	59,8 (30,3 ÷ 93,6)	32,2 (11,2 ÷ 77,5)
ChZT*	II %	65,2 (40 ÷ 80,6)	83,8 (50 ÷ 94,1)	90,6 (80,2 ÷ 96,6)
	I %	65,8 (50 ÷ 99,9)	95,6 (75 ÷ 99,9)	—
Azotu amonowego	II %	65,8 (50 ÷ 99,9)	99 (90 ÷ 99,9)	99,5 (96,4 ÷ 99,9)
	I %	85,5 (64,7 ÷ 96,8)	63,7 (39 ÷ 90)	63 (13,7 ÷ 92,4)
Zawiesin	II %	85,5 (64,7 ÷ 96,8)	94,6 (85,5 ÷ 98,4)	95 (88,2 ÷ 98,9)

* dotyczy prób sączonych

rozpuszczonych ulega adsorpcji na osadzie już po kilku minutach. Doświadczenie to wykazało możliwość zastosowania komory adsorpcyjnej do wstępnego oczyszczania ścieków. Seria II obejmowała określenie skuteczności oczyszczania ścieków w warunkach przepływowych (rys. 1). W tabeli 2 zestawiono parametry technologiczne badanego układu technologicznego, a w tabeli 3 wyniki analiz ścieków oczyszczonych.

Tabela 3
SKŁAD ŚCIEKÓW OCZYSZCZONYCH

Parametr, jednostka	Wartość średnia		
	po komorze		po stawie
	A	B	
ChZT*, gO ₂ /m ³	470	82	61,3
BZT ₅ *, gO ₂ /m ³	115	13,5	3,0
Azot organiczny, gN/m ³	21	10,3	8,6
Azot amonowy, gN/m ³	6,47	ślady	ślady
Azot azotynowy, gN/m ³	0,18	4,4	0,1
Azot azotanowy, gN/m ³	0,23	6,6	9,8
Fosforany, gPO ₄ ³⁻ /m ³	20,1	16	10
Chlorki, gCl ⁻ /m ³	119	129	131
pH	7,4	8,3	8,8
Siarczany, gSO ₄ ²⁻ /m ³	21,2	43	43
Zawiesiny og., g/m ³	259	84	86
Zawiesiny min., g/m ³	72	45	40
Zawiesiny org., g/m ³	134	38	46
Sucha pozostałość, g/m ³	1419	1071	1052
Sucha poz. min., g/m ³	798	757	784
Sucha poz. min., g/m ³	620	289	265
Sucha poz. org., g/m ³	1159	916	963
Ciała rozp. min., g/m ³	748	711	744
Ciała rozp. org., g/m ³	426	248	219

* w próbach sączonych

W serii III wyznaczono warunki stabilizacji tlenowej osadów wstępnych (ze zbiornika uśredniającego) oraz osadów nadmiernych z komory wysoko obciążonego osadu czynnego (A). Do określenia podatności osadów do biostabilizacji tlenowej korzystano z ilorazu stabilizacji tlenowej [7]:

$$IS = \frac{C \cdot H}{\text{popiół}}$$

godzie:

IS — indeks stabilizacji tlenowej.

C — zawartość węgla, % sm,

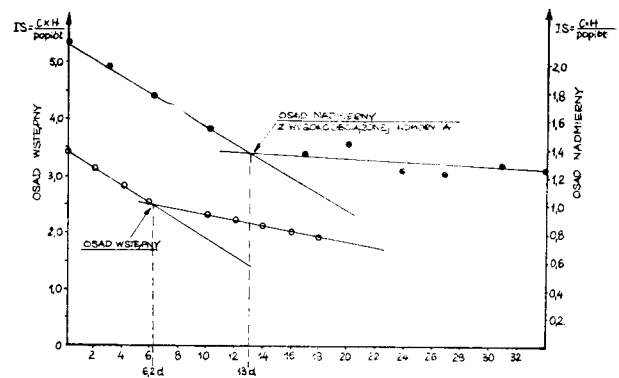
H — zawartość wodoru, % sm,

popiół — ilość ciał mineralnych, % sm.

