

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

4.1 การดำเนินการทดลอง

ในการเริ่มต้นทำการทดลอง ได้ทำการเลี้ยงจุลินทรีย์ให้คุ้นกับน้ำเสียโดยวิธีเลี้ยงแบบทีละเท (Batch) โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ (Seed) จากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ภายหลังจากการทดลองเลี้ยงแบบทีละเทเป็นเวลา 2-3 สัปดาห์แล้วสามารถวัดค่า MLSS ได้ประมาณ 2,000 มก./ล. จึงนำมาเริ่มต้นทดลองเลี้ยงแบบต่อเนื่องใน Model ที่ได้เตรียมไว้

ตัวแปรอิสระในการทดลอง ได้แก่ ค่าอายุตะกอน (Sludge Retention Time : θ_c) ซึ่งได้ทำการแปรค่าอายุตะกอน 4 ค่า ดังนี้

การทดลองชุดที่ 1	ค่าอายุตะกอน	=	6	วัน
การทดลองชุดที่ 2	ค่าอายุตะกอน	=	16	วัน
การทดลองชุดที่ 3	ค่าอายุตะกอน	=	3	วัน
การทดลองชุดที่ 4	ค่าอายุตะกอน	=	10	วัน

ในช่วงแรกของการทดลองแบบต่อเนื่อง จะมีแผนผังการทำงานของระบบเหมือนกับที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 เพียงแต่จะไม่มี การเติมน้ำเสียเข้าสู่ถังแอนน็อกซิก 2 ซึ่งหลังจากทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นเวลาประมาณ 1 เดือน การกำจัดฟอสฟอรัสของระบบก็ยังไม่ ได้ผล ซึ่งในช่วงนั้นผู้วิจัยเข้าใจว่าน่าจะเป็นเพราะในน้ำเสียสังเคราะห์จะมีปริมาณของสารอาหาร ที่เป็น SCVFA ไม่เพียงพอ จึงได้ทำการเพิ่มค่าซีไอดีจากกรดอะซิติก เป็น 200 มก./ล. (เดิมเท่ากับ 150 มก./ล.) หลังจากทดลองเลี้ยงได้ประมาณ 10 วัน ก็เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง (Sludge Bulking) ขึ้นในการทดลองชุดที่ 1 ($\theta_c = 6$ วัน) และในการทดลองชุดที่ 2 ($\theta_c = 16$ วัน) ก็มีแนวโน้มในการตกตะกอนที่แยลงเรื่อยๆ อันเนื่องมาจากปริมาณกรดอะซิติกที่มากเกินไป

ทำให้เกิดเป็นพิษ (Toxicity) ต่อจุลินทรีย์ในระบบ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Randall และ Chapin (1994) ที่ได้สรุปผลจากการทดลองว่า การเติมกรดอะซีติกมากเกินไปในน้ำเสียจะทำให้เป็นพิษ (Toxicity) ต่อจุลินทรีย์ในระบบ โดยผลการทดลองพบว่า การเติมกรดอะซีติกลงไป ในน้ำเสียดิบ (Raw Sewage) มากกว่า 200 มก./ล. จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ในระบบ ทำให้การกำจัดฟอสฟอรัสในระบบล้มเหลวได้

ภายหลังจากระบบล้มเหลวแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการเปลี่ยนแปลงเชื้อจุลินทรีย์ (Seed) และ เริ่มต้นทำการทดลองเลี้ยงแบบต่อเนื่องใหม่ โดยวัดค่า MLSS เริ่มต้นได้ประมาณ 3,000 มก./ล. โดยในคราวนี้ได้ทำการเปลี่ยนสูตรน้ำเสียกลับมาเหมือนเดิม (ดังแสดงในบทที่ 3) และยังเพิ่ม การเติมน้ำเสียเข้าสู่ถังแอนน็อกซิก 2 สำหรับใช้เป็นแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนในการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เพื่อกำจัดไนเตรทซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุให้การกำจัดฟอสฟอรัสไม่ได้ผล

