

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	7
1. POWSTAWANIE I CHARAKTERYSTYKA OSADÓW ŚCIEKOWYCH	9
1.1. Pochodzenie osadów ściekowych	9
1.2. Rodzaje i ilości osadów ściekowych	10
1.2.1. Sposoby obliczania ilości osadów ściekowych	11
1.2.1.1. Obliczanie ilości osadów ściekowych wg ATV	11
1.2.1.2. Obliczanie ilości osadów ściekowych wg US EPA	13
1.3. Charakterystyka osadów ściekowych	16
1.3.1. Właściwości osadów	16
1.3.1.1. Fizyczne cechy osadów	18
1.3.1.2. Reologiczne cechy osadów	20
1.3.1.3. Skład chemiczny osadów	26
1.3.1.4. Sanitarne cechy osadów	27
1.3.1.5. Technologiczne cechy osadów	31
Literatura	32
2. BADANIE WŁAŚCIWOŚCI OSADÓW	34
2.1. Badanie właściwości fizycznych osadów	38
2.2. Analiza składu chemicznego osadów	42
2.3. Badanie właściwości reologicznych osadów	53
2.4. Mikrobiologiczne badania osadów	54
2.5. Badanie charakterystyki technologicznej osadów	56
Literatura	58
3. OPERACJE JEDNOSTKOWE PRZYGOTOWUJĄCE OSADY DO ICH DALSZEJ PRZERÓBKİ	59
3.1. Zagęszczanie osadów ściekowych	59
3.1.1. Zagęszczanie grawitacyjne	59
3.1.2. Zagęszczanie na urządzeniach mechanicznych	65
3.1.3. Zagęszczanie flotacyjne	71
3.1.4. Efektywność procesu zagęszczania	73
3.2. Kondycjonowanie osadów ściekowych	73
3.2.1. Metody chemiczne	74
3.2.1.1. Koagulacja konwencjonalna	74

3.2.1.2. Koagulacja polimeryczna	79
3.2.2. Metody fizyczne	84
3.2.2.1. Metody mechaniczne	84
3.2.2.2. Metody termiczne	87
3.2.2.3. Metody wykorzystujące działanie pola ultradźwiękowego i pola magnetycznego	87
3.2.2.4. Inne fizyczne metody kondycjonowania	88
Literatura	89
4. STABILIZACJA OSADÓW ŚCIEKOWYCH	90
4.1. Podstawy procesu stabilizacji beztlenowej	90
4.1.1. Rozkład związków organicznych	93
4.1.2. Mikroorganizmy środowiska beztlenowego	94
4.1.3. Chemizm fermentacji	94
4.1.4. Czynniki wpływające na przebieg procesu fermentacji	95
4.1.4.1. Mieszanie	96
4.1.4.2. Odczyn pH	96
4.1.4.3. Temperatura procesu	96
4.1.4.4. Zawartość substancji toksycznych	98
4.1.4.5. Ilość i częstotliwość doprowadzania osadów ściekowych	99
4.1.4.6. Ciecz nadosadowa	100
4.1.5. Parametry charakteryzujące przebieg fermentacji	100
4.1.6. Kinetyka procesu fermentacji	102
4.2. Podstawy procesu stabilizacji	103
4.2.1. Stabilizacja tlenowa biologiczna	103
4.2.2. Stabilizacja chemiczna	105
4.2.3. Hydroliza termiczna	105
4.3. Urządzenia do procesów stabilizacji	110
4.3.1. Komory fermentacyjne	110
4.3.1.1. Osadniki gnilne	111
4.3.1.2. Osadniki Imhoffa	111
4.3.1.3. Wydzielone otwarte komory fermentacyjne (WKFo)	113
4.3.1.4. Wydzielone zamknięte komory fermentacyjne (WKFz)	115
4.3.2. Komory stabilizacji tlenowej	119
4.3.3. Projektowanie urządzeń do stabilizacji	122
4.3.3.1. Projektowanie osadników gnilnych	122
4.3.3.2. Projektowanie komór fermentacyjnych w osadnikach Imhoffa	124
4.3.3.3. Projektowanie wydzielonych otwartych komór fermentacyjnych	125
4.3.3.4. Projektowanie wydzielonych zamkniętych komór fermentacyjnych	126
4.3.3.5. Projektowanie komór stabilizacji tlenowej	128
4.3.4. Rodzaje przykryć wydzielonych komór fermentacyjnych	129
4.3.5. Sposoby odprowadzania cieczy osadowych	133
4.3.6. Urządzenia stosowane do mieszania zawartości komór	135
4.3.6.1. Mieszanie osadu za pomocą pomp zewnętrznych	135
4.3.6.2. Mieszanie hydrauliczne	138

