

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์ คำย่อ และอักษรย่อที่ใช้	(11)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	56
สถานที่ทำการวิจัย	56
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	56
วิธีการวิจัย	57
ผลการทดลองและวิจารณ์	66
สรุปผลการทดลอง	87
ข้อเสนอแนะ	88
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	89
ภาคผนวก	93
ภาคผนวก ก รายละเอียดของโรงบำบัดน้ำเสียรวม กรุงเทพมหานคร ระยะที่ 4	94
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์	101

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อจุดประสงค์การลดมลสารต่างๆ ในระบบเอสบีอาร์	13
2	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในช่วงการทำงานต่างๆ	22
3	ค่าอายุตะกอนในช่วงการทำงานต่างๆ	23
4	รูปแบบของการทำงาน CASS™ จำนวน 4 บ่อ	44
5	เวลาในการทำงานแต่ละรอบของระบบ SBR แบบ CASS™	45
6	ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ CASS™	53
7	ขนาดของถังปฏิกรณ์แบบ CASS™	54
8	ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเดินระบบแบบ CASS™	55
9	การเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ในช่วง 15 วันแรกของการเริ่มเดินระบบ	62
10	การเก็บตัวอย่างทำการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ หลังจาก 15 เป็นต้นไป	63
11	แสดงแผนการปฏิบัติงาน	65
12	การเริ่มเดินระบบเอสบีอาร์ในแต่ละชั้น	71
13	เวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบบำบัด	73
14	ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในแต่ละเดือน	77
15	คุณภาพน้ำเข้าระบบและออกจากระบบของแต่ละเดือน	78
16	ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย	81
ตารางผนวกที่		
ข1	ปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัดในแต่ละเดือน	102
ข2	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน พฤษภาคม 2548	105
ข3	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน มิถุนายน 2548	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข4	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน กรกฎาคม 2548	107
ข5	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน สิงหาคม 2548	109
ข6	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน กันยายน 2548	110
ข7	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน กันยายน 2548	111
ข8	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน พฤศจิกายน 2548	113
ข9	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน ธันวาคม 2548	114
ข10	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน มกราคม 2549	116
ข11	แสดงปริมาณตะกอนในบ่อ SBR เดือน กุมภาพันธ์ 2549	118
ข12	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน เมษายน 2548	119
ข13	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน เมษายน 2548	120
ข14	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน พฤษภาคม 2548	121
ข15	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน พฤษภาคม 2548	122
ข16	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน มิถุนายน 2548	123
ข17	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน มิถุนายน 2548	124
ข18	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน กรกฎาคม 2548	125
ข19	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน กรกฎาคม 2548	126
ข20	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน สิงหาคม 2548	127
ข21	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน สิงหาคม 2548	128
ข22	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน กันยายน 2548	129
ข23	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน กันยายน 2548	130
ข24	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน ตุลาคม 2548	131
ข25	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน ตุลาคม 2548	132
ข26	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน พฤศจิกายน 2548	133
ข27	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน พฤศจิกายน 2548	134
ข28	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน ธันวาคม 2548	135
ข29	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน ธันวาคม 2548	136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข30	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน มกราคม 2549	137
ข31	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน มกราคม 2549	138
ข32	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน กุมภาพันธ์ 2549	139
ข33	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เดือน กุมภาพันธ์ 2549	140