จากผลการทดลองในครั้งหลังนี้มีแนวโน้มในการกำจัดฟอสฟอรัสที่ดีขึ้น และไม่เกิด ปัญหาตะกอนจมไม่ลงอีก จึงได้ทำการทดลองต่อเนื่องจนเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady Steady) โดยการทดลองชุดที่ 1 ($\theta_c = 6$ วัน) และการทดลองชุดที่ 2 ($\theta_c = 16$ วัน) ได้ทำการทดลองเป็นเวลา 44 วัน พบว่า ระบบสามารถเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ในวันที่ 30 และ 33 ตามลำดับ ส่วนการทดลองในชุดที่ 3 ($\theta_c = 3$ วัน) และชุดที่ 4 ($\theta_c = 10$ วัน) ได้ทำการทดลองต่อเนื่องจากชุดที่ 1 และ 2 เป็นเวลา 30 วัน พบว่าระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ในวันที่ 17 และ 21 ตามลำดับ

ในรูปที่ 4.1 ถึง 4.4 จะเป็นกราฟแสดงผลของการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองทั้ง 4 ชุด และในตารางที่ 4.1 และ 4.2 จะแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองทั้ง 4 ชุด ทั้งในช่วงการทดลองทั้งหมดและในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) ส่วนรูปที่ 4.5 จะแสดงถึงการสมดุลมวลของระบบ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบระบบ

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงการทดลองทั้งหมดของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	อายุตะกอน	น้ำเสียเข้า		ถึง Stabilization		ถึง Anoxic 2		ถึง Anaerobic		ถึง Anoxic 1		ถึง Contact		น้ำเสียออก	
		ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.
pH	3 วัน	6.10	0.10	7.21	0.09	7.04	0.09	6.82	0.10	7.35	0.10	7.59	0.12	7.81	0.14
	6 วัน	6.12	0.12	7.34	0.30	7.21	0.30	6.93	0.22	7.32	0.22	7.54	0.21	7.78	0.14
	10 วัน	6.10	0.10	7.23	0.13	7.07	0.12	6.84	0.09	7.27	0.08	7.50	0.10	7.74	0.16
	16 วัน	6.12	0.12	7.42	0.19	7.16	0.15	6.90	0.12	7.23	0.12	7.49	0.13	7.80	0.14
DO (มก./ล.)	3 วัน	-	-	3.17	0.49	0.05	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	5.00	0.34	1.17	0.22
	6 วัน	-	-	3.50	0.48	0.03	0.01	0.03	0.01	0.04	0.02	4.74	0.46	1.09	0.25
	10 วัน	-	-	2.97	0.35	0.05	0.01	0.04	0.01	0.05	0.01	4.82	0.36	1.28	0.29
	16 วัน	-	-	3.09	0.65	0.04	0.01	0.03	0.01	0.04	0.01	4.77	0.38	1.54	0.22
ORP (มิลลิโวลท์)	3 วัน	-	-	-6	11	-195	15	-301	16	-195	13	-4	8	2	6
	6 วัน	-	-	12	15	-186	27	-284	13	-205	37	3	11	15	9
	10 วัน	-	-	29	-11	-193	17	-294	11	-191	16	10	5	13	5
	16 วัน	-	-	25	11	-150	25	-282	14	-190	32	11	14	20	16
Temp (°C)	3 วัน	27.36	0.34	28.57	0.32	28.57	0.30	28.56	0.31	28.54	0.29	28.53	0.28	27.46	0.27
	6 วัน	26.64	0.59	28.17	0.65	28.17	0.62	28.16	0.61	28.19	0.62	28.15	0.67	26.76	0.64
	10 วัน	27.36	0.34	28.54	0.32	28.54	0.32	28.60	0.30	28.54	0.31	28.54	0.26	27.44	0.17
	16 วัน	26.64	0.59	28.15	0.61	28.17	0.63	28.14	0.62	28.19	0.62	28.16	0.64	26.77	0.61
Alkalinity (มก./ล.)	3 วัน	193	4	252	7	258	7	284	9	270	7	264	6	258	10
	6 วัน	193	4	246	15	270	12	294	13	281	11	265	13	264	15
	10 วัน	193	4	240	7	254	6	284	7	271	7	261	8	260	9
	16 วัน	193	4	232	10	252	9	283	6	268	7	254	12	249	12

