

Biuletyn

500/
2019

Międzynarodowej Federacji
Mleczarskiej

Oczyszczanie ścieków w przetwórstwie mleczarskim

Innowacyjne rozwiązania
w zrównoważonej gospodarce
ściekami



Biuletyn Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej 500/2019

© 2019, Międzynarodowa Federacja Mleczarska

OGÓLNE ZASADY I WARUNKI KORZYSTANIA Z NINIEJSZEJ PUBLIKACJI ELEKTRONICZNEJ

WPROWADZENIE

Korzystanie z materiałów zawartych w tej publikacji podlega Warunkom i Zasadom zawartym w tym dokumencie. Niniejsze Warunki mają na celu wyjaśnienie użytkownikom tych materiałów, co mogą, a czego nie mogą zrobić z dostarczonymi im treściami. Naszym celem było uczynienie Warunków bezbłędnymi i sprawiedliwymi dla wszystkich stron, ale jeśli wymagane są dalsze wyjaśnienia, prosimy o wysłanie e-maila na adres info@fil-idf.org z pytaniem.

DOZWOLONE UŻYTKOWANIE

Użytkownik może bez ograniczeń korzystać z Treści, w tym wyszukiwać, wyświetlać, przeglądać na ekranie i drukować w celach badawczych, dydaktycznych lub prywatnych, ale nie w celach komercyjnych.

PRAWO DO KOPIOWANIA

Układ strony, projekt, zdjęcia, programy, tekst i inne informacje (zwane łącznie "Treścią") są własnością Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej i są chronione prawem autorskim i innymi prawami własności intelektualnej. Użytkownicy nie mogą kopiować, wyświetlać, rozpowszechniać, modyfikować, publikować, reprodukcować, przechowywać, przekazywać, tworzyć dzieł pochodnych, sprzedawać lub licencjonować całości lub części treści uzyskanych z tej publikacji. Informacji o prawach autorskich nie wolno modyfikować ani usuwać z żadnej treści uzyskanej na podstawie warunków niniejszej licencji.

Wszelkie pytania dotyczące tego, czy dane zastosowanie jest dozwolone, oraz wszelkie prośby o zezwolenie na publikację, powielanie, dystrybucję, wyświetlanie lub tworzenie dzieł pochodnych od dowolnej treści należy kierować na adres info@fil-idf.org.

DOSTĘPNOŚĆ

Chociaż publikacje Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej są opracowywane z myślą o maksymalnej łatwości obsługi, Międzynarodowa Federacja Mleczarska nie może zagwarantować, że którykolwiek z tych produktów będzie działał na lub z jakimkolwiek konkretnym systemem komputerowym.

ODPOWIEDZIALNOŚĆ

Chociaż Międzynarodowa Federacja Mleczarska dołożyła należytej staranności w celu zapewnienia, że informacje, dane i inne materiały udostępnione w jej publikacji są wolne od błędów i aktualne, nie ponosi ona żadnej odpowiedzialności za uszkodzenie informacji, danych i innych materiałów po ich opublikowaniu, w tym między innymi za wszelkie deaktywacje spowodowane przekazywaniem lub przetwarzaniem informacji, danych i innych materiałów. Informacje udostępnione w niniejszej publikacji zostały uzyskane lub oparte na źródłach uznanych przez Międzynarodową Federację Mleczarską za wiarygodne, ale nie są gwarantowane co do ich dokładności i kompletności. Informacje te są dostarczane bez zobowiązań i przy założeniu, że każda osoba, która na nich działa lub w inny sposób zmienia swoje stanowisko w oparciu o nie, robi to na własne ryzyko.

Wyślij wszelkie uwagi lub zapytania do:

Międzynarodowa Federacja Mleczarska (I.N.P.A.)

Boulevard Auguste Reyers 70/B

1030 Bruksela

Belgia

Telefon: + 32 2 325 67 40

Fax: + 32 2 325 67 41

E-mail: info@fil-idf.org

Strona internetowa: www.fil-idf.org



Oczyszczanie ścieków w przetwórstwie mleczarskim

Innowacyjne rozwiązania w zakresie
zrównoważonej gospodarki
ściekowej

Piercristiano Brazzale, Brice Bourbon, Pierre Barrucand, Mark
Fenelon, Stefano Guercini i Raffaele Tiarca

OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW W PRZETWÓRSTWIE MLECZARSKIM

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE ZRÓWNOWAŻONEJ GOSPODARKI ŚCIEKOWEJ

Piercristiano Brazzale (IT), Brice Bourbon (FR), Pierre Barrucand (FR), Mark Fenelon (IE), Stefano Guercini (IT) i Raffaele Tiarca (IT).

ABSTRACT

Jak wszystkie odpady wytwarzane przez zakład produkcyjny, ścieki mleczarskie muszą być oczyszczone przed ich odprowadzeniem do zbiorników wodnych. Ze względu na ich skład i zawartość materii organicznej kładzie się nacisk na biologiczne oczyszczanie, a obecnie jednym z najczęściej stosowanych procesów jest stosowanie osadu czynnego. Oczyszczanie to, uzupełniane przez inne operacje jednostkowe, osiąga poziom jakości wymagany do odprowadzania. Ścieki mleczne mają jednak ciekawy potencjał. Ich unikalny skład może wspomagać produkcję energii, a ich oczyszczanie, w pewnych warunkach, może pozwolić na odzyskanie wody w celu jej ponownego wykorzystania. Obecnie dostępne są różne technologie umożliwiające osiągnięcie tych celów: reaktor beztlenowy do oczyszczania zanieczyszczeń węglowych i produkcji biogazu, bioreaktor membranowy i filtracja membranowa do oczyszczania i produkcji wody do ponownego wykorzystania. Niektóre zakłady mleczarskie stosują już te technologie, a ich efekty zwrotne są pozytywne.

Słowa kluczowe: *oczyszczanie ścieków, przemysł mleczarski, reaktor beztlenowy, bioreaktor membranowy, filtracja membranowa, ponowne wykorzystanie wody, produkcja biogazu.*

Biuletyn Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej 500/2019

Cena: 35 EUR

ISSN 0250-5118

OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW W PRZETWÓRSTWIE MLECZARSKIM INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE ZRÓWNOWAŻONEJ GOSPODARKI ŚCIEKOWEJ SPIS TREŚCI

Przedmowa .....	.. .. .	1
Podziękowania .....	.. .. .	1
Słowniczek .....	.. .. .	2
1 Wprowadzenie .		3
2 Oczyszczanie ścieków w zakładach mleczarskich .....	.. .. .	4
2.1 Produkcja i właściwości ścieków mleczarskich. ....	....	4
2.2 Oczyszczanie ścieków mleczarskich.		5
2.2.1 Podstawowe zabiegi. ....	.. ..	5
2.2.2 Zabiegi wtórne.		6
Rozwiązania tlenowe. ....	.. ..	6
Rozwiązania beztlenowe. ....	.. ..	7
2.2.3 Trzeciorzędowe zabiegi. ....	.. ..	8
3 Innowacyjne oczyszczanie ścieków .....	.. ..	9
3.1 Wprowadzenie.		9
3.2 Reaktor beztlenowy .....	.. ..	10
3.2.1 Zasada. ....	.. ..	10
3.2.2 Wydajność. ....	.. ..	11
3.2.3 Znaczenie jako technologia przyjazna dla środowiska i innowacyjna.		12
3.3 Bioreaktor membranowy. . . . .	....	12
3.3.1 Zasada. ....	.. ..	12
3.3.2 Wydajność. ....	.. ..	13
3.3.3 Inne cechy charakterystyczne .....	....	14
3.3.4 Znaczenie technologii przyjaznych dla środowiska i innowacyjnych.		15
3.4 Filtracja membranowa (MF, UF, NF, OI). ....	.. ..	15
3.4.1 Zasada. ....	.. ..	15
3.4.2 Wydajność. . . . .	.. ..	17
3.4.3 Znaczenie technologii przyjaznych dla środowiska i innowacyjnych.		18
4 Studium przypadku .....	....	19
5 Wnioski		45
6 Referencje .		46

Cena subskrypcji elektronicznej wersji Biuletynu 2019: 600 Euro za wszystkie emisje. Złóż zamówienie na : MIĘDZYNARODOWA FEDERACJA MLECZARSKA / FEDERACJA INTERNATIONALE DU LAIT. Boulevard Auguste Reyers, 70/B - 1030 Bruksela (Belgia)
Telefon : +32 2 325 67 40 - Telefaks : +32 2 325 67 41 - E-mail: info@fil-idf.org - http://www.fil-idf.org

Wstęp

Odpowiedzialne korzystanie z wody w systemie żywnościowym jest wspólnym celem wielu osób. Podmioty działające w sektorze mleczarskim są zobowiązane do stosowania zrównoważonych praktyk w całym łańcuchu wartości. Rolą Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej (IDF) jest dzielenie się wiedzą i doświadczeniem w całym łańcuchu dostaw produktów mlecznych, w tym w zakresie przetwarzania i oczyszczania ścieków. IDF z dumą ogłasza niniejszą publikację, zatytułowaną "Oczyszczanie ścieków w przetwórstwie mleczarskim". Publikacja zawiera przegląd ekologicznych i innowacyjnych technologii oczyszczania ścieków dostępnych w sektorze mleczarskim. Oferuje ona rozwiązania mające na celu wspieranie zrównoważonego rozwoju i ciągłe doskonalenie wpływu sektora mleczarskiego na środowisko.

IDF pragnie podziękować wszystkim uczestnikom i zespołowi IDF, których ciężka praca i zaangażowanie przyczyniły się do powstania tej publikacji.

Caroline Emond
Dyrektor Generalny
Międzynarodowa Federacja Mleczarska

PODZIĘKOWANIA

Dokument ten został opracowany dzięki nieocenionemu wkładowi członków Zespołu Działania Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej (IDF) na rzecz Innowacyjnych Praktyk dla Ekologicznych Technologii Mleczarskich. Pod ogólnym kierownictwem lidera Action Teamu, Piercristiano Brazzale (IT), biuletyn ten został przygotowany przez Brice'a Bourbona (FR), Pierre'a Barrucanda (FR) z wkładem Marka Fenelona (IE), Stefano Guerciniego (IT) i Raffaele'a Tiarca (IT). Ich aktywny wkład umożliwił sporządzenie tego dokumentu.

Brice Bourbon (FR) przyczynił się do koordynacji studium przypadków przedstawionych w niniejszym biuletynie IDF i zapewnił techniczne wsparcie redakcyjne. Studia przypadków zostały dostarczone przez członków IDF z Kanady, Francji, Niemiec, Irlandii, Włoch, Japonii, Szwecji i Indii.

Cenne uwagi i komentarze do biuletynu dostarczyli Martin Scuccimarri (CA), Craig Holden (CA), Mark Fenelon (IE), S.M. Ashekuzzaman (IE), Owen Fenton (IE), Mia Lafontaine (NL), Janusz Turowski (PL), Peter De Jong (NL), Yves Pouliot (CA), Rainer Bertsch (DE), Geoffrey Smithers (US) i Thomas H. Weißer (DE). Chcielibyśmy również uczcić pamięć Phila Clarke'a (AU), który był cenionym i aktywnym członkiem tego Action Teamu.

Cenne uwagi i ostateczne zatwierdzenie sprawozdania zostały przedstawione przez przewodniczących stałych komitetów, wiceprzewodniczących oraz członków stałych komitetów ds. środowiska i nauki i technologii w sektorze mleczarskim.

Na koniec serdecznie dziękuję również dr Marí Sánchez Mainar z Centrali IDF za jej aktywny wkład w opracowanie tego dokumentu i ogólną koordynację prac.

SŁOWNICZEK

BZT: Biologiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT5: Biologiczne zapotrzebowanie na tlen w ciągu pięciu dni)

ChZT: Zapotrzebowanie na tlen chemiczny

CSTR: Zbiornik reakcyjny z mieszadłem

DO: Tlen rozpuszczony

EGSB: Ekspandowane granulowane złoża osadów ściekowych

FAU: Formazynowy zespół tłumiący

FO: Osmoza przednia

HRT: Hydrauliczny czas retencji

MBBR: Reaktor biomateriałowy z łóżem ruchomym

MBR: Membranowy bioreaktor

MF: Mikrofiltracja

MLSS: Likier mieszany w postaci zawiesiny

NF: NanoFiltracja

RO: Odwrócona osmoza

SBR: Sequencing Batch Reactor

SRT: Stały czas retencji

TDS: Całkowicie rozpuszczone substancje stałe

TKN: Azot wg Kjeldahla ogółem

TN: Azot całkowity

TP: Fosfor całkowity

TSS: Ciała stałe zawieszone ogółem (można również użyć skrótu SS)

UASB: Płynąca pokrywa szlamu beztlenowego

UF: UltraFiltracja

VM: Materia lotna

1

WPROWADZENIE

Niniejszy dokument został napisany do użytku sektora przetwórstwa mleczarskiego. Stanowi on przewodnik, z którym specjaliści mogą się konsultować w celu poprawy oczyszczania i waloryzacji ścieków wytwarzanych na miejscu lub w celu określenia najnowocześniejszej technologii w przypadku, gdy oczyszczalnia wymaga wymiany.

Wydanie składa się z trzech głównych części. Pierwszy rozdział skupia się na charakterystyce ścieków mleczarskich (pochodzenie, skład, objętość) i procesach, które mogą być stosowane do ich oczyszczania przed odprowadzeniem. W rozdziale drugim zwrócono uwagę na kilka innowacyjnych technologii, które mogą zostać wdrożone w zakładach w celu oczyszczenia i poprawy jakości ścieków. Skupiono się na jednym oczyszczaniu wstępnym z wykorzystaniem CO₂ do neutralizacji pH, dwóch wtórnych metod oczyszczania (reaktor beztlenowy i reaktor membranowy), umożliwiających odpowiednio wytwarzanie energii ze ścieków i produkcję wody wysokiej jakości, oraz na procesach membranowych, które mogą być stosowane jako oczyszczanie trzeciorzędowe (mikrofiltracja, ultrafiltracja, nanofiltracja i odwrócona osmoza). W trzecim i ostatnim rozdziale zebrano studia przypadków z różnych zakładów mleczarskich, które wykorzystują te innowacyjne technologie. W arkuszach tych zebrano dane techniczne i informacje zwrotne od przetwórców

2

OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW W PRZETWÓRSTWIE MLECZARSKIM

2.1. Wytwarzanie i charakterystyka ścieków mleczarskich

Wytwarzanie ścieków mleczarskich, pod względem ilości i składu, związane jest z rodzajem produkcji, procesami i praktykami stosowanymi w zakładach przetwórstwa mleczarskiego. Jak również z potrzebą lub możliwością odzyskania zasobów wodnych.

W zakładzie mleczarskim ścieki pochodzą zasadniczo z procesów przetwórczych, czyszczenia i operacji sanitarnych, takich jak czyszczenie na miejscu (CIP), czyszczenie urządzeń procesowych, podłóg, pomieszczeń, a także samochodów ciężarowych (autocysterny). Termin ten odnosi się zatem do wszystkich wód odpływających z zakładu, z wyjątkiem wody deszczowej (rutynowo nazywanej również wodą deszczową).

Tabela 1 przedstawia typowe zrzuty ścieków (m³/tonę przetworzonego surowca) obserwowane w Europie dla czterech kategorii produkcyjnych produktów mleczarskich.

Tabela 1: Strumienie odprowadzania ścieków w europejskich mleczarniach [1]

Produkt	Przepływ ścieków (m ³ /tonę przetworzonego surowca)
Mleko	0.20 - 7.80
Ser	0.75 - 3.25
Proszek	1.00 - 3.25
Fermentowane mleko	2.00 - 11.1

Ścieki z przemysłu mleczarskiego zawierają zarówno związki organiczne, jak i nieorganiczne: pozostałości mleka i produktów ubocznych w przypadku pierwszego z nich, natomiast na drugi wpływ ma zastosowanie środków dezynfekujących, produktów alkalicznych i kwaśnych w drugim [2].

Duże różnice w stężeniu różnych związków i ładunku ścieków mleczarskich odprowadzanych do oczyszczalni są widoczne zgodnie z tabelą 2.

Tabela 2: Zakresy wartości dla różnych parametrów mierzonych w ściekach

BOD5 (g/L)	COD (g/L)	TSS (g/L)	TN (g/L)	TP (g/L)	pH	referencje
0.24 - 5.9	0.5 - 10.4	0.06 - 5.80	0.01 - 0.66	0 - 0.06	4-11	[3]
0.5 - 3.0	0.72 - 5.29	0.16 - 1.00	0.03 - 0.70 (TKN)	0.02 - 0.34	3-13	[4]
1.08 - 1.58	1.98 - 3.32	2.40 - 2.95	0.08 - 0.09 (TKN)	0.06 - 0.08	5.9 - 6.5	[5]

Stężenie chemicznego zapotrzebowania na tlen (ChZT) jest określane na podstawie obecności mleka, cukrów (np. laktozy) oraz dodanych cukrów, śmietany lub serwatki w ściekach. Stosunek BZT/COD w zakresie 0,4 - 0,8 wskazuje na stosunkowo dobrą biodegradację ścieków. Dla przykładu, w przypadku serwatki, najwyższe stężenia ChZT i BZT5 wynoszą zwykle pomiędzy 60-80 g.L-1 a 30-50 g.L-1, przy czym laktoza odpowiada za 90% udziału ChZT i BZT5 [3].

Obecność azotu pochodzi głównie z białek mleka lub związków jonowych, takich jak NH₄⁺, NO₂⁻ i NO₃⁻. Związki fosforu w ściekach mają dwa pochodzenia: pochodzą z surowca oraz z alkalicznych i kwaśnych środków czyszczących stosowanych w roślinach zawierających fosforany [2].