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	5
2	ขั้นตอนการทำงานของระบบเอสบีอาร์ ในแต่ละวัฏจักร	11
3	แสดงถึงสถานะในถังปฏิกริยาในช่วงการเติมน้ำเสียแบบเอสบีอาร์	14
4	ระบบรวบรวมน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร ระยะที่ 4	28
5	ระบบระบายน้ำฝนที่ก่อนเข้าระบบ SBR	29
6	แผนผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียรวมระ กทม. ระยะที่ 4	30
7	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ CASS™ โรงบำบัดน้ำเสียยานนาวา	34
8	การวางบ่อซ้อนกันของ โรงบำบัดน้ำเสียยานนาวา	34
9	รูปแบบของ CASS™ SBR	35
10	CASS™ SBR แบบถังกลม	35
11	บ่อ CASS™ SBR แบบวางเรียงกัน 4 บ่อ	36
12	บ่อ CASS™ SBR แบบวางเรียงกัน 8 บ่อ	36
13	CASS™ SBR ในประเทศจีน	37
14	CASS™ SBR ในประเทศ อเมริกา	37
15	แบบของการทำงานของระบบ SBR แบบ CASS™	39
16	ลำดับการทำงานของ ระบบ SBR แบบ CASS™	40
17	กระบวนการทำงานใน 1 รอบของระบบ SBR แบบ CASS™	40
18	ช่วงการเติมน้ำและจ่ายอากาศ	41
19	ช่วงการเติมน้ำและตกตะกอน	42
20	ช่วงการรินน้ำออก	43
21	ช่วงการดึงตะกอนออก	44
22	รูปแบบ Vari-skim™ Decanter	46
23	น้ำล้นข้ามเวียร์ของ Decanter	46
24	Operator Interface Screen	47
25	SCADA Monitoring System	47
26	Typical Fine Bubble Membrane	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	Typical PD Blower Package	49
28	การแบ่งเป็นโซนต่าง ๆ ในบ่อ SBR	49
29	ขั้นตอนทำการวิจัย	59
30	ผังการทำงานระบบบำบัดน้ำเสีย กทม. ระยะที่ 4	64
31	อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ	66
32	แสดงค่า BOD ของน้ำเสียเข้าระบบ	67
33	ค่า MLSS ในช่วงการเริ่มเดินระบบ	72
34	MLSS ช่วงเดือน เมษายน 2548 – เดือน กุมภาพันธ์ 2549	74
35	FM Ratio แต่ละบ่อ	76
36	ความเข้มข้นของไนเตรตก่อนเข้าระบบ SBR	79
37	ความเข้มข้นของสารไนเตรตจากระบบ SBR	80
38	ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย	82
39	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณอัตราการไหลของน้ำเสียเข้า	83
40	Lionoyus Fasciola กลุ่ม Free Swimming	84
41	Epistylis SP. กลุ่ม Stalked Cillates ตกตะกอนได้ดี	84
42	กลุ่มจุกชีพพวก Rotifera	85
43	ลักษณะการจมตัวของตะกอนจุลินทรีย์	85
ภาพผนวกที่		
ก1	แบบแปลนโรงบำบัดน้ำเสีย กทม. ระยะที่ 4 บำบัดน้ำเสีย	95
ก2	อาคารบำบัดเสียแบบ SBR โรงควบคุมคุณภาพน้ำ กทม.ระยะที่ 4 (จัดจักร)	96
ก3	อาคารบำบัดตะกอนชั้นบนและบำบัดน้ำเสียชั้นต้นอยู่ชั้นล่าง	96
ก4	เครื่องอัดอากาศติดตั้งในตู้เก็บ	97
ก5	หัวกระจายอากาศ (Air Diffuser) ติดตั้งที่พื้นบ่อ Zone 2 และ Zone 3	97
ก6	อุปกรณ์รินน้ำออก Decanter	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก7 เครื่องสูบน้ำตะกอนหมุนเวียน	98
ก8 การยก ชุดรีนน้ำขึ้นมาสูงสุดในช่วงเต็มอากาศ	99
ก9 การเติมอากาศบ่อ 1 และบ่อ 3 เกิดขึ้นพร้อมกัน	99
ก10 การปล่อยน้ำหลังการบำบัดคลงคลองบางซื่อ	100
ก11 การนำที่ปล่อยออกช่วยเพิ่มออกซิเจนในคลองบางซื่อ	100
ข1 แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนเมษายน 2548	141
ข2 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า-ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนเมษายน 2548	141
ข3 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า-ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนเมษายน 2548	142
ข4 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า-ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนเมษายน 2548	142
ข5 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า-ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนเมษายน 2548	143
ข6 ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, NH ₃ -N, SS, TN และ TP เดือนเมษายน	143
ข7 ปริมาณ MLVSS ในบ่อเติมอากาศ เดือนเมษายน 2548	144
ข8 แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนพฤษภาคม 2548	144
ข9 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า-ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนพฤษภาคม 2548	145
ข10 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า-ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนพฤษภาคม 2548	145
ข11 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า-ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนพฤษภาคม 2548	146
ข12 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า-ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนพฤษภาคม 2548	146
ข13 ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, NH ₃ -N, SS, TN และ TP เดือนพฤษภาคม 2548	147
ข14 ปริมาณ MLVSS ในบ่อเติมอากาศ เดือนพฤษภาคม 2548	147
ข15 แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนมิถุนายน 2548	148
ข16 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนมิถุนายน 2548	148
ข17 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนมิถุนายน 2548	149
ข18 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนมิถุนายน 2548	149
ข19 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนมิถุนายน 2548	150

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข20	ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, NH ₃ -N, SS, TN และ TP เดือนมิถุนายน 2548	150
ข21	ปริมาณ MLVSS ในบ่อเติมอากาศ เดือนมิถุนายน 2548	151
ข22	แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนกรกฎาคม 2548	151
ข23	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนกรกฎาคม 2548	152
ข24	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนกรกฎาคม 2548	152
ข25	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนกรกฎาคม 2548	153
ข26	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนกรกฎาคม 2548	153
ข27	ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, NH ₃ -N, SS, TN และ TP เดือนกรกฎาคม 2548	154
ข28	ปริมาณ MLVSS ในบ่อเติมอากาศ เดือนกรกฎาคม 2548	154
ข29	แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนสิงหาคม 2548	155
ข30	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนสิงหาคม 2548	155
ข31	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนสิงหาคม 2548	156
ข32	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนสิงหาคม 2548	156
ข33	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนสิงหาคม 2548	157
ข34	ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, NH ₃ -N, SS, TN และ TP เดือนสิงหาคม 2548	157
ข35	แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนกันยายน 2548	158
ข36	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนกันยายน 2548	158
ข37	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนกันยายน 2548	159
ข38	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนกันยายน 2548	159
ข39	ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, COD, NH ₃ -N, TN และ TP เดือนกันยายน 2548	160
ข40	แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนตุลาคม 2548	160
ข41	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนตุลาคม 2548	161
ข42	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนตุลาคม 2548	161
ข43	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนตุลาคม 2548	162