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงการทดลองทั้งหมดของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	อายุตะกอน	น้ำเสียเข้า		ถึง Stabilization		ถึง Anoxic 2		ถึง Anaerobic		ถึง Anoxic 1		ถึง Contact		น้ำเสียออก	
		ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.
COD (มก./ล.)	3 วัน	599	17	25	4	24	5	60	21	30	6	29	7	31	7
	6 วัน	600	20	25	6	28	5	52	10	33	8	29	10	34	4
	10 วัน	599	17	15	5	18	4	29	3	19	5	20	4	20	5
	16 วัน	600	20	20	4	24	4	44	21	27	9	23	6	20	4
NH ₃ -N (มก./ล.)	3 วัน	28.44	0.61	5.20	1.10	6.16	1.90	11.35	0.49	8.67	0.94	8.18	1.08	7.91	1.26
	6 วัน	28.78	1.16	2.80	0.81	4.77	0.76	10.42	1.26	6.82	1.12	5.64	1.39	5.11	1.72
	10 วัน	29.00	0.61	1.24	0.44	3.13	0.37	9.70	0.34	5.34	0.30	4.51	0.30	4.45	0.36
	16 วัน	28.78	1.16	0.85	0.32	2.32	0.41	9.58	0.50	4.67	0.59	2.62	0.69	2.64	0.61
TKN (มก./ล.)	3 วัน	29.76	0.80	5.79	1.09	6.79	1.07	11.86	0.51	9.30	1.02	8.79	1.10	8.57	1.27
	6 วัน	29.44	1.10	3.21	0.72	5.50	0.71	11.14	1.24	7.55	1.05	6.06	1.29	5.53	1.61
	10 วัน	29.80	0.80	1.71	0.33	3.59	0.37	10.19	0.45	6.07	0.44	5.14	0.33	5.08	0.48
	16 วัน	29.44	1.10	1.08	0.42	2.87	0.44	10.14	0.50	5.23	0.59	3.23	0.74	3.24	0.65
NO ₂ -N (มก./ล.)	3 วัน	-	-	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.04	0.17	0.05
	6 วัน	-	-	0.10	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.07	0.21	0.07
	10 วัน	-	-	0.35	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.06	0.25	0.06
	16 วัน	-	-	0.11	0.13	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	0.17	0.15	0.20	0.14
NO ₃ -N (มก./ล.)	3 วัน	0.33	0.20	0.18	0.08	0.12	0.06	0.26	0.08	0.11	0.04	0.18	0.05	0.21	0.04
	6 วัน	0.32	0.11	0.54	0.64	0.36	0.54	0.15	0.09	0.13	0.16	0.42	0.53	0.51	0.67
	10 วัน	0.33	0.20	1.04	0.48	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.38	0.10	0.44	0.11
	16 วัน	0.32	0.11	2.63	0.77	0.28	0.53	0.06	0.09	0.12	0.18	1.24	0.81	1.23	0.66

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงการทดลองทั้งหมดของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	อายุตะกอน	น้ำเสียเข้า		ถึง Stabilization		ถึง Anoxic 2		ถึง Anaerobic		ถึง Anoxic 1		ถึง Contact		น้ำเสียออก	
		ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.
TP (มก./ล.)	3 วัน	9.97	0.34	2.79	0.69	8.44	1.02	16.53	2.72	9.16	1.03	4.59	1.46	4.15	1.44
	6 วัน	10.18	0.82	3.05	2.01	11.20	2.84	16.46	4.34	11.05	2.16	4.56	1.88	4.23	2.68
	10 วัน	9.97	0.34	1.31	0.38	9.37	0.56	20.76	0.36	10.23	0.46	3.26	0.56	2.38	0.35
	16 วัน	10.18	0.82	3.20	1.51	9.07	2.83	16.26	4.66	10.57	2.04	5.96	1.95	5.13	2.35
MLSS (มก./ล.)	3 วัน	-	-	3,034	653	2,281	603	1,443	352	1,476	379	1,474	378	23	5
	6 วัน	-	-	4,412	532	3,723	342	2,240	344	2,345	303	2,405	304	23	8
	10 วัน	-	-	6,004	389	5,023	444	2,890	253	3,142	207	3,383	276	16	4
	16 วัน	-	-	6,176	522	5,388	453	2,874	247	3,315	328	3,363	339	18	4
MLVSS (มก./ล.)	3 วัน	-	-	2,569	546	1,899	499	1,322	321	1,279	343	1,264	323	-	-
	6 วัน	-	-	3,711	378	3,147	259	1,987	255	1,997	236	2,006	238	-	-
	10 วัน	-	-	5,072	336	4,247	379	2,654	227	2,706	197	2,912	233	-	-
	16 วัน	-	-	5,283	441	4,614	420	2,705	249	2,921	266	2,959	278	-	-
SV ₃₀ (มล.)	3 วัน	-	-	570	132	551	101	374	62	376	72	302	73	-	-
	6 วัน	-	-	575	119	549	113	367	49	379	55	358	47	-	-
	10 วัน	-	-	655	85	552	69	328	39	291	27	302	30	-	-
	16 วัน	-	-	572	100	419	73	237	42	244	43	242	46	-	-
SVI (มล./ก.)	3 วัน	-	-	187	9	246	18	264	20	258	18	205	9	-	-
	6 วัน	-	-	135	381	151	41	169	40	165	38	152	33	-	-
	10 วัน	-	-	110	21	113	22	115	17	93	13	90	13	-	-
	16 วัน	-	-	94	25	79	20	84	21	75	21	74	22	-	-