2.2. Oczyszczanie ścieków mleczarskich

Oczyszczanie ścieków mleczarskich odbywa się w trzech kolejnych etapach skonfigurowanych w celu osiągnięcia następujących celów (tabela 3):

- Zabiegi pierwotne: celem jest przygotowanie zwrotu do następnego etapu. Osiąga się to poprzez usunięcie składników, które mogłyby uniemożliwić pomyślne funkcjonowanie kolejnych zabiegów. W tej fazie uwzględnia się przesiewanie, neutralizację pH, sedymentację i flotację.
- Obróbka wtórna: etap ten polega na usunięciu związków węgla i azotu oraz, w mniejszym stopniu, substancji fosforowych. Dzięki wysokiej biodegradacji ścieków, odbywa się to za pomocą technologii opartych na procesie biologicznym.
- Oczyszczanie trzeciorzędowe: zgodnie z charakterystyką odprowadzania wody, etap ten może obejmować chemiczne lub biologiczne usuwanie fosforu i nadmiaru zawiesiny itp.

Ich wybór i kolejność zależą od takich czynników, jak właściwości odpadów, produkowana ilość i tempo produkcji (wahania tygodniowe, sezonowe), ograniczenia środowiskowe i zdrowotne wynikające z lokalnych przepisów, możliwość i wygoda odzyskiwania materii (wody) i energii.

W szczególności wahania natężenia przepływu są związane z typową nieciągłością w cyklach produkcyjnych różnych produktów; jest to cecha, która wpływa na wybór

opcji oczyszczania ścieków, ponieważ specyficzne systemy biologiczne mają trudności z radzeniem sobie ze ściekami o różnym ładunku organicznym.

Tabela 3: Oczyszczanie ścieków mleczarskich wdrożone na miejscu

Pierwszorzędowy	drugorzędowy	Trzeciorzędowy
Ekranowanie	Osad czynny	Nitryfikacja/denitryfikacja
Zbiornik buforowy	Bioreaktor membranowy (MBR)	Azotowanie/Annamox
neutralizacja pH	Reaktor anaerobowy (UASB, EGSB, CSTR)	Usuwanie fosforu (chemiczne lub biologiczne)
Sedymentacja/Flotacja		Filtracja membranowa
Reaktor Biofilmu z łóżem ruchomym (MBBR)	Sekwencyjny reaktor wsadowy (SBR)	Dezynfekcja (jeśli spodziewane jest ponowne użycie wody)
Koagulacja-flokulacja	zbiorniki napowietrzane	wybudowane tereny podmokłe

2.2.1. Podstawowe zabiegi

Obróbka pierwszorzędowa polega głównie na usunięciu niepożądanych składników, które mogłyby zakłócić prawidłowe funkcjonowanie oczyszczalni (np. odpadów gruboziarnistych, piasku). W zakładzie mleczarskim możemy znaleźć w tej kolejności: przesiewanie, zbiornik buforowy połączony z neutralizacją pH, sedymentację i/lub flotację.

Przesiewanie jest operacją polegającą na usuwaniu odpadów gruboziarnistych za pomocą krat i sit.

Zbiorniki buforowe stosowane są w celu złagodzenia wahań przepływu na wlocie do oczyszczalni oraz w celu rozprowadzenia ciągłej ilości ścieków do dalszych oczyszczalni. To właśnie w tym zbiorniku może nastąpić neutralizacja pH na skutek kolejnych wlotów ścieków kwaśnych i alkalicznych. Czasami konieczne jest dodanie środka chemicznego, aby osiągnąć wartość pH odpowiednią do prawidłowego przebiegu procesu oczyszczania wtórnego. Jednak jednym z rozwiązań stosowanych obecnie w niektórych zakładach w celu uniknięcia takiego dodawania produktów chemicznych jest neutralizacja pH za pomocą wtrysku CO₂. Celem tego procesu jest przekształcenie CO₂ w kwas węglowy i wtłoczenie go do ścieków w celu obniżenia pH. Oczyszczanie to jest stosowane w ściekach alkalicznych (patrz studium przypadku 1).

Wreszcie, sedymentacja jest operacją, podczas której elementy o dużej gęstości opadają na dno zbiornika, podczas gdy flotacja polega na wprowadzaniu na powierzchnię zanieczyszczeń o małej gęstości dzięki pęcherzykom powietrza w celu ich usunięcia.

W zakładach mleczarskich mogą być również stosowane inne zabiegi podstawowe: reaktor z ruchomym złożem biofilmu (MBBR) i koagulacyjno-flokulacyjny.

Reaktor z ruchomym złożem biofilmu jest technologią składającą się ze zbiornika osadu czynnego, zawierającego plastikowe mocowania, na których może rosnąć aktywna biomasa. Jego zastosowanie jako obróbki wstępnej

pozwała na usunięcie istotnej części ładunku węglowego. Rozpoczyna również obróbkę związków azotowych.

Koagulacja-flokulacja polega na agregowaniu niektórych zawiesin niedających się osadzić w gęstszych cząstkach. Następnie realizowany jest etap sedimentacji nowych cząstek.

2.2.2.. Zabiegi wtórne (drugorzędowe)

Zabiegi wtórne oparte na zjawiskach biologicznych mogą obejmować zarówno roztwory tlenowe, jak i beztlenowe.

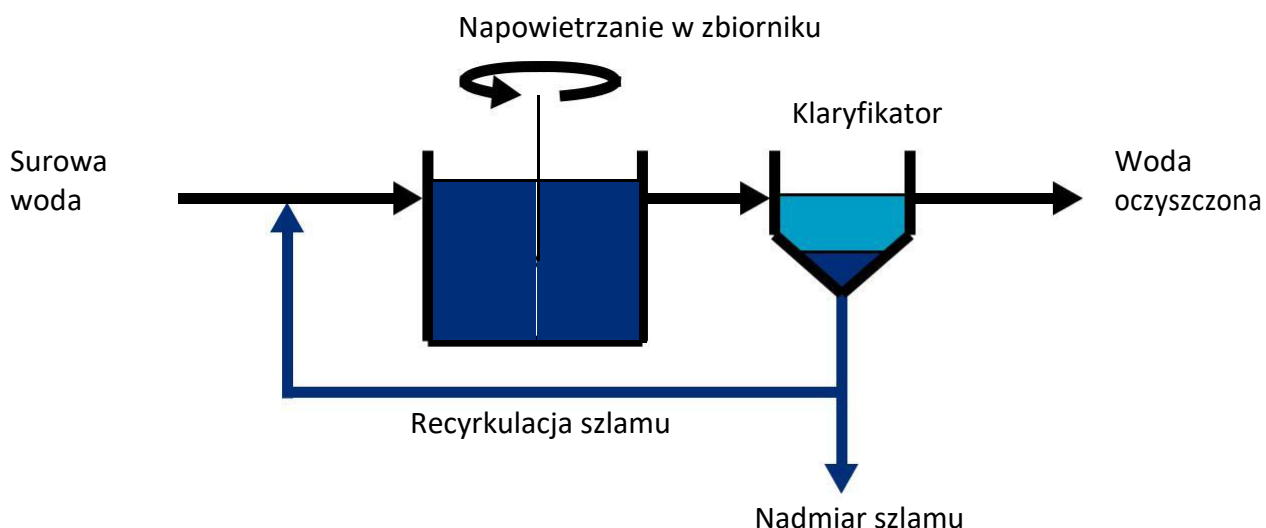
tlenowe i beztlenowe. Co to znaczy?

- Mówi się, że środowisko jest tlenowe, gdy występuje wolny tlen.
- Środowisko może być anaerobowe, gdy tam jest nieobecność wolnego i związanego tlenu (tlen związany jest tlenem związanym z innymi pierwiastkami np. azot tworzy azotany).

Rozwiązania aerobowe

Osad czynny jest najczęściej obserwowanym roztworem tlenowym w zakładach mleczarskich (rys. 1). Roztwór ten może zapewnić dotrzymanie maksymalnych limitów zrzutu węgla i azotu, nawet przy pracy z silnie rozcieńczonymi ściekami i w stosunkowo niskiej temperaturze.

Proces osadu czynnego składa się z dwóch jednostek: zbiornika napowietrzającego i klaryfikatora. W pierwszej z nich ścieki są mieszane z aktywną biomasą zdolną do rozkładu zanieczyszczeń węgla i azotu w obecności tlenu. W drugiej, faza stała (kłaczkowate biologiczne) i faza wodna (woda oczyszczona) są oddzielone. Kłaczkowate są pobierane z dna oczyszczalni, a oczyszczona woda jest odprowadzana.



Rysunek 1: Uproszczony schemat osadu czynnego
(Odniesienie: Suez Water Handbook)

W zakładach mleczarskich stosowane są dwa rodzaje procesów z osadem czynnym: osadem czynnym z wydłużonym napowietrzaniem i niskoobciążonym osadem czynnym. Niektóre parametry funkcjonalne tych procesów zostały wymienione w tabeli 4.

Obydwie technologie pozwalają na lepsze usuwanie ładunków węgla i dobre usuwanie azotu.

Tabela 4: Charakterystyka dwóch rodzajów osadu czynnego (napowietrzanie rozszerzone; niskoobciążone)

Parametry	Jednostki	Rozszerzone napowietrzanie	Niskie obciążenie
ładunek masowy	kgVM-1.J- kgBOD ₅	1	<0.07
MLSS	kg.m ⁻³	3 - 5	0.07 < x < 0.15
HRT	godziny lub dni	5 dni	3 - 5
SRT	Dni	20	12 godzin
O ₂ potrzeba	kgO ₂ .kgBOD ₅ ⁻¹	2	10
Usunięcie BOD ₅	%	93-97	1.3 < x < 1.5
Usuwanie azotu	%	90-40	93-97
Usuwanie fosforu	%	30	90-40

Istnieją również inne rozwiązania oparte na wykorzystaniu osadu. Są to m.in. sekwencyjny reaktor wsadowy (SBR) lub bioreaktor membranowy (MBR). Zasada działania SBR jest taka sama jak w przypadku osadu czynnego, z jednym wyjątkiem: istnieje tylko jeden zbiornik do napowietrzania i klarowania. Te dwie operacje są wykonywane dzięki sekwencyjnemu podziałowi przetwarzania. Dzięki temu obróbka ta wymaga mniejszej powierzchni. Jeśli chodzi o bioreaktor membranowy, jego działanie jest również podobne do działania osadu czynnego. Jednakże, klaryfikacja odbywa się za pomocą filtracji membranowej. Technologia ta zostanie szczegółowo opisana w następnym rozdziale.

Niektóre zakłady wykorzystują również napowietrzanie zbiorników do oczyszczania swoich ścieków. Zbiorniki (lagunowe) są wspaniałymi zbiornikami, do których wpływają ścieki w celu ich oczyszczenia pod wpływem wiatru i słońca, które sprzyjają rozwojowi aktywnej biomasy umożliwiającej degradację, w szczególności zanieczyszczenie węgla. Można zastosować napowietrzanie mechaniczne w celu intensyfikacji procesu biologicznego, a co za tym idzie - oczyszczania.

Rozwiązania beztlenowe

Technologia beztlenowa jest interesująca, gdyż ścieki mają wysokie stężenie substancji organicznej. Dlatego też niektóre reaktory beztlenowe mogą być wykorzystywane do oczyszczania ścieków o stężeniu ChZT wyższym niż 15 g/l. Redukcja ChZT w tej technologii wynosi około 70 - 80% biorąc pod uwagę typowe ścieki mleczne. Kilka badań wykazało również, że średnia redukcja ChZT w tej

technologii wynosi około 90%, szczególnie gdy ścieki mleczarskie zostały wcześniej odtłuszczone [3; 6]. Niektóre reaktory beztlenowe stosowane specjalnie do oczyszczania serwatki mogą pozwolić na uzyskanie redukcji ChZT o około 95%.

Jednakże, w przeciwieństwie do roztworów tlenowych, usuwanie azotu i fosforu jest niskie, co potwierdza stosunek usuwania ChZT/N/P: 800/5/1. W odniesieniu do przetwarzania w reaktorach beztlenowych serwatki, usuwanie fosforu jest lepsze z powodu wytrącania się struwitu i fosforanu wapnia

W związku z tym, aby zapewnić pełniejsze usuwanie różnych zanieczyszczeń zawartych w ściekach, niektóre zakłady mleczarskie łączą oczyszczanie beztlenowe i tlenowe.

Główną zaletą technologii beztlenowej jest produkcja biogazu, która powstaje podczas rozkładu substancji węglowych w reaktorze. Produkt ten może być następnie wykorzystany jako nowe źródło energii dla zakładu produkcyjnego. Ponadto, technologia ta pozwala na zmniejszenie produkcji osadów ściekowych.

Technologia beztlenowa i przykład procesu zostanie podkreślony w następnym rozdziale.

Porównanie technologii tlenowych i beztlenowych przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5: Porównanie technologii aerobowych i beztlenowych

Parametr	Aerobic	Anaerobic
Zapotrzebowanie na energię	Wysoki	Niski poziom
Produkcja energii	Brak	Dobra (średnia produkcja metanu: 60 do 75%)
Współczynnik załadunku ChZT	Niskie / Średnie	Średni / Wysoki (średnie obciążenie COD Stawka: 5-10 kgCOD.m-3)
Redukcja ChZT	95% - 99%	70% - 90%
Usuwanie składników odżywczych (N, P)	Dobry	Niski poziom
Wzrost bakterii	Szybko	Wolno (10 razy mniej)
Produkcja osadów ściekowych	Wysoki (około 40%)	Niski (około 8%)
Zmienność obciążenia	Przyjęte	Nie zaakceptowane, ale zmniejszenie ChZT jest niższe w ciągu kilku dni po załadowaniu odmiana
Wrażliwość na temperaturę	Stosunkowo niski	Medium
Inhibycyjne działanie tłuszczu	Nie	Tak
Potrzebny dodatek alkaliczności	Nie	Tak
Zużycie powierzchni / powierzchnia użytkowa	Wysoki (z wyjątkiem niektórych technologii, takich jak	Niski poziom

Koszt inwestycji (CAPEX)

Niski poziom

Wysoki

Konserwacja

Wysoki

Niski poziom

2.2.3. 2.2.3. Trzeciorzędowe zabiegi

Ogólnie rzecz biorąc, procesy trzeciorzędowe są stosowane w celu usunięcia określonej pozostałości zanieczyszczeń po etapie biologicznym. W sektorze mleczarskim nityfikacja/denitryfikacja oraz biologiczne lub chemiczne usuwanie fosforu są najczęściej spotykanymi zabiegami tego stopnia.

Nitryfikacja i denitryfikacja to niezbędne kroki w celu usunięcia zanieczyszczeń azotem.

Nitryfikacja polega na przekształcaniu amonu w azotany w obecności tlenu

i bakterii nitryfikacyjnych. Denitryfikacja polega na przekształcaniu azotanów w azot gazowy. Etap ten jest wykonywany w środowisku zawierającym bakterie denitryfikujące i bez rozpuszczonego tlenu. Istnieje inny proces oczyszczania zanieczyszczeń azotem: reakcja Annamox. Pozwala to na przekształcenie amonu w gazowy azot bez konieczności przechodzenia przez etap nitryfikacji. W ten sposób natlenianie środowiska nie jest konieczne, co pociąga za sobą redukcję kosztów.

Jeśli chodzi o usuwanie fosforu, można rozważyć dwa sposoby: biologiczny i chemiczny. Sposób biologiczny polega na poddaniu bakterii kolejnemu okresowi beztlenowemu i tlenowemu. Ten stres powoduje przechowywanie w tych komórkach dużej ilości fosforanów, które są następnie usuwane wraz z nadmiarem osadu. Natomiast sposób chemiczny polega na dodawaniu roztworów z solami metalicznymi, takimi jak chlorek żelaza, w celu utworzenia osadu z fosforem. Osad ten jest następnie usuwany przez sedymentację.

Inne techniki mogą być stosowane do produkcji wody o wysokiej jakości do odprowadzania do zbiorników wodnych lub ponownego użycia.

Niektóre zakłady mleczarskie wykorzystują tereny podmokłe do oczyszczania ścieków. Technika ta stosowana jest również jako oczyszczanie wtórne, jednak w przypadku dużych zakładów produkcyjnych jej skuteczność okazuje się ograniczona.

W 2008 roku Dąbrowski *i in.* przeprowadzili badania nad tego typu instalacją [7]. Zrealizowano dwa etapy oczyszczania ścieków mleczarskich (de-fosforowanie i przejście w niskoobciążonej komorze osadu czynnego). Pierwsze zbudowane podmokłe osady były konstrukcją o przepływie pionowym, drugie - poziomym. Teren podmokły z przepływem pionowym jest efektywny pod względem zmniejszenia ładunku węgla i przekształcenia amonu w azotany. Teren podmokły o przepływie poziomym pozwala na redukcję resztkowego zanieczyszczenia węglowego i ułatwia denitryfikację. Zabieg ten nie ma wpływu na usuwanie fosforu. Wyniki eksperymentu były następujące: usunięcie ChZT i NH₄-N przez instalację osiągnęło odpowiednio 85,3% i 91%. Technika ta wymaga jednak dużej powierzchni w celu osiągnięcia skutecznej obróbki.

Inne technologie mogą być stosowane w zależności od pozostałych zanieczyszczeń, które mogą być usunięte. Tak jest w przypadku technologii membranowych, które pozwalają na zatrzymanie niektórych zawiesin i mogą przyczynić się do dezynfekcji ścieków. Technologie te zostaną szczegółowo opisane w następnym rozdziale.

3

INNOWACYJNE OCZYSZCZANIE

3.1. Wprowadzenie

Głównym celem gospodarki ściekowej jest oczyszczanie ścieków w procesach mleczarskich w celu zmniejszenia ich ładunku organicznego przed odprowadzeniem do zbiorników wodnych lub publicznych systemów kanalizacyjnych. Ścieki te stanowią jednak również źródło alternatywne. W tym kontekście, w ciągu kilku lat opracowano różne technologie pozwalające na odprowadzanie wody o lepszej jakości, ponowne wykorzystanie oczyszczonych ścieków lub odzysk ciepły.