4.3.6.3. Mieszanie za pomocą sprężonego gazu	138
4.3.6.4. Mieszanie mechaniczne	138
4.3.7. Urządzenia stosowane do podgrzewania osadów ściekowych	150
4.3.7.1. Wewnętrzne wymienniki ciepła	150
4.3.7.2. Zewnętrzne wymienniki ciepła	153
4.3.8. Powstawanie i wykorzystanie biogazu	155
4.3.8.1. Wytwarzanie biogazu w oczyszczalniach ścieków	155
4.3.8.2. Skład i ilość biogazu	155
4.3.8.3. Oczyszczanie biogazu	157
4.3.8.4. Magazynowanie biogazu	166
4.3.8.5. Wykorzystanie biogazu	172
Literatura	180
5. ODWADNIANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH	182
5.1. Teoria filtracji	183
5.2. Naturalne metody odwadniania	202
5.3. Mechaniczne odwadnianie osadów	204
5.3.1. Wirówki	204
5.3.2. Prasy	211
5.3.2.1. Prasy filtracyjne (ramowe, komorowe, membranowe)	211
5.3.2.2. Prasy filtracyjno-taśmowe	215
5.3.3. Inne urządzenia do mechanicznego odwadniania	220
5.3.3.1. Urządzenia bez zastosowania ciśnienia	220
5.3.3.2. Urządzenia z zastosowaniem ciśnienia	222
Literatura	224
6. SUSZENIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH	226
6.1. Urządzenia mechaniczne	232
6.1.1. Suszarki fluidalne	232
6.1.2. Suszarki taśmowe	234
6.1.3. Suszarki bębnowe	236
6.1.4. Suszarki tarczowe	236
6.1.5. Suszarki kaskadowe	238
6.1.6. Suszarki cienkowarstwowe	239
6.2. Suszenie słoneczne	240
6.2.1. Parametry suszenia w instalacjach słonecznych	241
6.2.1.1. Promieniowanie słoneczne	241
6.2.1.2. Temperatura powietrza	243
6.2.1.3. Wilgotność względna powietrza	243
6.2.2. Technologie suszenia osadów w suszarniach słonecznych	244
6.2.2.1. Technologia słonecznego suszenia Thermo-System	245
6.2.2.2. Suszarnie słoneczne typu Kult® SRT	250
6.2.2.3. Technologia suszenia osadów z wykorzystaniem przewracarki WendeWolf	254
6.2.2.4. Technologia suszenia Solia®	256
6.2.3. Porównanie rozwiązań konstrukcyjnych i możliwości technicznych przewracarek osadów	256

6.2.4. Przykłady suszarni słonecznych w Polsce	261
6.2.5. Koszty eksploatacyjne, zalety	265
6.3. Przykładowa koncepcja instalacji do suszenia osadów pochodzących z oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych wraz z ich zagospodarowaniem	266
6.3.1. Opis rozpatrywanych instalacji do suszenia osadów ściekowych	270
6.3.2. Wybór suszarni osadów optymalnej dla warunków oczyszczalni ścieków	278
6.3.3. Porównanie kosztów eksploatacyjnych poszczególnych instalacji do suszenia osadów	289
6.3.4. Zbiorcze porównanie nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych analizowanych instalacji	290
6.3.5. Wnioski	291
Literatura	291
7. WAPNOWANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH	293
7.1. Rozwiązania techniczne wapnowania osadów ściekowych	295
7.2. Wykorzystanie mieszkanki osadowo-wapiennej	299
Literatura	301
8. UNIESZKODLIWIANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH	302
8.1. Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych	302
8.2. Możliwości kompostowania osadów ściekowych	311
8.3. Procesy termiczne w unieszkodliwianiu osadów ściekowych	319
8.3.1. Spalanie	321
8.3.2. Piroliza	322
8.3.3. Zgazowanie	324
8.3.4. Quasi-piroliza	325
8.3.5. Witryfikacja	325
8.3.6. Produkty termicznego przekształcania odpadów	326
8.3.6.1. Produkty spalania	326
8.3.6.2. Produkty pirolizy	329
8.3.6.3. Produkty zgazowania	330
8.3.6.4. Produkty witryfikacji	330
8.3.7. Instalacje wykorzystywane w termicznej przeróbce odpadów	331
8.3.7.1. Instalacje z paleniskiem rusztowym	331
8.3.7.2. Piece obrotowe	335
8.3.7.3. Instalacje fluidalne	339
8.3.7.4. Instalacje umożliwiające zeszkliwanie	343
8.4. Inne metody wykorzystania osadów ściekowych	347
8.4.1. Wykorzystanie osadów do produkcji cegieł	347
8.4.2. Przerabianie i wykorzystywanie tłuszczów z osadów ściekowych	347
8.4.3. Produkcja mas plastycznych z osadu czynnego	348
8.5. Składowanie osadów ściekowych	349
Literatura	349