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

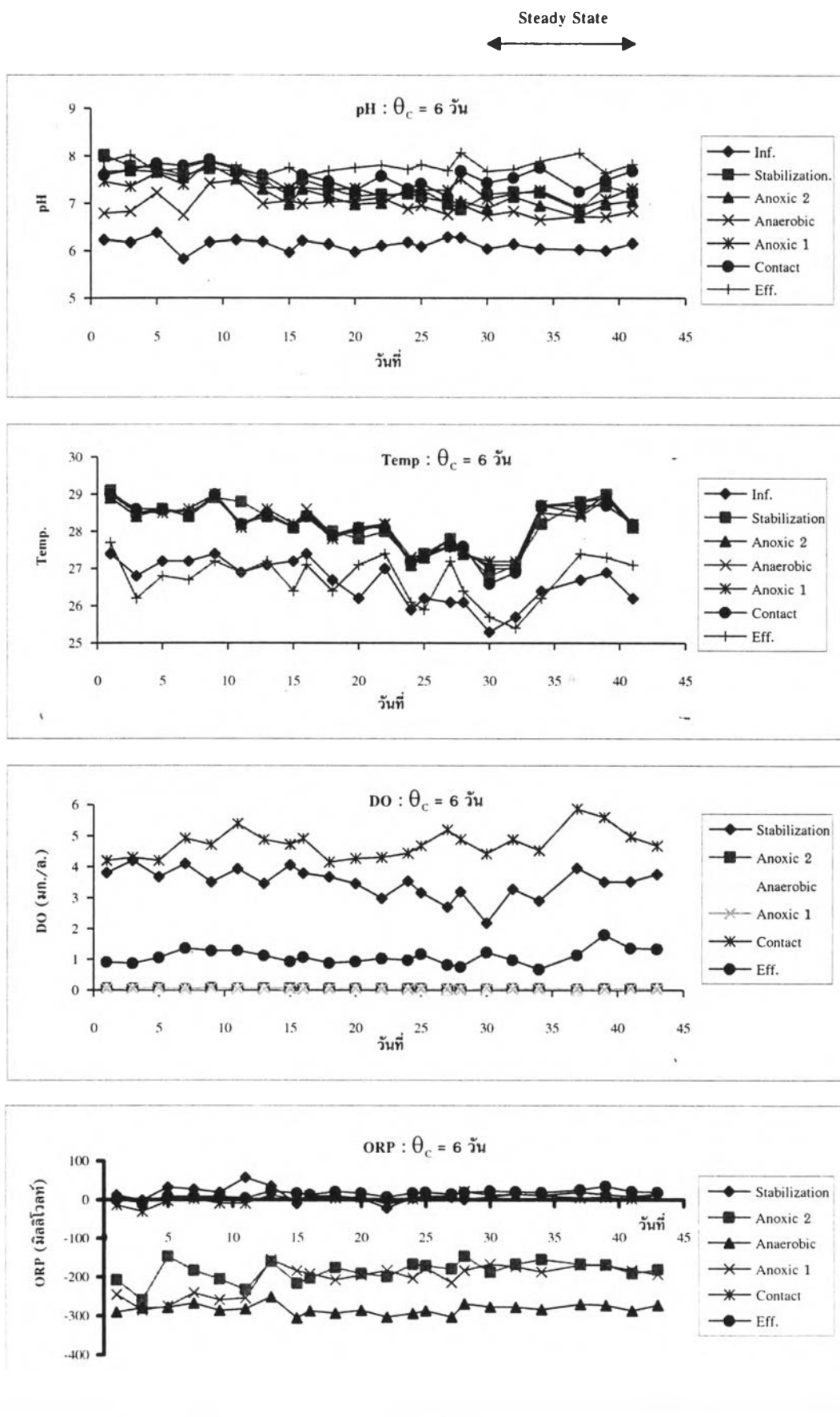
พารามิเตอร์	อายุตะกอน	น้ำเสียเข้า		ถึง Stabilization		ถึง Anoxic 2		ถึง Anaerobic		ถึง Anoxic 1		ถึง Contact		น้ำเสียออก	
		ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.
pH	3 วัน	6.10	0.12	7.23	0.10	7.04	0.10	6.84	0.13	7.36	0.11	7.56	0.11	7.75	0.14
	6 วัน	6.07	0.06	7.18	0.16	6.97	0.15	6.82	0.07	7.14	0.14	7.51	0.17	7.81	0.15
	10 วัน	6.14	0.12	7.19	0.11	7.07	0.12	6.91	0.09	7.24	0.10	7.54	0.12	7.80	0.15
	16 วัน	6.07	0.06	7.33	0.07	7.06	0.06	6.85	0.09	7.13	0.14	7.50	0.15	7.81	0.14
DO (มก./ล.)	3 วัน	-	-	3.02	0.52	0.04	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	4.99	0.33	1.24	0.22
	6 วัน	-	-	3.31	0.60	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	4.99	0.55	1.22	0.35
	10 วัน	-	-	2.98	0.12	0.05	0.01	0.04	0.01	0.05	0.01	4.82	0.36	1.37	0.24
	16 วัน	-	-	3.00	0.64	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	4.92	0.57	1.71	0.12
ORP (มิลลิโวลท์)	3 วัน	-	-	-14	6	-198	12	-306	13	-195	15	-8	7	-2	6
	6 วัน	-	-	12	4	-175	13	-278	6	-179	10	9	4	23	5
	10 วัน	-	-	22	7	-204	14	-295	9	-200	10	9	4	13	5
	16 วัน	-	-	32	8	-171	12	-276	5	-177	8	16	3	32	6
Temp (°C)	3 วัน	27.56	0.34	28.53	0.42	28.53	0.38	28.51	0.38	28.50	0.37	28.51	0.37	27.47	0.22
	6 วัน	26.27	0.59	28.14	0.89	28.13	0.82	28.23	0.81	28.26	0.77	28.11	0.97	26.69	0.91
	10 วัน	27.54	0.34	28.48	0.42	28.52	0.41	28.50	0.38	28.50	0.40	28.48	0.35	27.46	0.14
	16 วัน	26.43	0.59	28.20	0.86	28.18	0.84	28.22	0.81	28.17	0.77	28.27	0.87	26.90	0.83
Alkalinity (มก./ล.)	3 วัน	194	4	255	16	261	17	277	9	268	14	264	16	263	8
	6 วัน	151	2	256	17	271	15	290	14	284	11	274	10	272	13
	10 วัน	195	4	244	14	257	13	282	13	270	6	260	11	258	6
	16 วัน	192	3	238	16	252	10	283	7	268	9	263	14	255	11