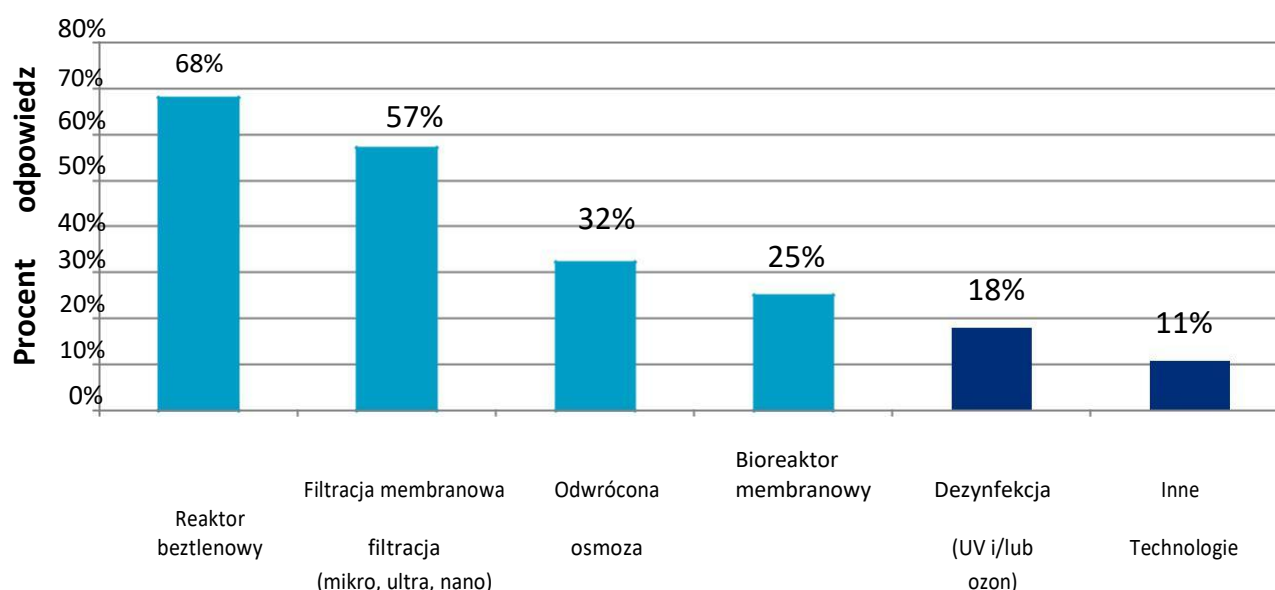
Wśród tych technologii, możemy zidentyfikować takie procesy separacji jak membrany, bioreaktory membranowe lub reaktory beztlenowe.

Technologie te okazały się najistotniejsze na podstawie badania przeprowadzonego wśród przetwórców mleka.

Badanie to zawierało cztery pytania spośród nich jedno pytanie wielokrotnego wyboru dotyczące najnowszych i silnych technologii, które należy zbadać: bioreaktor membranowy, filtracja membranowa (mikrofiltracja, ultrafiltracja, nanofiltracja), odwrócona osmoza, reaktor beztlenowy i technologie dezynfekcji (UV i/lub ozon). Wyniki wykazały, że przetwórcy mleka byli zainteresowani:

(1) reaktorem beztlenowym, (2) filtracją membranową, (3) odwróconą osmozą, (4) bioreaktorem membranowym oraz (5) technologiami dezynfekcji (rysunek 2). Niektórzy przetwórcy mleka zaproponowali również zbadanie innych metod obróbki, takich jak flotacja, SBR, osad czynny lub sedymentacja (metody obróbki zebrane w kategorii *Inne technologie* na rysunku). W związku z tym dokonano wyboru i pierwsze cztery zacytowane procesy, zostaną opisane w pozostałej części dokumentu.

Technologie wybrane przez przetwórców mleka



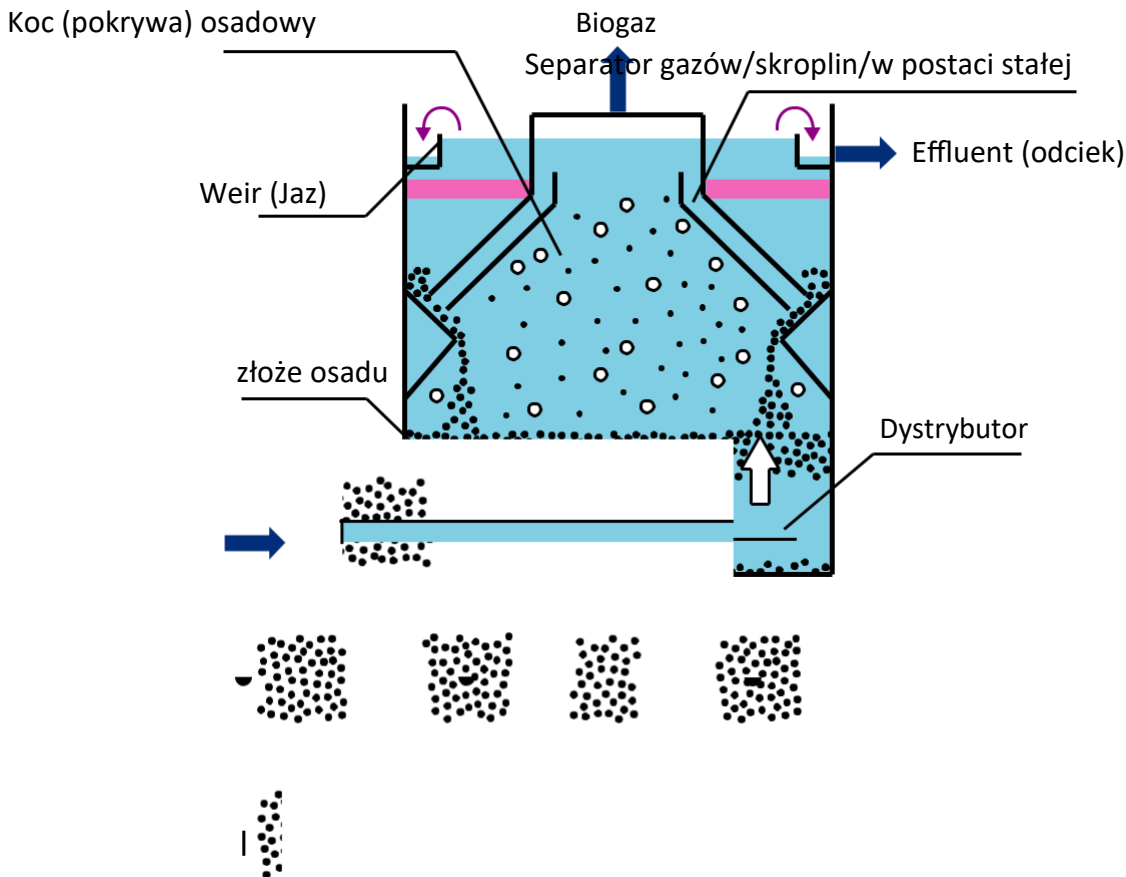
Rysunek 2: Wyniki badania IDF (technologie, które są opisane w publikacji, są zaznaczone jasnymi kolumnami)

3.2. 3.2. Reaktor beztlenowy

Reaktor beztlenowy jest procesem, który ma wiele zastosowań: pozwala na wyeliminowanie większej części ładunku węgla zawartego w ściekach, poprzez wytwarzanie biogazu, mieszanki dwutlenku węgla (CO₂) i metanu (CH₄). Dodatkowo, odpowiednio niższe koszty usuwania osadów ściekowych sprzyjają systemom beztlenowym. Istnieje kilka rodzajów obróbki beztlenowej: pokrywa (koc) osadu beztlenowego (UASB), filtr beztlenowy, zbiornik reakcyjny z mieszadłem (CSTR), złożo granulowane (EGSB), itp. W zakładach produkcji mleczarskiej UASB jest najczęściej stosowaną technologią beztlenową.

3.2.1. Zasada

W reaktorze UASB ścieki są rozprowadzane na dnie reaktora i stykają się z płaszczem granulowanym. Pokrywa ta składa się z zawiesiny ciał stałych i mikroorganizmów odpowiedzialnych za oczyszczanie. Oczyszczanie ścieków daje dwa rezultaty: mniejszą produkcję osadów ściekowych i dodatnią produkcję biogazu [8]. Wytworzony biogaz i oczyszczone ścieki są odzyskiwane w górnej części zbiornika (rysunek 3).



Rysunek 3: Schemat reaktora UASB

(Odniesienie: Instytut Badań nad Technologią Przemysłową)

W celu zapewnienia dobrego przebiegu rozkładu beztlenowego należy z uwagą monitorować różne czynniki.

Po pierwsze, zaleca się utrzymanie pH pomiędzy 6,5 a 8,5 (optymalnie: 7-8). Wartość pH poniżej 7 prowadzi do lepszych warunków środowiskowych dla bakterii kwasotwórczych, ale nie dla bakterii metanogenicznych. W konsekwencji zmniejsza się produkcja metanu [9]. Jeśli wartość pH jest zbyt wysoka, bakterie kwasotwórcze zostają zahamowane, a produkcja biogazu zatrzymana.

Po drugie, temperatura musi być utrzymywana na poziomie około 30 i 55°C [9]. Możliwe jest zastosowanie niższej temperatury, np. 25°C, ale powoduje to mniejsze usunięcie ChZT. Ogólnie rzecz biorąc, zbyt wysokie i zbyt niskie temperatury są szkodliwe dla biomasy.

Wreszcie, ważne jest, aby przestrzegać odpowiedniego czasu retencji hydraulicznej (HRT). W reaktorach UASB może on wynosić około dwunastu do czternastu godzin.

3.2.2. Wydajność

Skuteczność tego procesu oczyszczania może być różna w zależności od składu ścieków mleczarskich. Kilka badań opartych na różnych typach ścieków mleczarskich pokazuje, że średnia skuteczność usuwania ChZT w tym oczyszczaniu wynosi 90%. Wartość ta jest osiągnięta, gdy przeprowadzana jest obróbka wstępna przeznaczona do usuwania tłuszczów i smarów. Jeśli ścieki zawierają te związki, usuwanie ChZT może być niskie (około 50%), a oczyszczone ścieki mogą wykazywać wysoki poziom lotnych zawiesin i wysoką mętność [2].

Usuwanie azotu i fosforu przy użyciu tej technologii jest mało wydajne. Dlatego też, technologia ta jest połączona z natlenionym roztworem w zakładach przemysłowych, szczególnie tam, gdzie jest dużo ścieków. Roztwór beztlenowy można zatem uznać za wstępną obróbkę pozwalającą na usunięcie znacznej części zanieczyszczeń węglowych, podczas gdy roztwór tlenowy stosowany jest do usuwania pozostałości zanieczyszczeń węglowych oraz związków azotu i fosforu.

W odniesieniu do produkcji biogazu, technologie beztlenowe pozwalają na wytwarzanie biogazu w postaci

ok. 0,35 m³/kg ChZT _{usunięte} [2]. Biogaz składa się zwykle w 60-65% z metanu (CH₄), 35-45% z dwutlenku węgla i 0-5% z azotu [9].

Oczyszczanie ścieków beztlenowych może być brane pod uwagę w przypadku mleczarni, gdy stężenie ChZT w ściekach jest wyższe niż 6.000 mg/L, ponieważ wiąże się to z pewnymi kosztami operacyjnymi.

3.2.3. Znaczenie jako technologii przyjaznej dla środowiska i innowacyjnej

Reaktory beztlenowe są interesujące dla sektora mleczarskiego z dwóch punktów widzenia:

- Są one odpowiednie do oczyszczania przetwarzanych ścieków z zakładów mleczarskich. Ścieki z zakładów mleczarskich mają znaczące stężenie ChZT, a w niektórych przypadkach serwatka, która nie jest odzyskiwana i przetwarzana na wartościowe produkty, jest mieszana z tymi ściekami.
- ich eksploatacja pozwala na produkcję biogazu. Biogaz ten może być wykorzystywany przez zakład produkcyjny nie tylko do celów grzewczych, ale również do produkcji energii elektrycznej.

Przykład ilościowy:

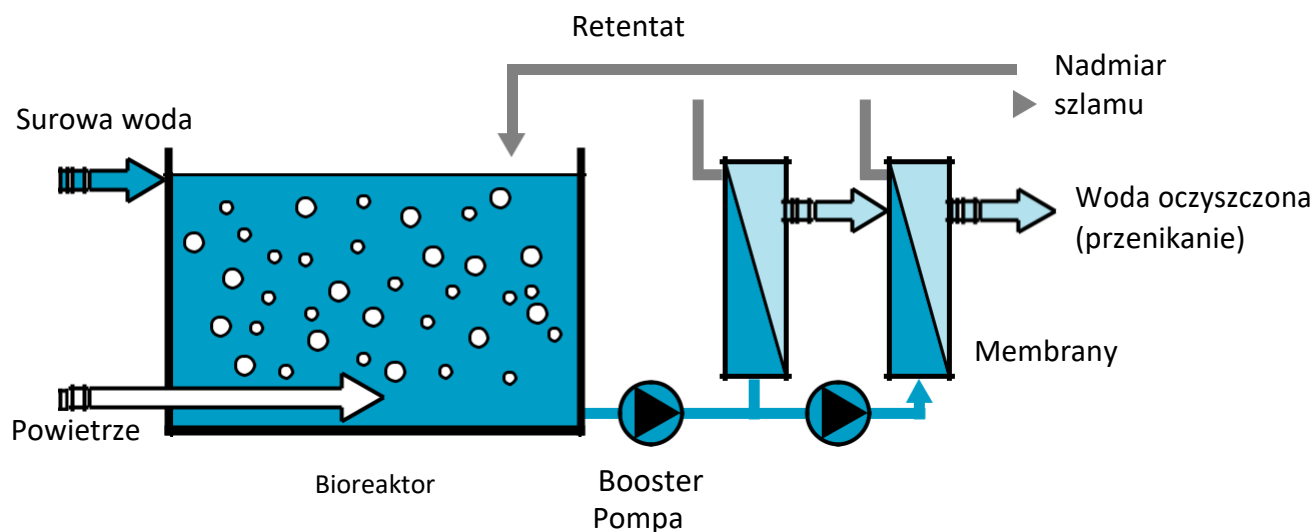
Zakład mleczarski otrzymuje każdego dnia 1600 m³ mleka. Uwalnia ono 4000 m³ ścieków o stężeniu ChZT do 2,5 g/l. Oznacza to stratę ChZT w ilości 10 ton na dobę. Przy zastosowaniu technologii beztlenowej, przetwórca mleka może wytworzyć 3500 m³ biogazu (co odpowiada 2000 litrom paliwa).

Kilka studiów przypadków dotyczących zastosowania tej technologii oczyszczania w zakładach mleczarskich zostało opracowanych w następnym rozdziale dokumentu.

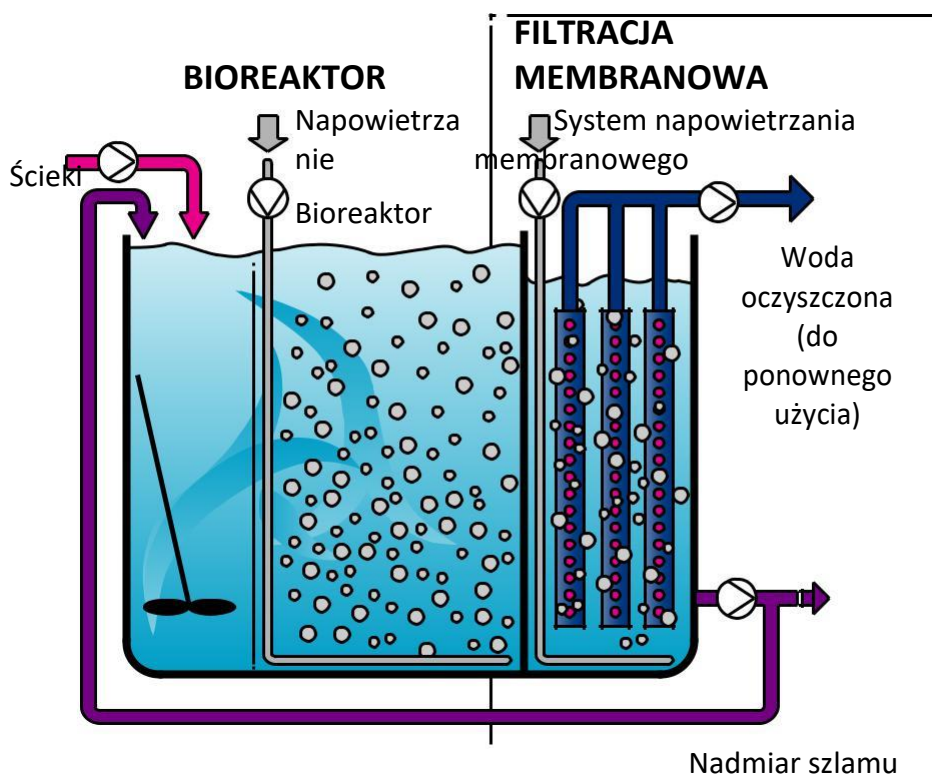
3.3. Bioreaktor membranowy

Kilka raportów z badań wykazało, że proces bioreaktora membranowego jest bardzo skuteczny w porównaniu z konwencjonalnym biologicznym procesem oczyszczania ścieków (np. system osadu czynnego) pod względem wyższej wydajności biodegradacji, mniejszej powierzchni, mniejszej produkcji osadu, całkowitego usuwania zawiesiny i wysokiej jakości oczyszczonych ścieków do ponownego wykorzystania [10; 11]. Technologia ta, stosowana już w oczyszczaniu ścieków komunalnych, wydaje się interesująca również dla oczyszczania ścieków mleczarskich.

