

Spis treści

Wykaz ważniejszych skrótów i symboli	5
1. Wprowadzenie	7
2. Cel, zakres i teza pracy	9
3. Odnawialne źródła energii w świetle gospodarki o obiegu zamkniętym	11
3.1. Gospodarka o obiegu zamkniętym a biogazownie	11
3.2. Koncepcja biogazowni opartej na odpadach komunalnych	16
3.2.1. Proces fermentacji metanowej w biogazowni komunalnej	18
3.2.2. Czynniki decydujące o przebiegu procesu fermentacji metanowej	20
4. Masa pofermentacyjna – właściwości i oddziaływanie na środowisko	23
4.1. Charakterystyka substancji pofermentacyjnej	23
4.2. Oddziaływanie masy pofermentacyjnej na środowisko przyrodnicze	28
5. Status prawny masy pofermentacyjnej	31
6. Metody zagospodarowania masy pofermentacyjnej	39
6.1. Możliwości wykorzystania masy pofermentacyjnej	39
6.2. Separacja masy pofermentacyjnej	40
6.2.1. Wykorzystanie frakcji stałej pofermentu	43
6.3. Metody oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu	43
6.3.1. Procesy membranowe w oczyszczaniu cieczy pofermentacyjnej	47
7. Metodyka badań	55
7.1. Roztwór badawczy	55
7.2. Reagenty	57
7.2.1. Reagenty stosowane w procesie koagulacji/chemicznego strącania	57
7.2.2. Reagenty stosowane w procesie wytrącania struwitu	57
7.2.3. Membrany	58
7.2.4. Pozostałe materiały	60

7.3. Instalacje laboratoryjne oraz sposób prowadzenia badań	61
7.3.1. Koagulacja/chemiczne strącanie	61
7.3.2. Wytrącanie struwitu	62
7.3.3. Ciśnieniowa filtracja membranowa	64
7.3.4. Wymuszona osmoza	66
7.3.5. Zintegrowany proces membranowy	67
7.4. Przygotowanie materiałów	70
7.4.1. Membrany polimerowe	70
7.4.2. Membrany ceramiczne	70
7.5. Metody badawcze	71
7.5.1. Metody analityczne	71
7.5.2. Oznaczenie rozkładu wielkości cząstek	73
7.5.3. Pomiar potencjału ζ	74
7.5.4. Pomiar kąta zwilżania membran	74
7.5.5. Pomiar średniej wielkości porów membran ceramicznych	75
7.6. Parametry służące do oceny wyników badań	76
7.6.1. Współczynnik zmniejszania (usunięcia/retencji) zanieczyszczeń	76
7.6.2. Strumień permeatu	77
7.6.3. Opór membran	77
7.6.4. Ciśnienie osmotyczne	78
8. Wyniki badań i ich analiza	79
8.1. Podczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu	79
8.1.1. Podczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu w procesie filtracji	79
8.1.2. Podczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu w procesie sedymentacji	80
8.1.3. Podczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu w procesie koagulacji/chemicznego strącania	81
8.1.4. Podczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu przez wytrącanie struwitu	90
8.2. Oczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu z biogazowni odpadów komunalnych w ciśnieniowych procesach membranowych	99
8.2.1. Właściwości membran polimerowych i ceramicznych	99
8.2.2. Oczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu z użyciem płaskich membran polimerowych	105
8.2.3. Oczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu z użyciem płaskich membran ceramicznych	108

8.2.4. Porównanie właściwości separacyjnych i transportowych membran organicznych i nieorganicznych w procesie filtracji membranowej	115
8.3. Oczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu w zintegrowanych procesach membranowych	116
8.3.1. Sekwencyjne oczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu z wykorzystaniem płaskich membran polimerowych	117
8.3.2. Skuteczność oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu w procesie zintegrowanym: sedymentacja/filtracja/koagulacja/sedymentacja/filtracja membranowa przy użyciu membran polimerowych	122
8.3.3. Skuteczność oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu w procesie zintegrowanym: sedymentacja/filtracja/koagulacja/sedymentacja/filtracja membranowa przy użyciu membran ceramicznych	128
8.3.4. Porównanie właściwości separacyjnych i transportowych membran organicznych i nieorganicznych w procesie zintegrowanym: sedymentacja/filtracja/koagulacja/sedymentacja/filtracja membranowa	131
8.3.5. Skuteczność oczyszczania ciekłej frakcji pofermentu w procesie zintegrowanym: wytrącanie struwitu/filtracja przy użyciu membran ceramicznych	132
8.3.6. Oczyszczanie ciekłej frakcji pofermentu w procesie zintegrowanym: wytrącanie struwitu/wymuszona osmoza	138
9. Podsumowanie	147
10. Wnioski końcowe	151
Bibliografia	153
Abstract	175