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

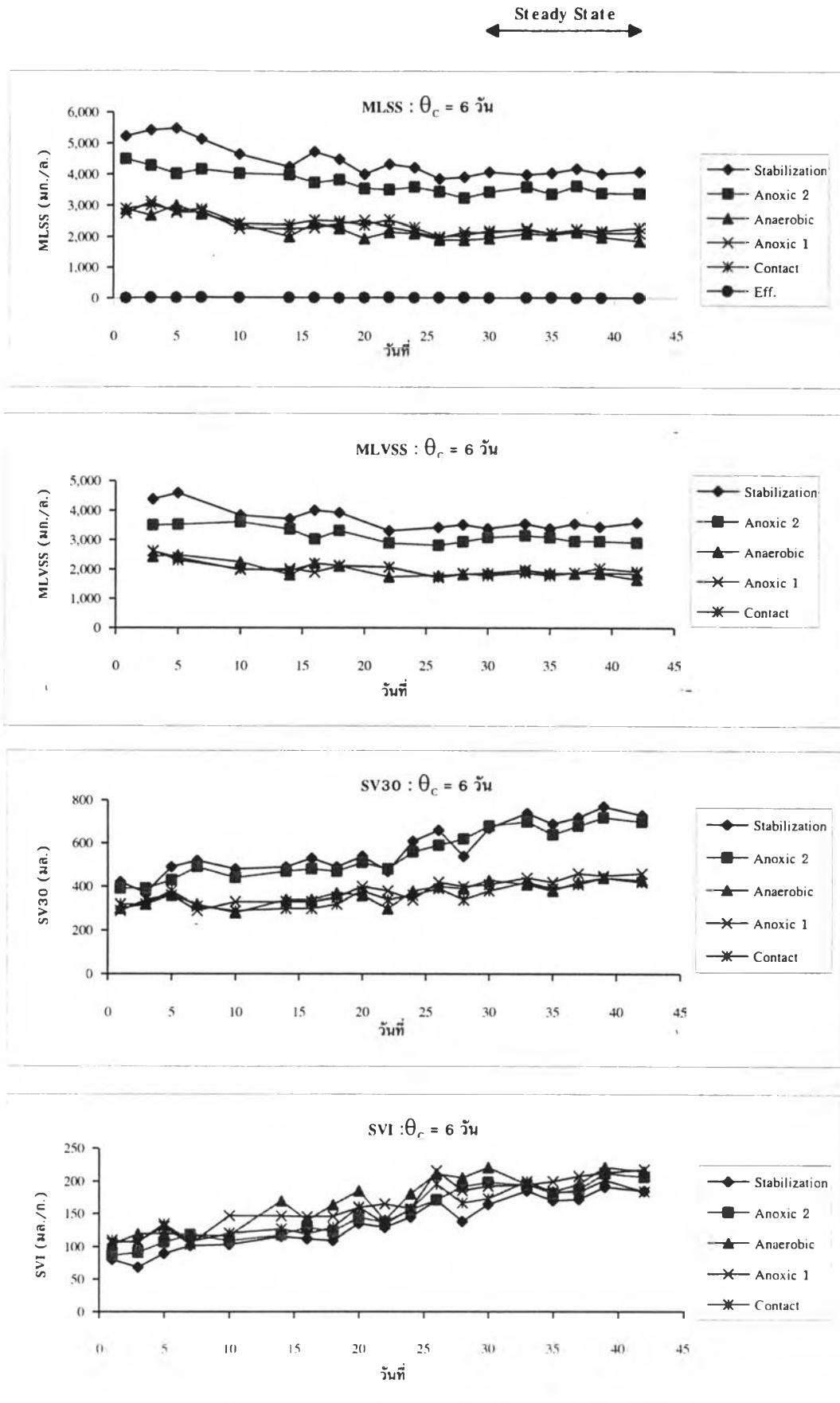
พารามิเตอร์	ลาตุตะกลอน	น้ำเสียเข้า		ถึง Stabilization		ถึง Anoxic 2		ถึง Anaerobic		ถึง Anoxic 1		ถึง Contact		น้ำเสียออก	
		ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.
COD (มก./ล.)	3 วัน	598	44	26	4	24	5	76	15	34	4	34	4	34	6
	6 วัน	602	56	26	3	30	4	56	6	35	5	32	5	32	5
	10 วัน	597	44	10	2	18	5	30	2	19	5	20	4	18	5
	16 วัน	602	57	17	5	22	4	28	4	21	6	22	8	18	2
NH ₃ -N (มก./ล.)	3 วัน	29.12	0.56	6.12	0.42	7.00	0.55	11.44	0.46	9.32	0.39	9.05	0.42	9.00	0.38
	6 วัน	29.20	0.75	3.48	0.42	5.28	0.61	10.84	1.29	7.56	1.04	6.80	0.70	6.72	0.93
	10 วัน	28.98	0.67	1.59	0.29	3.43	0.27	10.01	0.35	5.60	0.23	4.63	0.16	4.53	0.25
	16 วัน	29.21	0.82	1.03	0.23	2.52	0.40	9.57	0.18	4.71	0.60	3.36	0.47	3.16	0.30
TKN (มก./ล.)	3 วัน	30.01	0.88	6.68	0.42	7.65	0.68	12.05	0.51	10.06	0.50	9.65	0.47	9.65	0.38