3.3.1. Zasada



Rysunek 4: Zewnętrzny bioreaktor membranowy
(Odniesienie: Suez Water Handbook)



Rysunek 5: Zanurzony bioreaktor membranowy
(Odniesienie: Lenntech)

Bioreaktor membranowy zawiera proces, który łączy dwa rodzaje obróbki: obróbkę biologiczną i separację membranową, powszechnie stosowaną w mikro- lub ultrafiltracji. Istnieją dwa rodzaje bioreaktorów membranowych: bioreaktory membranowe z pętlą zewnętrzną (rysunek 4) i bioreaktory membranowe zanurzone (rysunek 5). Bioreaktory membranowe z pętlą zewnętrzną były pierwszymi, które zostały opracowane, ale koszty energii związane z przepływem osadu pomiędzy zbiornikiem tlenowym a membraną były zbyt wysokie. W konsekwencji opracowano nową generację bioreaktorów membranowych: bioreaktory membranowe zanurzone.

Po wprowadzeniu do zbiornika, ścieki są oczyszczane przez florę bakteryjną związaną z procesem osadu czynnego. Mieszana ciecz jest filtrowana za pomocą mikrofiltracji lub membran ultrafiltracyjnych. Filtracja jest prowadzona na zewnątrz, a oczyszczona woda jest odzyskiwana z wewnętrznych membran. Nadmiar produkowanego szlamu jest usuwany na dnie zbiornika. Prędkość "czyszczenia" w pobliżu membran pozwala uniknąć ich zabrudzenia. Pęcherzyki powietrza mogą być również wtryskiwane do modułu filtracyjnego w celu oczyszczenia ich zewnętrznej części.

3.3.2. Wydajność

Ostatnio zbadano proces oparty na MBR (bioreaktor membranowy) w celu oceny wydajności podczas oczyszczania ścieków mleczarskich do wysokiej jakości oczyszczonych ścieków oraz w celu ich późniejszego ponownego wykorzystania w przemyśle mleczarskim. Ścieki mleczarskie o niskim i wysokim obciążeniu były oczyszczane w celu oceny przydatności MBR jako drugorzędowego i trzeciorzędowego stopnia rozwiązania w zakresie oczyszczania ścieków dla przemysłu mleczarskiego. Powszechnie stosowano zanurzone MBR-y z mikro (zwykle z modułem membrany z włókna kanalikowego o średniej wielkości porów 0,4-0,5 μm) lub ultrafiltracją (moduły membranowe o średniej wielkości porów 0,04 μm) [10; 11; 12].

Średnia skuteczność usuwania w odniesieniu do ChZT, BZT5, TN, $\text{NH}_3\text{-N}$ i TP wynosiła odpowiednio 94-99, 98-99,5, 86-93, 95-99,6 i 89-91%, na podstawie ich odpowiednich średnich stężeń w odpadach mleczarskich dla ChZT = 385-6400, BZT5 = 111-4400, TN = 50-115, $\text{NH}_3\text{-N}$ = 28-51 i TP = 8-36 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Ogólnie rzecz biorąc, te wydajności usuwania przy zastosowaniu technologii MBR odpowiednio spełniają normy jakości ścieków (np. urugwajskie normy dotyczące odprowadzania ścieków ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) to BZT5 = 60, TN = 10, $\text{NH}_3\text{-N}$ = 5, i TP = 5), które są bezpieczne dla odprowadzania do rzek [10].

Oczyszczone ścieki z MBR mogą nie tylko spełniać normy dotyczące odprowadzania ścieków oczyszczonych, ale także spełniać normy dotyczące jakości ścieków przeznaczonych do ponownego wykorzystania jako woda do chłodzenia, wytwarzania pary i mycia zewnętrznych powierzchni lub podłóg i samochodów ciężarowych. W tym przypadku, ścieki oczyszczone z MBR mogą być dalej oczyszczane za pomocą nanofiltracji (NF) jako oczyszczanie trzeciorzędne (głównie w celu redukcji rozpuszczonych ciał stałych) w celu ponownego wykorzystania. Ostatnie badania wykazały, że inwestycja w MBR jako oczyszczanie drugorzędowe (wtórne) i NF jako oczyszczanie trzeciorzędne w

celu ponownego wykorzystania ścieków mleczarskich jest finansowo opłacalną opcją dla przemysłu mleczarskiego [13].

3.3.3. 3.3.4. Inne właściwości

Połączenie zabiegu biologicznego oczyszczania i klarowania w tym samym zbiorniku umożliwia uzyskanie znacznie wyższego stężenia zawiesiny cieczy (pomiędzy 8 a 18 g.L⁻¹) w stosunku do stężenia obserwowanego w układach osadu czynnego (pomiędzy 2 a 4 g.L⁻¹) [14]. Zwiększonej skuteczności oczyszczania towarzyszy również lepsza zdolność do reagowania na zmiany obciążenia. Co więcej, ten proces kombinowany wymaga zastosowania zbiornika o mniejszej powierzchni niż w przypadku konwencjonalnego systemu osadu czynnego. Produkcja osadu jest również zminimalizowana.

3.3.4. 3.3.4. Znaczenie jako technologii przyjaznej dla środowiska i innowacyjnej

Koszty kapitałowe i operacyjne bioreaktora membranowego są wysokie i w sektorze mleczarskim mogą wystąpić problemy związane z zanieczyszczeniami membranowymi. Rzeczywiście, zużycie energii może wynosić do 6 kWh.m⁻³ oczyszczonych ścieków, a żywotność membran wynosi około 2-5 lat ze względu na obecność wapnia.

Bazując jednak na wydajności i zaletach w porównaniu z konwencjonalnymi biologicznymi procesami oczyszczania ścieków, technologia ta spełnia wymagania rygorystycznych zezwoleń na odprowadzanie ścieków o wysokiej jakości i ułatwia odzyskiwanie wody w celu ponownego wykorzystania. W konsekwencji, pośrednio zmniejsza ona zużycie wody słodkiej. Zmniejszają się również koszty związane ze stosowaniem chemikaliów, usługami wodociągowymi i utylizacją osadów ściekowych.

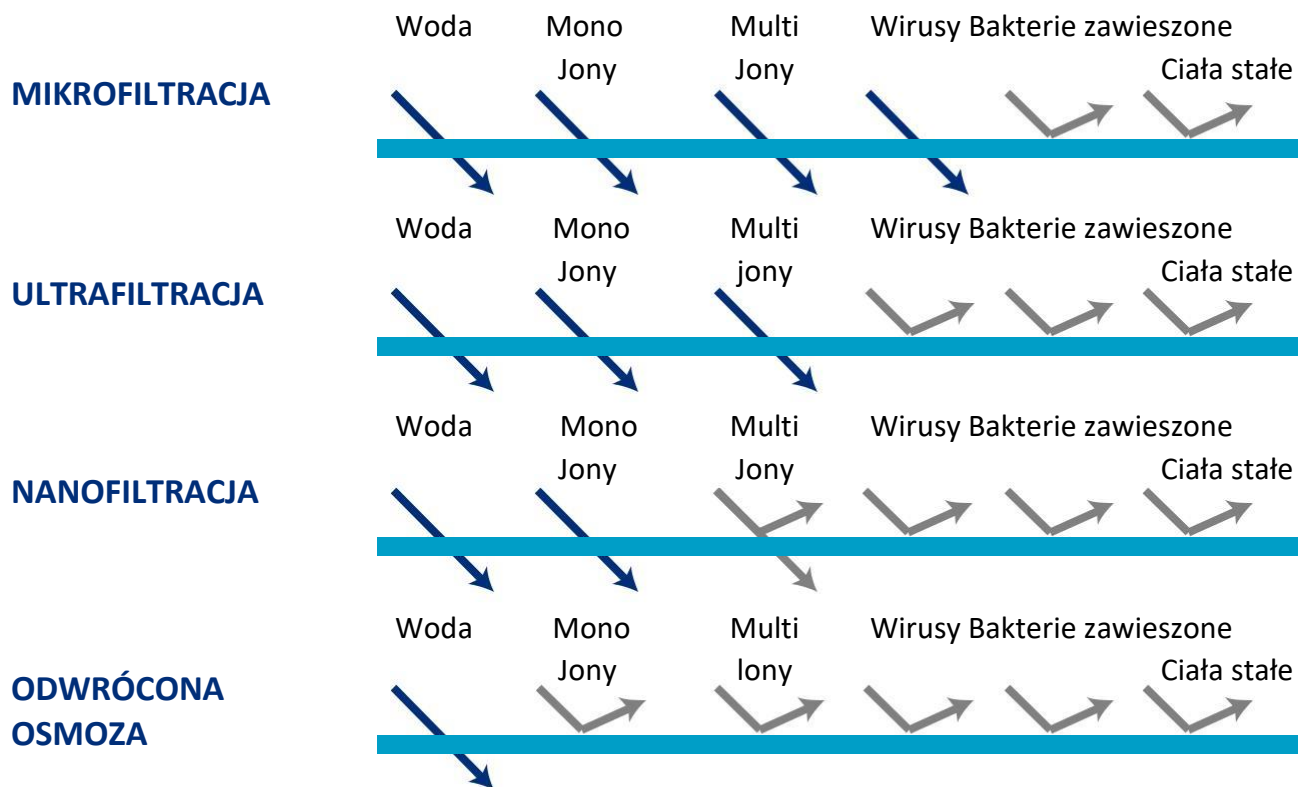
Kilka studiów przypadków dotyczących zastosowania tej technologii oczyszczania w zakładach mleczarskich zostało opracowanych w następnym rozdziale dokumentu.

3.4. 3.4. Filtracja membranowa (MF, UF, NF, RO)

Filtracja membranowa jest powszechnie uważana za trzeciorzędny (trzeciorzędowy) proces oczyszczania ścieków w celu spełnienia surowych norm dotyczących odprowadzania ścieków lub ponownego wykorzystania oczyszczonych ścieków w celu zastąpienia wody słodkiej. Można używać różnych typów membran: membran porowatych (mikrofiltracja, ultrafiltracja i nanofiltracja) oraz membran gęstych (niektóre procesy nanofiltracji i odwróconej osmozy).

3.4.1. Zasada

Filtracja membranowa polega na zatrzymywaniu przez membranę związków zawartych w wodzie. Usunięte elementy stanowią retentat, natomiast przefiltrowana woda stanowi permeat. Różne membrany mogą być brane pod uwagę zgodnie z ich selektywnością (rysunek 6).



Mono – jednowartościowe, Multi - wielowartościowe

Rysunek 6: Zanieczyszczenia zatrzymywane przez każdy typ membrany
(Odniesienie: Pentair X-Flow)

Filtracja membranowa zazwyczaj odbywa się po biologicznym etapie oczyszczania ścieków, podobnym jak w przypadku bioreaktorów membranowych z pętlą zewnętrzną, tzn. filtracja membranowa jest skonfigurowana zewnętrznie z biologicznie wstępnie oczyszczonymi ściekami. Najpopularniejszym podejściem w procesach separacji membranowej są dwa etapy filtracji - po pierwsze mikrofiltracja (MF) w celu oddzielenia ciał stałych pod stosunkowo niskim ciśnieniem (1-2 bar), a po drugie nanofiltracja ciśnieniowa (NF) lub odwrócona osmoza (RO) lub ultrafiltracja (UF) w celu zachowania bardziej specyficznych substancji rozpuszczonych [15]. Kwestia integracji filtracji membranowej z procesami biologicznymi musi być uzasadniona na podstawie jakości permeatu i wielkości odzysku, zapotrzebowania na energię, ciśnienia transmembranowego i strumienia permeatu (tj. szybkości filtracji). Badania nad integracją filtracji membranowej jako postbiologicznego procesu oczyszczania ścieków mleczarskich są nadal ograniczone [15; 16].

Skupienie się na odwróconej osmozie (RO) i odwróconej osmozie przedniej (FO):

RO, podobnie jak nanofiltracja, jest wysokociśnieniowym procesem membranowym pracującym w zakresie 10-80 barów przy typowym ciśnieniu roboczym około 30 barów. W procesie odwróconej osmozy, zastosowane ciśnienie jest wykorzystywane do pokonania ciśnienia osmotycznego, wymuszając wypływ wody ze strumienia (mleka) i skupiając rozpuszczone substancje rozpuszczone i koloidalne (całkowita sucha masa). Zastosowania RO w przemyśle mleczarskim obejmują efektywne pod względem kosztów pierwotne (pierwszorzędowe) stężenie całkowitej suchej masy w strumieniach mleka i serwatki (do 30 % suchej masy), jako prekursor do końcowego zagęszczenia na

etapie odparowania. Często RO jest również stosowane jako wstępna obróbka rozcieńczonych strumieni (mleka) w celu zapewnienia efektywności pod względem kosztów logistycznych. Inne zastosowania obejmują odzyskiwanie „białej” wody z operacji płukania oraz strumieni takich jak kondensat z wyparki, odzyskiwanie soli z solanek

i przenikanie permeatu z nanofiltracji, a także jako podstawową operację jednostkową w systemie odzysku wody zarówno w zastosowaniach odzysku pierwotnego, jak i mycia. Podobnie jak w przypadku nanofiltracji, utrata składników materiału wsadowego w strumieniach permeatu może stanowić problem przy koncentrowaniu się na materiałach o wysokim stopniu wysuszenia i/lub przy obróbce materiałów o wysokim potencjale osmotycznym.

FO jest bezciśnieniową technologią separacji membranowej, która może być stosowana do koncentracji cieczy w sposób energooszczędny w porównaniu z innymi procesami membranowymi, które wymagają ciśnienia hydraulicznego. Technologia ta wykorzystuje niskie ciśnienie i parametry grzewcze, ułatwiając w ten sposób minimalną degradację termiczną labilnych pod względem cieplnym składników odżywczych oraz obniżając koszty konserwacji i mycia (tj. zmniejszając zanieczyszczenie) [17]. FO działa poprzez zastosowanie roztworu czerpalnego (środka osmotycznego) do "wyciągania" wody ze strumienia zasilającego przez półprzepuszczalną membranę. Dlatego też niedrogi i nietoksyczny roztwór musi mieć wyższe ciśnienie osmotyczne niż strumień zasilający [18] i może kontrolować wydajność systemu FO poprzez optymalizację takich właściwości jak ciśnienie osmotyczne, stężenie, ciężar cząsteczkowy, rozpuszczalność w wodzie i lepkość [19]. Membrana powinna charakteryzować się wysokim strumieniem, wewnętrzną polaryzacją o niskim stężeniu, maksymalną wytrzymałością mechaniczną i bardzo gęstą warstwą aktywną, aby zapewnić maksymalne oddzielenie soli [17]. Osmoza przednia jest obecnie stosowana w wielu zastosowaniach, w tym w oczyszczaniu wody, np. odsalaniu i oczyszczaniu ścieków [20; 21; 22].

3.4.2. Wydajność

W ostatnim czasie badano różne kombinacje (np. MF, UF, MF+UF, MF+NF i MF+RO) filtracji membranowej w celu oceny wydajności podczas oczyszczania ścieków mleczarskich (po mechanicznym lub biologicznym oczyszczaniu wstępnym), aby osiągnąć wysoką jakość oczyszczonych ścieków (tj. permeatu). Wstępnie oczyszczone ścieki mleczne o ChZT = 2200-3500 mg.L-1, TSS = 1860 mg.L-1, TKN = 40-85 mg.L-1, barwa = 1200-1400 mg Pt-Co/L, a mętność = 130-230 FAU zaobserwowano, że są one skutecznie oczyszczane przy użyciu strategii MF+UF i MF+RO ze skutecznością usuwania ChZT do 99%, TSS 100%, barwa 98% i mętność >99% przez MF+UF, a usuwanie całkowitego węgla organicznego do 84%, barwa 100%, TKN 94% i mętność 100% przez MF+RO, odpowiednio [15; 16]. Zaobserwowano, że proces MF+UF jest znacząco niższą kombinacją ciśnieniem (pracującą przy ciśnieniu transmembranowym 3 bar) w porównaniu z kombinacją MF+RO (20 bar).

Oczyszczone ścieki po procesie filtracji membranowej (szczególnie w połączeniu z MF+UF i MF+RO) charakteryzowały się jakością wymaganą do ponownego użycia przy ChZT < 75 mg na L-1, TSS < 0,5 mg na L-1 i mętnością 0,2 NTU [16].

3.4.3. . Znaczenie jako technologii przyjaznej dla środowiska i innowacyjnej

Tam, gdzie koszty kapitałowe i operacyjne są ważne i gdzie należy rozważyć kwestię retencji, filtracja membranowa wydaje się być interesująca z dwóch powodów:

- produkcja wysokiej jakości wody do odprowadzania do zbiorników wodnych (proces ten może być przeprowadzony w celu usunięcia zanieczyszczeń resztkowych w sytuacjach, gdy limity odprowadzania są bardzo rygorystyczne)
- produkcja wody wysokiej jakości do ponownego wykorzystania

Kilka studiów przypadku dotyczących zastosowania tej technologii oczyszczania w zakładach mleczarskich zostało opracowanych w następnym rozdziale dokumentu.

4

STUDIUM PRZYPADKU

Ta część dokumentu poświęcona jest prezentacji innowacyjnych rozwiązań w zakresie oczyszczania ścieków, które zostały już wdrożone w zakładach mleczarskich.

Różne studia przypadków opracowane w tym rozdziale są wymienione w poniższym spisie treści.

Obróbka wstępna

Dwutlenek węgla do bilansowania pH (Kanada) .

Reaktor anaerobowy

Kompleksowy system fermentacji beztlenowej i kocioł na biomasę (Japonia) .

Produkcja biogazu w zakładzie mleczarskim (Niemcy) .

Synergia między oczyszczaniem beztlenowym i tlenowym (Włochy) .

Produkcja biogazu w zakładzie mleczarskim (Szwecja)

Produkcja biogazu w zakładzie mleczarskim (Irlandia)

Zastosowanie reaktorów beztlenowych i tlenowych do oczyszczania ścieków mleczarskich (Indie).