Z przeprowadzonych testów wynika, że czas stabilizacji osadu wstępnego wynosi około 6 d, natomiast nadmiernego 13 d (rys. 3). Tak więc komora tlenowej stabilizacji powinna gwarantować 13-dobowe natlenianie osadu.

Wnioski

1. Trójstopniowe biologiczne oczyszczanie ścieków mleczarskich umożliwia uzyskanie bardzo wysokiego stopnia usuwania zanieczyszczeń określonych dla prób sączonych (jedynie zawiesiny i fosforany przekraczają normatywny skład wód III klasy czystości).



Rys. 3 Wyznaczenie czasu stabilizacji osadów

2. Wysokie obciążenie osadu w komorze adsorpcyjnej, przy czasie napowietrzania około 2 godzin, umożliwia obniżkę BZT₅ w około 70% i ChZT w około 60%.

3. W komorze osadu nisko obciążonego (średnio 0,13 gO₂/g sm·d) przy czasie napowietrzania około 9 godzin, można uzyskać około 85% obniżki BZT₅ pozostałego, 60% pozostałego ChZT i prawie zupełne usunięcie amoniaku.

4. W stawie ściekowym o czasie napowietrzania około 77 godzin uzyskuje się pełną nitryfikację odpływu oraz zmniejszenie stężenia fosforanów o około 50%.

5. Osady wstępne i biologiczne mogą być stabilizowane tlenowo w bioreaktorze sztucznie natlenianym, o czasie przetrzymania osadów około 13 dob.

LITERATURA

1. B. BÖHNKE: Untersuchung des Adsorptions-Belebungsverfahrens mit Reinsauerstoffbegasung in der Zweiten Stufe. Gewässerschutz, Wasser Abwasser, Band 54, Aachen 1982.
2. H. GETHKE: Untersuchung und Anwendung eines zweistufigen Belebungsverfahrens mit einer Höchstlastbelegung in der 1. Stufe und einer Schwachlastbelegung in der 2. Stufe. Gewässerschutz Wasser, Abwasser, Band 66, Aachen 1983.
3. B. BÖHNKE: A-B — Technologie — Erfahrungsaustausch. Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, Band 70, Aachen 1984.
4. B. BÖHNKE: A-B — Technologie — Erfahrungsaustausch. Gewässerschutz, Wasser Abwasser, Band 83, Aachen 1985.
5. E. GOMÓŁKA: Rozwój laboratoryjnych urządzeń strumieniowych do napowietrzania osadu czynnego. Nowa Technika w Inżynierii Sanitarnej nr 1. Wodociągi i Kanalizacja, Arkady, Warszawa 1970.
6. W. HERMANOWICZ: Fizyczno-chemiczne badania wody i ścieków, Arkady, Warszawa 1976.
7. E. S. KEMPA: Systematyka osadów ściekowych. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej Nr 35, Wrocław 1976.
8. A. HOVERATH, W. RADMACHER: Uproszczona metoda oznaczania węgla, wodoru i siarki w paliwach stałych i ciekłych. Komunikat Instytutu Chemii Paliw, Ruhrkohlen-Beratung Gm. b. H, RFN.

M. Mańczak, M. Balbierz, M. Szetela

ADVANCED TREATMENT OF DAIRY EFFLUENTS

Dairy effluents were treated in a three-stage biological system under laboratory conditions. To establish the treatment efficiency, physicochemical analyses were carried out for the influent stream, for

the streams obtained after each of the three treatment stages, and for the effluent stream leaving the system. The technological parameters for a three-stage biological treatment plant (designed for one of the dairies operated in the Lower-Silesian Region) were established. Determined were also the conditions for aerobic stabilization of primary and excess sludges.