	6 วัน	29.84	0.66	3.76	0.42	5.84	0.61	11.40	1.29	8.12	1.04	7.08	0.70	7.00	0.93
	10 วัน	29.75	1.01	1.94	0.32	3.78	0.36	10.57	0.53	6.30	0.36	5.26	0.64	5.16	0.35
	16 วัน	29.87	0.72	1.17	0.33	3.03	0.41	10.13	0.48	5.27	0.60	3.97	0.51	3.72	0.30
NO ₂ -N (มก./ล.)	3 วัน	-	-	0.07	0.01	0	0	0	0	0	0	0.18	0.02	0.21	0.04
	6 วัน	-	-	0.12	0.06	0	0	0	0	0	0	0.14	0.06	0.19	0.09
	10 วัน	-	-	0.40	0.02	0	0	0	0	0	0	0.18	0.03	0.23	0.04
	16 วัน	-	-	0.24	0.13	0	0	0	0	0	0	0.23	0.10	0.27	0.08
NO ₃ -N (มก./ล.)	3 วัน	0.35	0.25	0.15	0.02	0.15	0.05	0.30	0.08	0.12	0.04	0.20	0.03	0.24	0.03
	6 วัน	0.32	0.13	0.07	0.05	0.04	0.03	0.20	0.10	0.03	0.04	0.07	0.04	0.06	0.06
	10 วัน	0.35	0.29	1.43	0.52	0.08	0.05	0.09	0.06	0.08	0.05	0.46	0.05	0.54	0.06
	16 วัน	0.40	0.10	1.85	0.42	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.43	0.05	0.44	0.10