Bioreaktor membranowy

Bioreaktor membranowy do ścieków z wytwórni lodów (Japonia)

Bioreaktor membranowy do ścieków z zakładów produkujących płynne produkty (Japonia)

Bioreaktor membranowy do ścieków z zakładu mleczarskiego (Japonia) .

Filtracja membranowa

Ultrafiltracja na wylocie z zakładu w zbiornikach odpływowych (tzw. laguny osadowe) (Francja)

Studium przypadku 1

DWUTLENEK WĘGLA DO RÓWNOWAŻENIA PH

Kanadyjskie przedsiębiorstwo mleczarskie wdrożyło system oczyszczania w jednym ze swoich zakładów w celu neutralizacji ścieków procesowych w ramach dozwolonych limitów pH. System wykorzystuje tzw. eduktory do wsparcia mieszania, automatyczny bypass dla ścieków "w ramach specyfikacji", który służy do zwiększenia czasu retencji, wraz z dozowaniem CO₂ w celu zmniejszenia wysokiego poziomu pH, tak aby sprostać wymaganiom prawnym.

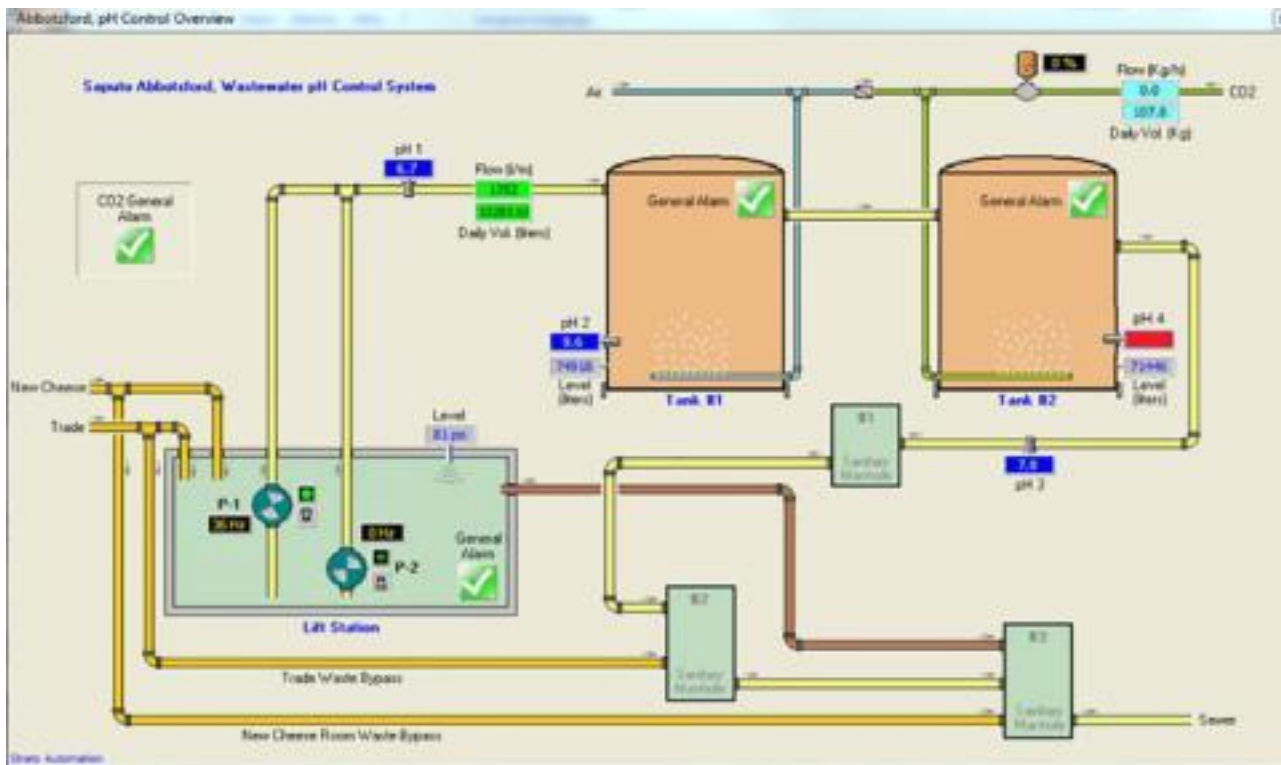


Charakterystyka techniczna

- CO₂ jest rozpylany do drugiego silosu tworząc kwas węglowy, co umożliwia precyzyjną neutralizację ścieków.
- Zawór przelewowy odprowadza ścieki w dozwolonych granicach, eliminując potrzebę dodatkowego magazynowania.
- Cewki (eduktory) ułatwiają mieszanie, zapewniając 10-krotnie większe korzyści w porównaniu do odpowiednika z otwartą rurą, jednocześnie eliminując koszty dmuchaw napędzanych elektrycznie.

Objętość i skład surowych ścieków

- Skład: >75% wody procesowej i myjącej
- Średni przepływ: 600.000 m³ /rok
- Typowe ścieki dopływowe pH: >10



Jakość oczyszczonej wody

- Wartość pH oczyszczonej wody: 5,5 do 9,5

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- CO₂ jest bezpieczną alternatywą dla stosowania silnych kwasów, takich jak H₂SO₄ i HCl, w celu dostosowania pH.
- Koszty materiałów mogą być nieznacznie wyższe w przypadku CO₂, ponieważ konwersja kwasu węglowego w wodzie jest stosunkowo niska: przy założeniu efektywnej konwersji kwasu węglowego z CO₂ wynosi 30%.
- Jednak ogólny koszt posiadania tego rozwiązania przy rozważaniu wymogów dotyczących magazynowania, zdrowia i bezpieczeństwa, takich jak reagowanie na wycieki, jest niższy.
- Rozcieńczanie wysoko stężonych, roztworów chemicznych nie jest również wymagane w przypadku systemów regulacji pH - CO₂.

Informacje zwrotne i inne uwagi

- Skroplone spaliny z zakładowego kotła parowego na gaz ziemny są rozważane jako alternatywa dla masowych dostaw CO₂. Kluczowym czynnikiem wymagającym dalszych badań jest rzeczywisty procent CO₂, który jest przetwarzany na kwas węglowy.
- Inne czynniki do określenia wymaganej ilości CO₂ obejmują temperaturę ścieków, które mają być zmieszane z CO₂ oraz deltę pomiędzy wejściową wartością pH a dopuszczalnymi wartościami granicznymi.

Dane ekonomiczne

- Koszt eksploatacji: 0,37 USD CAD / kg CO₂ (0,28 USD / kg CO₂)

Studium przypadku 2

KOMPLEKSOWY SYSTEM FERMENTACJI BEZTLENOWEJ I KOCIOŁ NA BIOMASĘ

Aby wytwarzać energię i przetwarzać odpady pochodzące z procesu, japońska mleczarnia produkująca mleko do kawy, jogurt i dietę płynną zdecydowała się na zainstalowanie systemu fermentacji beztlenowej i zbiornika na biomasę.



Charakterystyka techniczna technologii

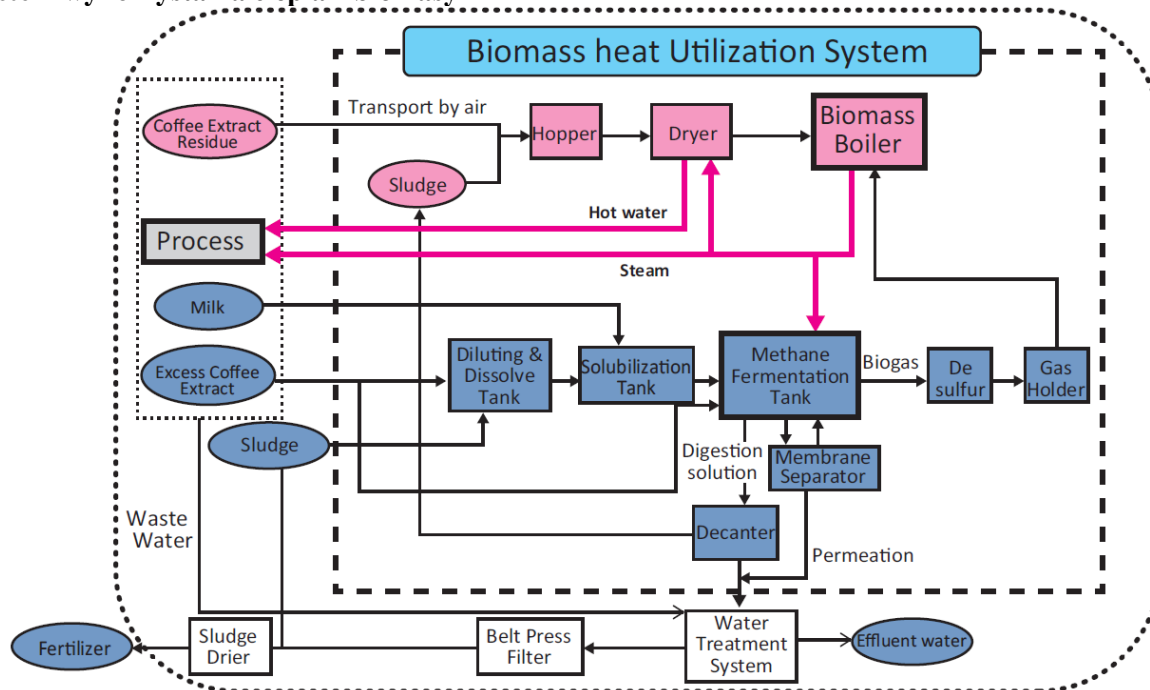
- Wielkość instalacji:
 - Zbiornik do rozcieńczania i rozpuszczania: 1 m³
 - Zbiornik do rozpuszczania: 100 m³
 - Zbiorniki do fermentacji metanu (x2): 100 m³ każdy
- Inne parametry:
 - Temperatura pracy w zbiornikach fermentacyjnych: 55°C
 - Średni czas przebywania w zbiornikach fermentacyjnych: 7 dni

Rodzaj, objętość i skład surowych ścieków

- Ścieki i pozostałości pochodzące z produkcji mleka kawowego, jogurtu i płynnych produktów:
 - Ścieki wprowadzane do systemu tlenowego: 3.000 m³/dzień
 - Ścieki wprowadzane do systemu beztlenowego: 7 m³/dzień
 - Pozostałości kawy wchodzące do kotła na biomasę: 30 t/dzień

Parametry	Stężenie (mg/L)
CHZT (beztlenowe)	200,000
BZT (tlenowe)	800

System wykorzystania ciepła z biomasy



Słowniczek: **Fertilizer** – nawóz; **sludge drier** osuszacz szlamu, **water treatment system** – system obróbki wody, **Diluting&dissolve tank**- Zbiornik rozdzielający i rozpuszczający; **Solubilization Tank** – Zbiornik do rozpuszczania, **Desulfer** – odsiarczacz; **Gas holder** – przetrzymywacz gazu; **Coffe Extract Residue**- Pozostałości po ekstrakcji kawy, **Sludge**- szlam; **Hopper**-lejek; **Dryer**- suszarnia; **excess coffee extract** - nadmiar ekstraktu kawy; **Methane Fermentation Tank**- Zbiornik do fermentacji metanowej; **Mambrane separator** – rozdzielacz membranowy; **Decanter** – Dekanter;

Jakość oczyszczanej wody

Parametry	Stężenie (mg/L)
CHZT (beztlenowe)	7.5
BZT (tlenowe)	<5
SS	<10
TN	8.6
TP	0.05

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- Kompleksowy system umożliwiający dobre oczyszczanie
- Produkcja biogazu: 400.000 m³ /rok
- Kocioł na biomasę pomaga w oczyszczaniu osadów w systemach tlenowych i beztlenowych.
- System tlenowy poprawia jakość oczyszczonych ścieków systemu beztlenowego.
- Potrzeba utrzymania stałego obciążenia w leczeniu beztlenowym, aby nie zakłócać jego pracy.

Opinie na temat tej technologii (zdobyte doświadczenia, rozwiązane problemy)

- Połączenie zbiornika na biomasę i systemu beztlenowego wydaje się być dobrym rozwiązaniem, ponieważ oczyszczanie ścieków i odpadów poza terenem zakładu jest kosztowną operacją. Ponadto, biogaz z systemu beztlenowego wspomaga stabilność spalania paliwa stałego w kotle na biomasę.

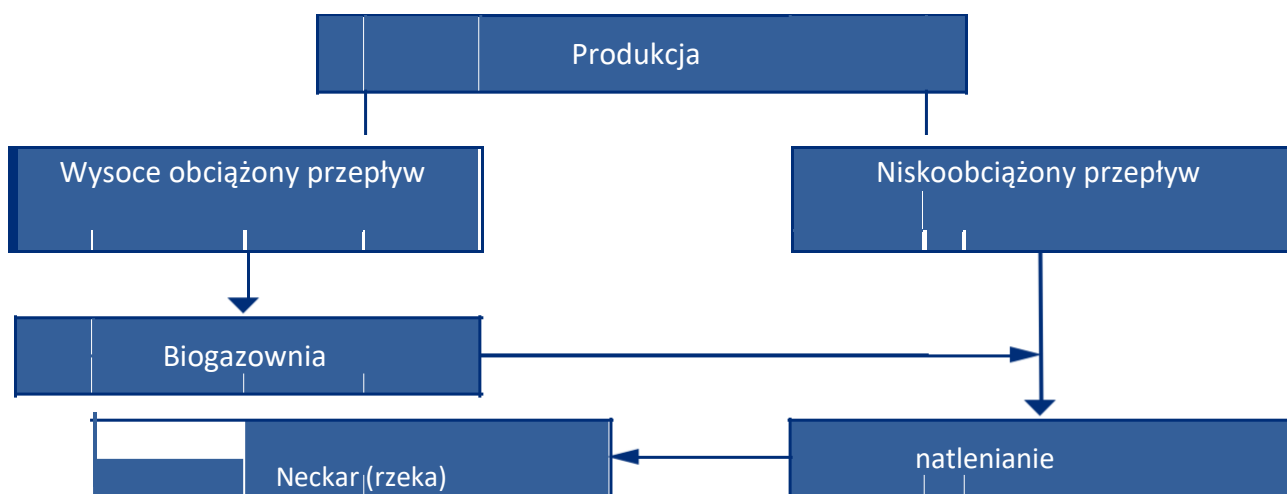
Dane ekonomiczne

- Koszt systemu: $\approx 13 \text{ mln USD/miesiąc}$ (koszt sprzętu i konserwacji) - $117\,000 \text{ USD/miesiąc}$
- Zwrot z inwestycji (w oparciu o koszt sprzętu): około 10%.
- Rozwiązanie bardziej ekonomiczne niż utylizacja odpadów na zewnątrz

Studium przypadku 3

PRODUKCJA BIOGAZU W ZAKŁADZIE MLECZARSKIM

W związku z wysokimi kosztami ścieków ponoszonymi przez gminę, niemiecki zakład mleczarski postanowił wybudować własną oczyszczalnię ścieków wraz z jednostką metanizacji. Oprócz oczyszczania ścieków gwarantowana jest produkcja biogazu i oszczędność energii.



Objętość i skład surowych ścieków

- Średni przepływ: $2.000 - 2.500 \text{ m}^3/\text{dobę}$

Parametry	zawartość
Fosfor	30 mg/L
ChZT	6200 mg/L
TN	100 mg/L
NH4-N	80 mg/L
NO3-N	20 mg/L

Jakość oczyszczanej wody

Parametry	zawartość
Fosfor	1,4 mg/L
ChZT	42 mg/L (25000kg/r)
TN	3,8 mg/L (2274 kg/r)
NH ₄ -N	2,8 mg/L (1663 kg/r)
NO ₃ -N	0,75 mg/L (444 kg/r)

Charakterystyka techniczna technologii

- Objętość reaktora UASB: 600 m³
- Część ChZT zdegradowanego w reaktorze UASB: około 70%.
- Część ChZT zdegradowanego w procesie tlenowym: około 30%.
- Produkcja biogazu:
 - 70% z reaktora UASB
 - 30% z fermentacji osadu

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- Produkcja biogazu: 150 m³/h (produkcja ta zaspokaja 10% zapotrzebowania zakładu mleczarskiego na parę)
- Oszczędność energii w porównaniu z pełnym zabiegiem aerobowym
- Energooszczędny proces do wykonania
- Niewielka produkcja osadów ściekowych
- Proces tlenowy zapewnia rozległą degradację aż do dobrej jakości bezpośredniego wypływu.

Opinie na temat tej technologii (zdobyte doświadczenia, rozwiązane problemy)

- Należy zapewnić separację między ściekami o dużym obciążeniu a ściekami o niskim poziomie zanieczyszczenia. Jest to praca obliczeniowa, która musi działać niezawodnie. Należy rozważyć zastosowanie detergentu w odniesieniu do jego wpływu na środowisko.