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข44 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนตุลาคม 2548	162
ข45 ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, COD, NH ₃ -N, TN และ TP เดือนตุลาคม 2548	163
ข46 ปริมาณ MLVSS ในบ่อเติมอากาศ เดือนตุลาคม 2548	163
ข47 แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนพฤศจิกายน 2548	164
ข48 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนพฤศจิกายน 2548	164
ข49 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนพฤศจิกายน 2548	165
ข50 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนพฤศจิกายน 2548	165
ข51 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนพฤศจิกายน 2548	166
ข52 ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, COD, NH ₃ -N, TN และ TP เดือนพฤศจิกายน 2548	166
ข53 ปริมาณ MLVSS ในบ่อเติมอากาศ เดือนพฤศจิกายน 2548	167
ข54 แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนธันวาคม 2548	167
ข55 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนธันวาคม 2548	168
ข56 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนธันวาคม 2548	168
ข57 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนธันวาคม 2548	169
ข58 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนธันวาคม 2548	169
ข59 ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, COD, NH ₃ -N, TN และ TP เดือนธันวาคม 2548	170
ข60 ปริมาณ MLVSS ในบ่อเติมอากาศ เดือนธันวาคม 2548	170
ข61 ปริมาณ SVI ในบ่อเติมอากาศ เดือนธันวาคม 2548	171
ข62 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนมกราคม 2549	171
ข63 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนมกราคม 2549	172
ข64 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนมกราคม 2549	172
ข65 ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนมกราคม 2549	173

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า	
ข66	ประสิทธิภาพการบำบัด SS, BOD, COD, NH ₃ -N, TN และ TP เดือนมกราคม 2549	173
ข67	ปริมาณ MLVSS ในบ่อเติมอากาศ เดือนมกราคม 2549	174
ข68	แสดงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ เดือนกุมภาพันธ์ 2549	174
ข69	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ BOD เดือนกุมภาพันธ์ 2549	175
ข70	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ SS เดือนกุมภาพันธ์ 2549	175
ข71	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TN เดือนกุมภาพันธ์ 2549	176
ข72	ความสกปรกของน้ำเสียเข้า - ออก ระบบ ในรูปของ TP เดือนกุมภาพันธ์ 2549	176
ข73	รูปร่างของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ	177
ข74	ชนิดของจุลินทรีย์ต่าง ๆ	177

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้

A	=	ระยะเวลาเติมอากาศ (hr)
An	=	Anaerobic
A/M	=	อัตราส่วนการเติมอากาศต่อการกวนโดยเติมอากาศ (hr/hr)
ADWF	=	Average dry weather flow (m ³ /d)
AS	=	Activated sludge process
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand (mg/l)
COD	=	Chemical Oxygen Demand (mg/l)
CASS	=	Cyclic Activated Sludge System
CASS TM	=	เครื่องหมายการค้าของระบบคาสส์
DO	=	ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l)
	=	Dissolved oxygen
d	=	Day
eff.	=	Effluent
F	=	ระยะเวลาเติมน้ำเสีย (hr)
F/M	=	Food to microorganism ratio (kg BOD/kg MLSS-d)
F/R	=	Fill/React (hr)
HRT, θ	=	เวลากักน้ำ (hr)
	=	Hydraulic retention time
hr	=	Hour
Inf.	=	Influent
k	=	อัตราการใช้อาหารสูงสุด
	=	Maximum rate of substrate utilization
k _d	=	สัมประสิทธิ์การตายของจุลินทรีย์
	=	Endogenous decay coefficient (d ⁻¹)
kg	=	Kilogram
Ks	=	Half velocity constant (Monod model)
l	=	Litre
l/d	=	Litre/day

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ (ต่อ)

mg/l	=	Milligram/Litre
MLSS	=	Mixed Liquor Suspended Solids
MLVSS	=	Mixed Liquor Volatile Suspended Solids
N	=	Nitrification
NH ₃ -N	=	Ammonia (mg/l)
NO ₂ -N	=	Nitrite (mg/l)
NO ₃ -N	=	Nitrate (mg/l)
Q	=	อัตราการไหลของน้ำเสีย (m ³ /day)
PH	=	ความเป็นกรด - ด่าง
SBR	=	Sequencing Batch Reactor
SBBR	=	Sequencing batch biofilm reactor
SS	=	Suspended Solids (mg/l)
TKN	=	Total Kjeldahl Nitrogen (mg/l)
V	=	ปริมาตรน้ำในถัง SBR
U	=	Specific substrate utilization rete (kg BOD / kg MLVSS-d)
Y	=	Growth yield coefficient (kg MLVSS / kg BOD)
μ	=	Specific growth rate (d ⁻¹)
μ _{max}	=	Maximum specific growth rate (d ⁻¹)