Dane ekonomiczne

- Koszt instalacji (biogazownia i obróbka tlenowa): 6 mln EUR (6 800 000 USD)
- Koszty eksploatacji: około 4-6% kosztów instalacji
- Koszty konserwacji: około 2% kosztów instalacji
- Zwrot z inwestycji: 3 lata

Studium przypadku 4

SYNERGIA POMIĘDZY PROCESAMI BEZTLENOWYMI I TLENOWYMI

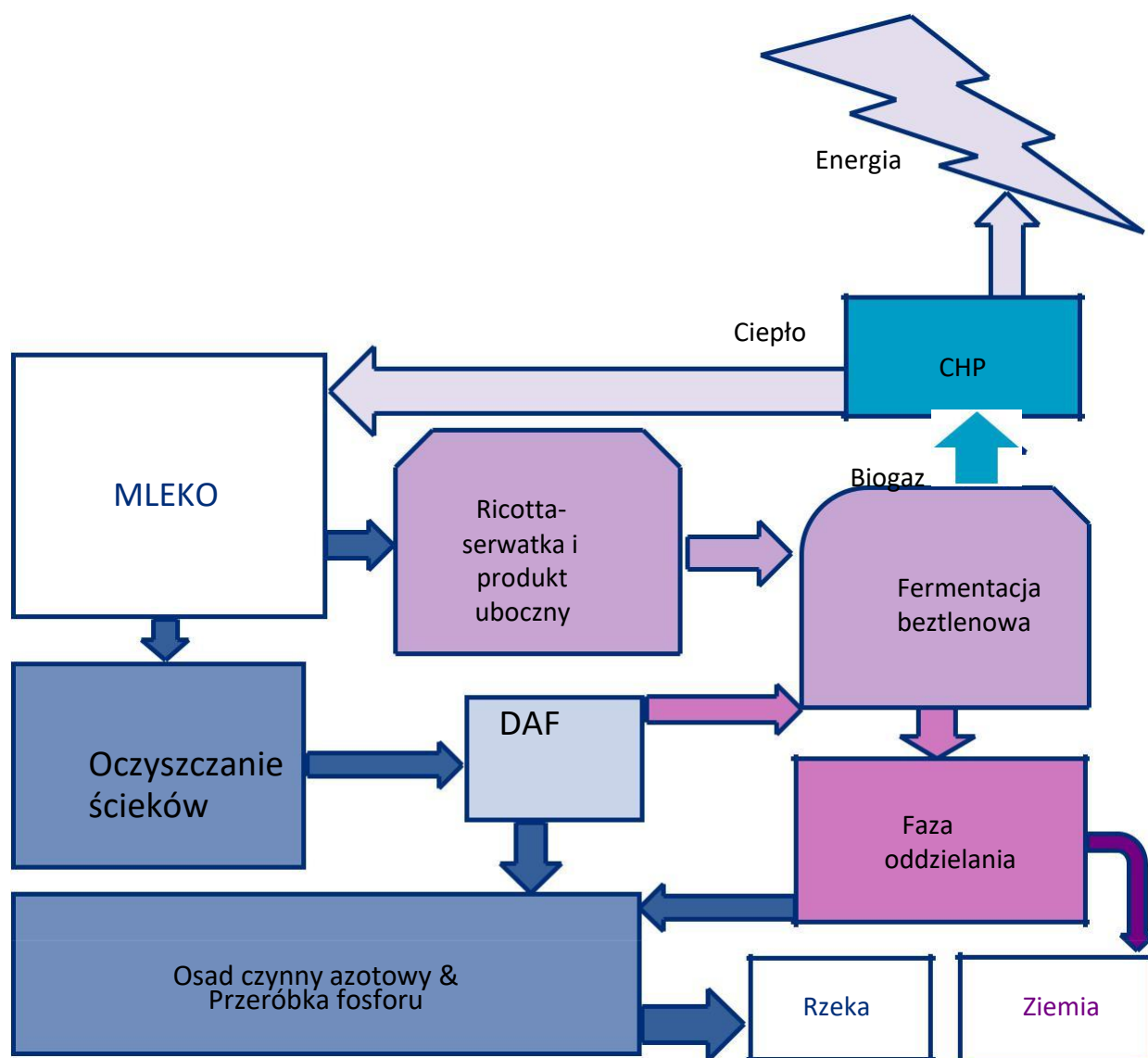
Włoska mleczarnia produkująca ser ricotta w celu rozwiązania problemów związanych z usuwaniem Serwatki, do produkcji energii wprowadziły system oczyszczania ścieków, w którym wykorzystują one technologię beztlenową do oczyszczania serwatki i innych ścieków, po czym następuje etap tlenowego osadzania osadu czynnego na rzecz azotu i fosforu i odprowadzanie bezpośrednio do rzeki.



Próba produkcji energii

- Rodzaj, objętość i skład odpadów surowych
- Odpady surowe: serwatka ricotta i inne stężone ścieki
- Całkowita objętość poddana obróbce: >140 000 m³ /rok
 - Odpady wchodzące w skład systemu tlenowego: 210 m³/dzień
 - Odpady wprowadzane do systemu beztlenowego: 170 m³/dzień

Parametry	Wartości
ChZT (beztlenowy)	35000 ton/rok
ChZT (aerobowe)	235 ton/rok
TKN	50 ton/rok
TP	19 ton/rok
NO ₃ -N	20 mg/L



Jakość oczyszczonej wody (przed odprowadzeniem do rzeki)

Parametry	zawartość
ChZT	
TKN	<100 mg/L
TP	<10 mg/L
	<8 mg/L

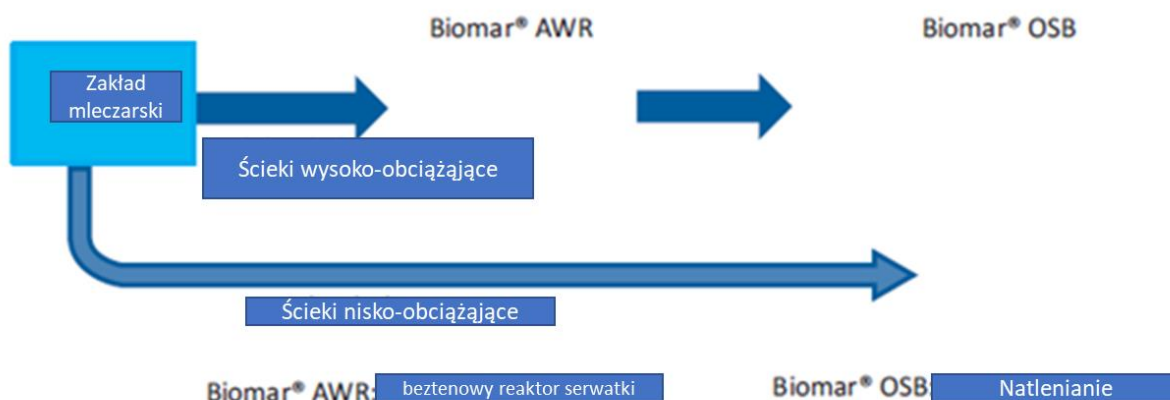
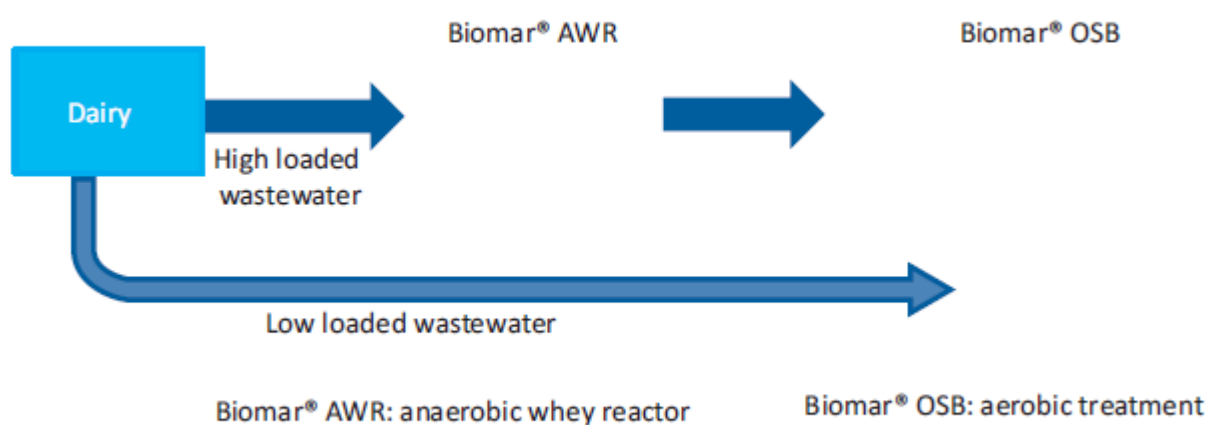
Charakterystyka techniczna technologii

- Wielkość instalacji:
 - Beztlenowe fermentorium: 1000 m³
 - Instalacja osadu czynnego Całkowita pojemność: 500 m³
- Inne parametry:
 - Czas pracy: 365 dni w roku
 - Zużycie energii: <340 MWh/rok

- Siła robocza: 4 godziny/dzień

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

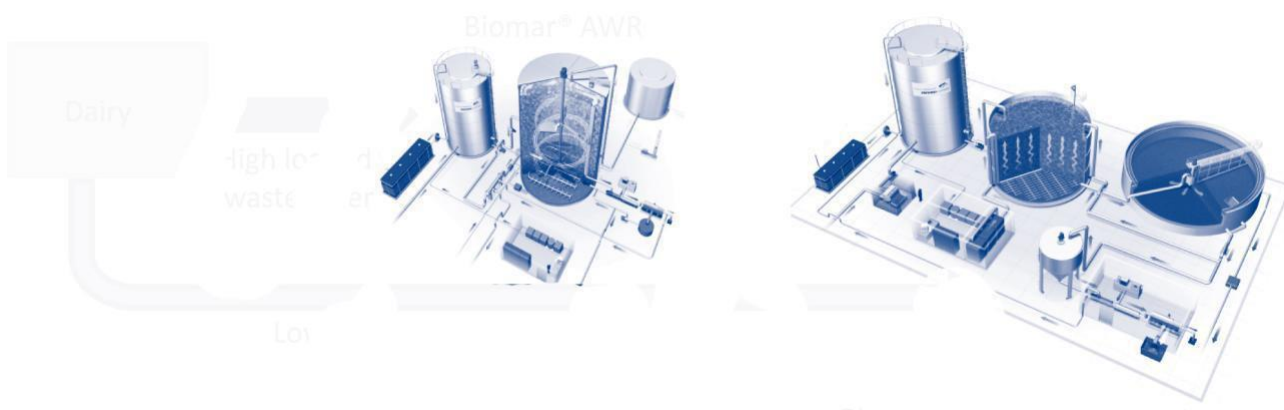
- Dzięki temu systemowi, zakład oszczędza ponad 60% kosztów ogrzewania.
 - Produkowana moc: >4150 MWh/rok
 - Wymiana ciepła: >2100 MWh/rok
 - Szlam do utylizacji: 4 tony/dzień
- System oczyszczania ścieków z osadu czynnego jest bardziej stabilny poprzez dodanie azotu.
- Niektóre problemy związane z odwadnianiem osadu z powodu wysokiej zawartości



BADANIE PRZYPADKU 5

PRODUKCJA BIOGAZU W ZAKŁADZIE MLECZARSKIM

Od 2005 roku szwedzki zakład mleczarski posiada własną oczyszczalnię ścieków, w tym jednostkę metanizacji. Oprócz oczyszczania ścieków, produkcja biogazu pozwala na dużą oszczędność energii. Głównymi czynnikami przyczyniającymi się do produkcji biogazu są: serwatka (-permeat), osady biologiczne i flotacyjne z oczyszczania ścieków i wycieki mleka oraz produkty odpadowe (zwroty od przedsiębiorców).



Skład wysoko-obciążających ścieków

- ilość: 250 m³/dobę

Parametry	Wartości
ChZT	100.000 mg/L
ładunek COD	25 t/dzień
TN	1 900 mg/L
TP	2.400 mg/L

Skład nisko-obciążających ścieków

- Kwota: 1.500 m³/dzień

Parametry	Wartości
ChZT	1.500 mg/L
ładunek ChZT	2,25 t/dzień
TN	150 mg/L
TP	70 mg/L



Oczyszczalnia ścieków Biomar® z 2 reaktorami Biomar AWR (po prawej) i reaktorem Biomar OSB (po lewej)

Charakterystyka techniczna technologii

- Biomar® AWR (proces beztlenowy) do 90% redukcji obciążenia ChZT
- Nityfikacja i denityfikacja, aerobowy proces odprowadzania do kanalizacji komunalnej
- 10.000 m³ produkcji biogazu dziennie z fermentacji osadów ściekowych (ekwiwalent gazu ziemnego: 6.500 m³/dzień)
- Eliminacja fosforu do poziomu poniżej 1,5 mg/L
- Eksploatacja ponad 10 lat

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- Oszczędność energii w porównaniu z pełnym procesem tlenowym
- Niska produkcja osadów ściekowych
- Niskie zapotrzebowanie na środki chemiczne do obróbki
- Niskie zapotrzebowanie na energię elektryczną
- Niższe koszty operacyjne
- Mniejsze koszty odprowadzania osadu
- Mniejsze zużycie powierzchni w porównaniu z pełnym procesem tlenowym

BADANIE PRZYPADKU 6

PRODUKCJA BIOGAZU W ZAKŁADZIE MLECZARSKIM

Przy planowanym dużym wzroście produkcji, istniejąca tlenowa oczyszczalnia ścieków w irlandzkiej mleczarni musiała zostać zmodernizowana. Celem jest utrzymanie wysokiej jakości ścieków, które odprowadzane są do pobliskiego ciek wodnego. W celu rozbudowy istniejącej oczyszczalni i produkcji biogazu firma zdecydowała się na zainstalowanie kolejnego rozwiązania oczyszczającego.



Moduł i zbiornik energii NVP

Skład surowych ścieków

Parametry	Wartości
ChZT	500 - 5000 mg/L
TSS	<1000 mg/L

Jakość oczyszczanej wody

ChZT	90 % wskaźnik usunięcia
TSS	50% wskaźnik usunięcia

Charakterystyka techniczna technologii

- Proces składa się z:
 - Flotacja rozpuszczonego powietrza
 - Jeden moduł energetyczny NVP
 - Zbiornik anoksydacyjny (ze względu na brak tlenu)
- Wydajność oczyszczania: 500 m³ ścieków/dzień/moduł
- Wymiary modułu:
 - 12m (wysokość)
 - 4,5 m (średnica)

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- Usunięto 90% osadów organicznych
- >85% zawartości metanu w biogazie; 100% dostępne do użytku
- Produkcja biogazu zaspokajająca potrzeby cieplne zakładu produkcyjnego
- Zamyka obieg węglowy, wypiera paliwa kopalne
- Nie ma potrzeby ogrzewania lub napowietrzania; pasywny system pompowy
- Niewielki ślad węglowy
- Inteligentny system sterowania ze zdalnym monitoringiem
- Idealne rozwiązanie dla:
 - modernizacji
 - Ekspansji
 - Nowej budowy

Opinie na temat tej technologii (zdobyte doświadczenia, rozwiązane problemy)

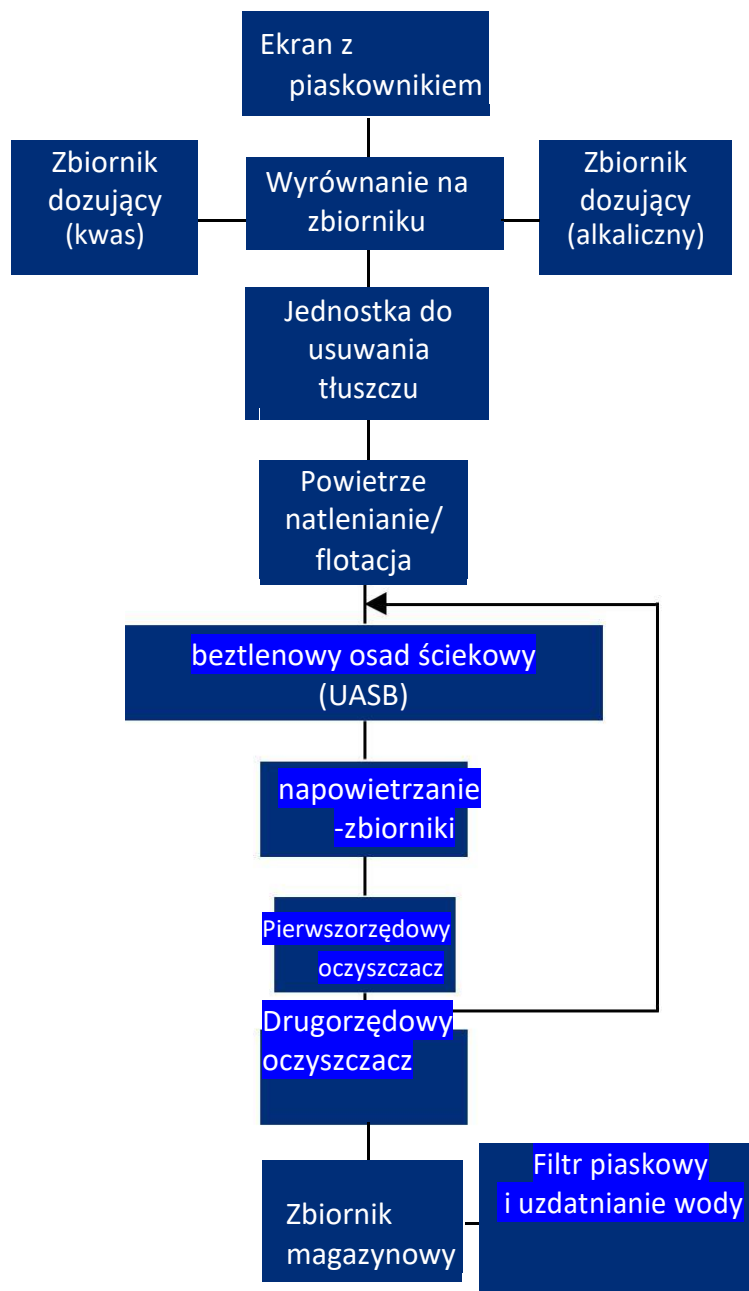
- Roztwór procesowy osiąga 90% redukcję ChZT i 50% usunięcie TSS.
- Instalacja mleczarska wymywa zwiększone ilości ścieków w ramach dozwolonych limitów zrzutu przy 50% niższych kosztach eksploatacyjnych w porównaniu z poprzednią instalacją tlenową.
- Produkcja osadów ściekowych została zmniejszona o 90%
- Stopa zwrotu z inwestycji: średnio 3 lata

Studium przypadku 7

WYKORZYSTANIE REAKTORÓW BEZTLENOWYCH I TLENOWYCH DO OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW MLECZARSKICH

Studium przypadku na podstawie publikacji Saxena S. i Choudhary M.P. (ref. [23])

W celu oczyszczenia ścieków i przestrzegania krajowych i lokalnych przepisów dotyczących odprowadzania wody, Saras Dairy Jaipur stworzył kompletny kanał oczyszczający składający się głównie z technologii beztlenowych i tl.



- **Rodzaj, objętość i skład surowych ścieków**

- Surowe ścieki: głównie wody czyszczące

(Ścieki z gospodarstw domowych są odprowadzane do kanalizacji publicznej)

- Średni przepływ: 800 m³ /dobę

Parametry	Stężenie (mg/L)
BZT	1477
ChZT	4800
TDS	2214
TSS	1203
DO	0.5
Olej i tłuszcze	63
Całkowita zasadowość	847
Twardość całkowita	510
Azot Kjeldahla	100
pH	6.20

Jakość oczyszczanej wody

Parametry	Stężenie (mg/L)
BZT	12
ChZT	32
TDS	1035
TSS	7
DO	9
Olej i tłuszcze	2.5
Całkowita zasadowość	290
Twardość całkowita	75
Azot Kjeldahla	8
pH	7.60

Charakterystyka techniczna technologii

- Powierzchnia zajmowana przez oczyszczalnię: ok. 25.000 m²
- Objętość reaktorów tlenowych: ok. 4 000 m³
- Objętość reaktorów beztlenowych około 2 000 m³

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- Kanał uzdatniania pozwala zakładowi mleczarskiemu na zachowanie zgodności z przepisami krajowymi i lokalnymi. Wszystkie limity jakości wody są przestrzegane z wyjątkiem pH, które przekracza 0,1.
- Ze względu na jakość wody oczyszczonej może być wykorzystywana do celów ogrodniczych i mycia podłóg lub może być również odprowadzana do kanalizacji.
- Osad z oczyszczalni jest suszony i wykorzystywany jako obornik na terenach ogrodowych samego zakładu. W przypadku pojawienia się dodatkowego osadu, jest on sprzedawany na rynku.

STUDIUM PRZYPADKU 8

BIOREAKTOR MEMBRANOWY DO ŚCIEKÓW W WYTWÓRNI LODÓW

Do oczyszczania ścieków w jednym z zakładów specjalizujących się w produkcji lodów japońska firma zdecydowała się zainstalować bioreaktor membranowy (MBR). Technologia ta została wybrana w celu zastąpienia starego sposobu oczyszczania osadu czynnego.

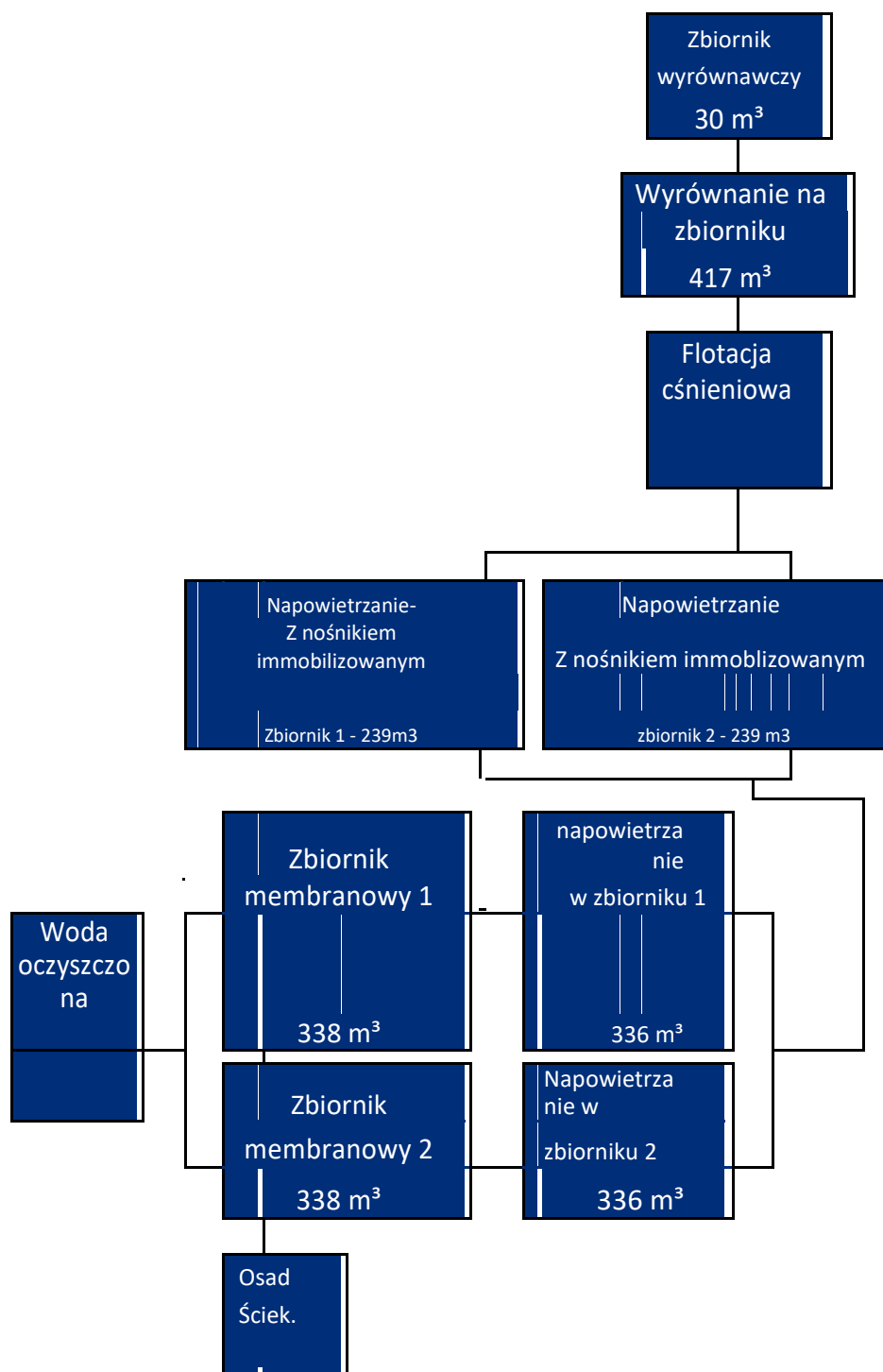


Zbiornik membranowy

Rodzaj, objętość i skład surowych ścieków

- Surowe ścieki: głównie wody myjące
- (Ścieki z gospodarstw domowych są odprowadzane do kanalizacji publicznej)
- Średni przepływ: 1,000 m³/dzień

Parametry	Stężenie (mg/L)
BZT	763
SS	421
n-Heksan	30



Jakość oczyszczanej wody

Parametry	Stężenie (mg/L)
BZT	0.8
SS	<1
TN	1.8
TP	0.7
n-Heksan	<0.5

Charakterystyka techniczna technologii

- Zaprojektowana ilość ścieków: 1.400 m³/dobę
- Zbiornik membranowy z membranami do mikrofiltracji

- Całkowita powierzchnia membrany: 3.480 m²
- MLSS: 4,000 mg/L

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- Technologia umożliwiająca lepsze oczyszczanie ścieków niż w przypadku konwencjonalnego osadu czynnego

Parametry	Woda oczyszczona	
	Stężenie (mg/L) w 2011 r. (przed zainstalowaniem systemu)	Aktualne stężenie (mg/L)
BZT	5.3	0.8
SS	7	<1
TN	2.6	1.8

Nadmierna redukcja objętości osadu: 50%

- Jeśli ścieki zawierają tłuszcze, zaleca się instalację wstępnego oczyszczania, np. flotacji, aby uniknąć zatykania się membran.

Twoje opinie na temat tej technologii (zdobyte doświadczenia, rozwiązane problemy)

- Bioreaktor membranowy jest łatwiejszy do kontroli niż konwencjonalne rozwiązanie z osadem czynnym. Ponadto, separacja osadu z wody jest również pomocna wraz z minimalnym ryzykiem zrzutu osadu i oczyszczonych odpadów, z wyjątkiem przypadku gdy wycieka z membrany.

Dane ekonomiczne

- Koszt instalacji (membrany i zbiorniki membranowe): ¥160 mln USD (1 440 000 US)
- Koszty bieżące (głównie prąd i konserwacja): ¥25/m³ ścieków (0,22 USD/m³)

BADANIE PRZYPADKU 9

BIOREAKTOR MEMBRANOWY DO ŚCIEKÓW Z ZAKŁADU ŻYWNOCİ PŁYNNIEJ ROŚLINNEJ

Japońska firma zdecydowała się na zainstalowanie bioreaktora membranowego (MBR) w jednym ze swoich zakładów specjalizujących się w produkcji żywności płynnej w celu uniknięcia słabej aktywności osadu i pogorszenia jakości ścieków, które mogą być spowodowane wahaniami obciążenia przez. Oprócz skuteczności oczyszczania, technologia ta pozwala również na oszczędność energii i zmniejszenie ilości nadmiaru osadów ściekowych.

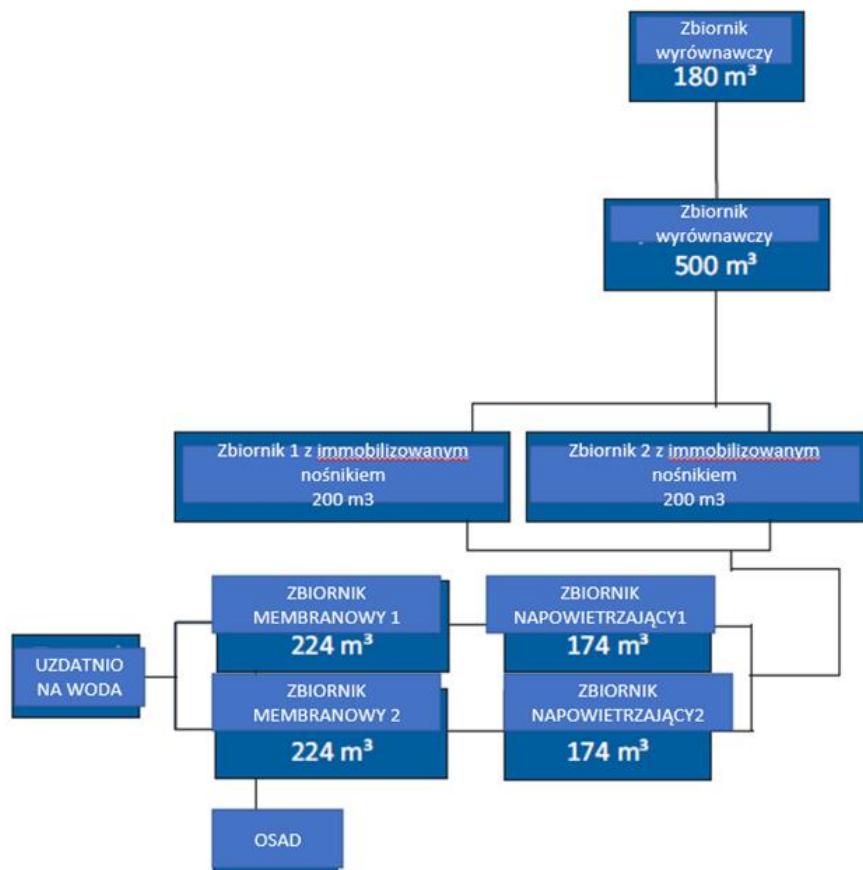


Zbiornik membranowy

Rodzaj, objętość i skład surowych ścieków

- Surowe ścieki: głównie wody czyszczące
- (Ścieki z gospodarstw domowych są odprowadzane do kanalizacji publicznej)
- Średni przepływ: 800 m³ /dobę

Parametry	Stężenie (mg/L)
BZT	359
SS	216



Jakość oczyszczanej wody

Parametry	Stężenie (mg/L)
BZT	<1
SS	0
n-Heksan	<1
TN	30.2
TP	7.33

Charakterystyka techniczna technologii

- Zaprojektowana ilość ścieków: 1.600 m³ /dobę
- Zbiornik membranowy z membranami do mikrofiltracji
- Całkowita powierzchnia membrany: 4 640 m²
- MLSS: 3,000 mg/L

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- W porównaniu do stosowanego wcześniej systemu osadu czynnego, bioreaktor membranowy pozwala na redukcję:
 - 25% niższy rachunek za energię elektryczną
 - 50% mniej objętości nadmiaru osadów ściekowych

- Jeśli ścieki zawierają tłuszcze, zaleca się instalację wstępnego oczyszczania, takiego jak flotacja, aby uniknąć zatykania się membran.

Opinie na temat tej technologii (zdobyte doświadczenia, rozwiązane problemy)

- Bioreaktor membranowy jest oczyszczalnią ścieków, która jest łatwiejsza do kontroli niż konwencjonalny kanał z osadem czynnym. Co więcej, przyczynia się do oszczędności energii i redukcji odpadów.

Dane ekonomiczne

- Koszt instalacji (membrany, zbiorniki membranowe i zbiorniki napowietrzające): ¥300 mln USD (2 690 000 US)
- Koszty bieżące (głównie prąd i konserwacja): ¥25/m³ ścieków (0.22 USD/m³). Koszt ten osiągnął ¥50/m³ ścieków (\$0.45 US/m³) przy poprzednim oczyszczaniu. W związku z tym przy instalacji tego systemu został on podzielony przez 2
- Stopa zwrotu z inwestycji: około 5%

BADANIE PRZYPADKU 10

BIOREAKTOR MEMBRANOWY DO ŚCIEKÓW Z ZAKŁADU MLECZARSKIEGO

Ze względu na swoją rozbudowę, japoński zakład mleczarski produkujący śmietanę, mleko i chude mleko w proszku postanowił zmienić sposób oczyszczania ścieków. Aby utrzymać dobrą jakość ścieków, zastąpiła ona swój system sedymentacyjny membranowym systemem filtracyjnym umieszczonym tuż za dwoma lagunami służącymi do rozkładu materii organicznej.



Laguny do napowietrzania

Rodzaj, objętość i skład surowych ścieków

- Surowe ścieki: głównie wody czyszczące
- (Ścieki z gospodarstw domowych są odprowadzane do kanalizacji publicznej)
- Średni przepływ: 1 450 m³ /dobę

Parametry	Stężenie (mg/L)
ChZT	≈ 1,000
BZT	850



Nowy zbiornik membranowy

Jakość oczyszczonej wody

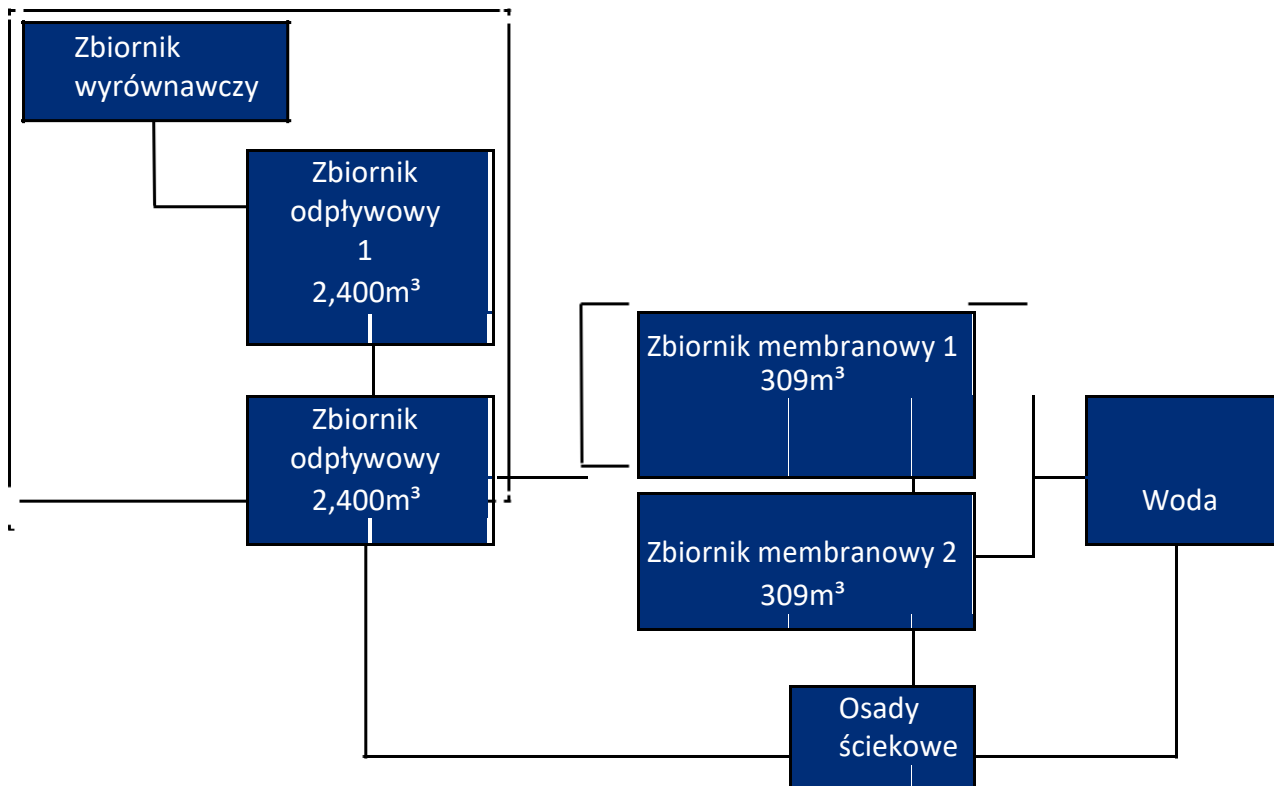
Parametry	Stężenie (mg/L)
ChZT	6.8

Charakterystyka techniczna technologii

- Zaprojektowana ilość ścieków: 1500 m³ /dobę
- Zbiornik membranowy z membranami do mikrofiltracji
- Całkowita powierzchnia membrany: 4 640 m²
- MLSS: 7,000 mg/L

Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- Oczyszczalnia z bioreaktorem membranowym pomaga w działaniu i jest bardziej niezawodna. Ponadto kontrola osadu jest łatwiejsza niż w przypadku systemu opadowego (system stosowany do kontroli zdrowia osadu).
- Potrzeba kontroli wpływu MLSS na lepkość osadu, ponieważ wysokie stężenie może powodować zatykanie się membran. Tak więc, MLSS został zredukowany o 3 g/l (10 g/l do 7 g/l) w celu poprawy działania instalacji.



Korzyści z technologii / Środki ostrożności, których należy przestrzegać

- Oczyszczalnia z bioreaktorem membranowym pomaga w działaniu i jest bardziej niezawodna. Ponadto kontrola osadu jest łatwiejsza niż w przypadku systemu opadowego (system stosowany do kontroli zdrowia osadu).
- Potrzeba kontroli wpływu MLSS na lepkość osadu, ponieważ wysokie stężenie może powodować zatykanie się membran. Tak więc, MLSS został zredukowany o 3 g/l (10 g/l do 7 g/l) w celu poprawy działania instalacji.

Opinie na temat tej technologii (zdobyte doświadczenia, rozwiązane problemy)

- Dodanie bioreaktora membranowego do istniejącego systemu jest jednym z najłatwiejszych sposobów na zwiększenie ilości ścieków do oczyszczenia i poprawę jakości oczyszczonych ścieków.

Dane ekonomiczne

- Koszt instalacji (membrany i zbiorniki membranowe): ¥190 mln USD (1 700 000 USD)
- Koszty bieżące (głównie prąd i konserwacja): ¥25/m³ ścieków (0,22 USD/m³)

BADANIE PRZYPADKU 11

ULTRAFILTRACJA NA WYPŁYWIE Z ZAKŁADU W LAGUNIE (ZBIORNIKU ODPŁYWOWYM)

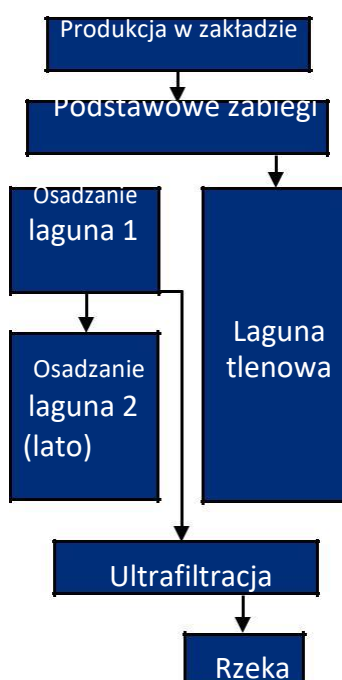
W celu zachowania zgodności z przepisami pewien francuski producent sera postanowił zainstalować urządzenia ultrafiltrujące na wylocie z zakładu w lagunie.



Rodzaj, objętość i skład surowych ścieków

- Ścieki dostające się do oczyszczalni to głównie 3 rodzaje:
 - wody białe (wody wytwarzane na początku i na końcu cyklu produkcyjnego),
 - wody myjące (wody zawierające roztwory kwaśne i alkaliczne) oraz
 - ścieki bytowe (wody z lokali użytkowanych - personel)
- Średni przepływ ścieków wynosi około 150m³/dzień.

Parametry (mg/L)	Wejście do laguny	Wejście do urządzenia Ultrafilt.
ChZT	2000	50 - 100
BZT5	1000	ND
TSS	700 - 800	+100
TKN	50	ND
Azot utleniony (NO ₂ - NO ₃)	20	ND
TP	10	ND



Jakość oczyszczonej wody

Parametry (mg/L)	Wyjście z ultrafiltracji	Normy odprowadzania
COD	20 - 30	50
BOD5	5	ND
TSS	<10	20
TKN	4	ND
Oxydised nitrogen (NO ₂ - NO ₃)	3	ND
TP	1 dzięki FeCl ₃	ND

Charakterystyka techniczna technologii

- W oczyszczalni zainstalowane są trzy urządzenia ultrafiltrujące.
- Jedno urządzenie ultrafiltracyjne składa się z kilku płyt, z których każda zawiera organiczną płaską membranę.

Korzyści/ ograniczenia	Środki ostrożności, których należy przestrzegać
Jakość odprowadzanej wody w odniesieniu do przepisów	Okazjonalne zatykanie się membran przez biofilmy. Powoduje to w konsekwencji większą częstotliwość czyszczenia (każde urządzenie jest czyszczone co 2 do 5 dni w czasie 2 godzin).
Mniejsze zapotrzebowanie na inwestycje w porównaniu z kosztem nowej oczyszczalni, aby osiągnąć te same cele	Koszt wymiany membran (wszystkie membrany z tej samej jednostki są wymieniane co 4 do 5 lat).

Dane ekonomiczne

Rodzaj kosztów	Suma (€) / Suma (\$US)
Całkowity koszt instalacji (budynek z trzema urządzeniami ultrafiltrującymi, pompami)	€ 700k / \$810k US
Koszt środków czyszczących do membran	€1k - 2k/r / \$1k - 2,5k US/r
Koszt wymiany membran	≈ € 25k/r / ≈ \$ 29k US/r

*Istnieje również koszt operacyjny, ponieważ monitorowanie tej oczyszczalni wymaga obecności jednej osoby w ciągu 2 godzin na dobę (nie licząc czasu do analizy).

5

WNIOSKI

Wszystkie istniejące i przyszłe technologie oczyszczania ścieków mleczarskich nie powinny pozwolić przetwórcom mleka zapomnieć, że najlepszym sposobem na rozwiązanie problemu zanieczyszczenia wody jest ograniczenie strat mleka i produktów ubocznych podczas przetwarzania. Rzeczywiście, ładunek organiczny ścieków powinien być również zmniejszony u źródła poprzez zapobieganie przedostawaniu się pozostałości produktów do strumienia ścieków. Głównym zaleceniem dotyczącym zapobiegania zanieczyszczeniu strumienia ścieków jest oddzielenie i wykorzystanie wody do płukania w pierwszej minucie, która stanowi 90% całkowitego ładunku organicznego.

Zidentyfikowano kilka innowacyjnych kombinacji technologii, a nowe badania nad zastosowaniem obróbki na skalę laboratoryjną, na skalę pilotażową lub przemysłową dostarczą rozwiązań dla przemysłu mleczarskiego i pomogą stawić czoła ogromnym wyzwaniom w tej dziedzinie, w tym koncepcji, zgodnie z którą ścieki mleczarskie nie są już ściekami, lecz zasobami wodnymi. W rzeczywistości, gdy stosowane są odpowiednie metody oczyszczania, ścieki te są źródłem wysokiej jakości wody, paszy, nawozów i/lub do wytwarzania energii.

6

REFERENCJE

- [1] JRC, European IPPC Bureau, (October 2018). Best Available Techniques (BAT) Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries - final draft. 796p.
- [2] KUSHWAHA, J.P., SRIVASTAVA, V.C., MALL, I.D., (2011). An Overview of Various Technologies for the Treatment of Dairy Wastewaters. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(5), 442-452
- [3] KOLEV SLAVOV, A., (2017). General Characteristics and Treatment Possibilities of Dairy Wastewater - A Review. *Food Technology and Biotechnology*, 55(1), 14-28
- [4] CASTILLO DE CAMPINS, S., (2005). Etude d'un procédé compact de traitement biologique aérobie d'effluents laitiers. Thèse en Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries : Microbiologie et Biocatalyse industrielles. Institut National des Sciences Appliquées, Toulouse, 198p.
- [5] KARTHIKEYAN, V., VENKATESH, K.R., ARUTCHELVAN, V., (2015). A Correlation Study on Physico-Chemical Characteristics of Dairy Wastewater. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 7(2), 89-92
- [6] BIRWAL, P., DESHMUK, G.P., SAURABH, S.P., (2017). Advanced Technologies for Dairy Effluent Treatment. *Journal of Food, Nutrition and Population Health*, 1(1), 5p.
- [7] DABROWSKI, W., (2011). Effectiveness of constructed wetlands for dairy wastewater treatment. *Ecological Chemistry and Engineering*, 18(2), 175-181
- [8] ZHANG, J.B., 2011. Procédé de traitement anaérobie des boues et de valorisation du biogaz. Thèse en Génie des Procédés et des Produits. Institut National Polytechnique de Lorraine, 221p.
- [9] MASSARA, T.M., KOMESLI, O.T., SOZUDOGRU, O., KOMESLI, S., KATSOU, E., (2017). A Mini Review of the Techno-environmental Sustainability of Biological Processes for the Treatment of High Organic Content Industrial Wastewater Streams. *Waste Biomass Valor*, 8, 1665-1678
- [10] FRAGA, F.A., GARCÍA, H.A., HOOIJMANS, C.M., MÍGUEZ, D., BRDJANOVIC, D., (2017). Evaluation of a membrane bioreactor on dairy wastewater treatment and reuse in Uruguay. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 119, 552-564

- [11] ANDRADE, L.H., MENDES, F.D.S., ESPINDOLA, J.C., AMARAL, M.C.S., (2014). Nanofiltration as tertiary treatment for the reuse of dairy wastewater treated by membrane bioreactor. *Separation and Purification Technology*, 126, 21-29
- [12] ERKAN, H.S., GUNALP, G., ENGIN, G.O., (2018). Application of submerged membrane bioreactor technology for the treatment of high strength dairy wastewater. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 35(1), 91-100
- [13] ANDRADE, L.H., MENDES, F.D.S., ESPINDOLA, J.C., AMARAL, M.C.S., (2015). Reuse of dairy wastewater treated by membrane bioreactor and nanofiltration: technical and economic feasibility. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 32(3), 735-747
- [14] SANGUANSRI, P., MUSTER, T., SELLAHEWA, J. (eds) (2014). *Water Treatment Pilot Plant Evaluation at a Dairy Manufacturing Site*. Australian Water Recycling Centre of Excellence, Brisbane, Australia. 61p.
- [15] BORTOLUZZI, A.C., FAITÃO, J.A., LUCCIO, M.D., DALLAGO, R.M., STEFFENS, J., ZABOT, G.L., TRES, M.V., (2017). Dairy wastewater treatment using integrated membrane systems. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5, 4 819-4827
- [16] ZIELINSKA, M., GALIK, M., (2017). Use of Ceramic Membranes in a Membrane Filtration Supported by Coagulation for the Treatment of Dairy Wastewater. *Water, Air & Soil Pollution*, 228(173)
- [17] SANT'ANNA, V., MARCZAK, L.D.F., & TESSARO, I.C. (2012). Membrane concentration of liquid foods by forward osmosis: process and quality view. *Journal of Food Engineering*, 111(3), 483-489
- [18] CATH, T.Y., CHILDRESS, A.E., ELIMELECH, M. (2006). Forward osmosis: principles, applications, and recent developments. *Journal of Membrane Science*, 281(1-2), 70-87
- [19] CHEKLI, L., PHUNTSHO, S., SHON, H.K., VIGNESWARAN, S., KANDASAMY, J., & CHANAN, A. (2012). A review of draw solutes in forward osmosis process and their use in modern applications. *Desalination and Water Treatment*, 43(1-3), 167-184
- [20] MCCUTCHEON, J.R., MCGINNIS, R.L., & ELIMELECH, M. (2005). A novel ammonia—carbon dioxide forward (direct) osmosis desalination process. *Desalination*, 174(1), 1-11
- [21] MCGINNIS, R.L., HANCOCK, N.T., NOWOSIELSKI-SLEPOWRON, M.S., & MCGURGAN, G.D. (2013). Pilot demonstration of the NH₃/CO₂ forward osmosis desalination process on high salinity brines. *Desalination*, 312, 67-74
- [22] CHEN, L., GU, Y., CAO, C., ZHANG, J., NG, J.W., & TANG, C. (2014). Performance of a submerged anaerobic membrane bioreactor with forward osmosis membrane for low strength wastewater treatment. *Water Research*, 50, 114-123
- [23] SAXENA, S., CHOUDHARY, M.P. (2017). Performance Evaluation of Dairy Wastewater Treatment Plant. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(11), 1287-1291

Międzynarodowa Federacja Mleczarska

INSTRUKCJE DLA AUTORÓW

Autorzy i współautorzy muszą podać swój pełny adres (w tym adres e-mail).

Konwencje dotyczące pisowni i redakcji

Składanie dokumentów

Przedłożenie manuskryptu (czy to w ramach programu prac PRI, czy też wydarzenia w ramach PRI) oznacza, że nie jest on jednocześnie rozpatrywany do publikacji w innym miejscu. Przedłożenie pracy wieloetapowej wymaga zgody wszystkich autorów.

Rodzaje wkładów

Monografie; odrębne rozdziały monografii; artykuły przeglądowe; prace techniczne i naukowe prezentowane na imprezach FRM; komunikaty; raporty na tematy związane z programem prac FRM.

Język

Wszystkie dokumenty powinny być napisane w języku angielskim.

Manuskrypty

- Pliki należy przysyłać drogą elektroniczną pocztą elektroniczną lub za pośrednictwem naszej strony FTP. Dane do logowania zostaną przesłane na żądanie.
- Dokument końcowy w programie Word 2003 lub 2007
- Wszystkie tabele/konfiguracje zawarte w dokumencie końcowym należy przesłać również w oddzielnych plikach Word, Excel lub PowerPoint, w formacie czarno-białym lub kolorowym.
- Wszystkie pliki, które mają być nazwane nazwiskiem autora plus tytuł papieru/stoły/figury.

Referencje

- Odniesienia w dokumencie, które mają być ponumerowane i umieszczone w nawiasach kwadratowych.
- Listy referencyjne na końcu dokumentu zawierają następujące informacje:
 - Nazwiska i inicjały wszystkich autorów;
 - Tytuł pracy (lub rozdział, jeśli publikacja jest książką);
 - Jeśli publikacja jest czasopismem, tytuł czasopisma (w skrócie zgodnie z "Przewodnikiem bibliograficznym dla Redakcja i Autorzy", wydana przez The American Chemical Society, Washington, DC), i numer głośności;
 - Jeśli publikacja jest książką, nazwiska wydawców, miasta lub miejscowości oraz nazwiska i inicjały redaktorów;
 - Jeśli publikacja jest pracą dyplomową, należy podać nazwę uniwersytetu i miasta lub miejscowości;
 - Numer strony lub liczba stron, oraz data.

Przykład: 1 Singh, H. & Creamer, L.K. Aggregation & dysocjacja kompleksów białek mleka w podgrzewanych odtworzonych mlekach chudych. *J. Food Sci.* 56:238-246 (1991).

Przykład: 2 Walstra, P. Rola białek w stabilizacji emulsji. W: G.O. Phillips, D.J. Wedlock & P.A. William (redaktorzy), *Gums & Stabilizatory w przemyśle spożywczym - 4*. IRL Press, Oxford (1988).

Streszczenia

Dla każdego artykułu/rozdziału, który ma być opublikowany, musi być dostarczone streszczenie nieprzekraczające 150 słów.

Adres

ZAŁĄCZNIK 1

USTALENIA IDF DOTYCZĄCE PISOWNI I REDAKCJI

W przypadku rodzimych użytkowników języka angielskiego respektowane są konwencje narodowe autora (brytyjskie, amerykańskie itp.) dotyczące pisowni, gramatyki itp., ale błędy będą poprawiane i wyjaśniane tam, gdzie może dojść do pomyłki, np. w przypadku jednostek o różnych wartościach (galon) lub słów o znacznie różnych znaczeniach (miliard).

“	Zazwyczaj podwójne cytaty, a nie pojedyncze cytaty
? !	Półprzestrzeń przed i po pytaniu znaki, i wykrzykniki
±	Półprzestrzeń przed i po
mikroorganizmy	Bez myślnika
W podczerwieni	Z myślnikiem
i tak dalej.	Nie podkreślono ani nie zaznaczono kursywą
np., to znaczy,...	Napisane po angielsku - na przykład, to znaczy
litr	Nie litr, chyba że autor jest Amerykaninem
ml, mg,...	Przestrzeń między liczbą i ml, mg,...
skimmilk	Jedno słowo, jeśli przymiotnik, dwa słowa, jeśli Istotny
siarkowy, siarczynowy, siarczanowy	Nie siarkowy, siarczynowy, siarczanowy (zgodnie z ustaleniami IUPAC)

Konwencje IDF dotyczące pisowni i edycji powinny być obserwowane. Patrz załącznik 1.

AOAC INTERNATIONAL Nie AOACI

Program	Nie programować, chyba że a) autor jest Amerykaninem lub b) program komputerowy
mleko i przetwory mleczne, a nie "mleko i przetwory mleczne".	- Normalnie można dopuścić pewną szerokość geograficzną w tekstach nienaukowych
-wielkość, -izacja	Nie -ise, -isation z kilkoma wyjątkami
Przecinek dziesiętny	w normach (tylko) w obu językach (zgodnie z ustaleniami ISO)
Brak odstępu pomiędzy wartością liczbową a % - tj. 6 %, itd.	
Tłuszcz mleczny	Jedno słowo
USA, WIELKA BRYTANIA, GB	Nie ma przystanków
Rysunek	Do wypisania w całości
1000-9000	Nie ma przecinka Nie przecinek, tylko przestrzeń.
10 000, itd.	
Godziny:	∅ h
drugi	∅ s
litr	∅ l
Holandia	
W przypadku gdy tekst dotyczy dwóch lub więcej autorów, oba nazwiska podane są w jednym wierszu, a następnie ich przynależność, jako przypisy na przykład A.A. Uthar ¹ & B. Prof ² 1 Uniwersytet im. ² Duńska Rada Mleczarska	

IDF nie określa organizacji międzynarodowych



INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION / FEDERATION INTERNATIONALE DU LAIT
Boulevard Auguste Reyers, 70/B - 1030 Bruksela (Belgia) - <http://www.fil-idf.org>