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงสภาวะคงตัว (Steady State) ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	อายุตะกอน	น้ำเสียเข้า		ถึง Stabilization		ถึง Anoxic 2		ถึง Anaerobic		ถึง Anoxic 1		ถึง Contact		น้ำเสียออก	
		ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.	ค่าเฉลี่ย	SD.
TP (มก./ล.)	3 วัน	10.01	0.21	3.33	0.40	7.47	0.64	13.66	2.08	8.30	0.74	6.14	0.76	5.71	0.67
	6 วัน	10.37	0.67	1.26	0.80	13.02	1.60	20.00	0.78	12.44	1.05	2.78	1.02	1.40	0.66
	10 วัน	10.01	0.22	1.58	0.31	8.82	0.14	20.54	0.36	9.83	0.16	3.68	0.43	2.50	0.30
	16 วัน	10.34	0.73	1.49	0.63	12.56	1.94	21.27	0.42	12.69	1.28	3.59	1.00	2.16	0.42
MLSS (มก./ล.)	3 วัน	-	-	2,504	218	1,828	257	1,180	185	1,176	137	1,167	153	27	3
	6 วัน	-	-	4,042	281	3,494	30	2,040	170	2,154	166	2,185	166	25	5
	10 วัน	-	-	5,572	368	4,576	267	2,623	235	2,919	290	3,074	261	16	3
	16 วัน	-	-	6,716	385	5,912	317	3,219	259	3,653	273	3,745	254	19	5
MLVSS (มก./ล.)	3 วัน	-	-	2,126	200	1,518	239	1,082	170	1,011	145	1,006	147	-	-
	6 วัน	-	-	3,482	273	3,027	295	1,855	108	1,880	152	1,861	159	-	5
	10 วัน	-	-	4,713	320	3,862	188	2,419	223	2,503	289	2,662	251	-	-
	16 วัน	-	-	5,606	325	5,027	280	3,003	214	3,157	252	3,212	275	-	-
SV ₃₀ (มล.)	3 วัน	-	-	450	24	470	19	330	22	320	8	240	10	-	-
	6 วัน	-	-	720	36	690	27	420	21	440	21	410	22	-	-
	10 วัน	-	-	740	50	590	40	230	31	300	21	300	15	-	-
	16 วัน	-	-	450	22	330	19	180	11	190	8	190	15	-	-
SVI (มล./ก.)	3 วัน	-	-	181	4	257	5	278	7	268	6	208	9	-	-
	6 วัน	-	-	178	9	197	13	205	15	204	9	188	9	-	-
	10 วัน	-	-	134	10	131	4	127	7	104	6	10	5	-	-
	16 วัน	-	-	67	3	55	3	57	4	51	2	50	4	-	-

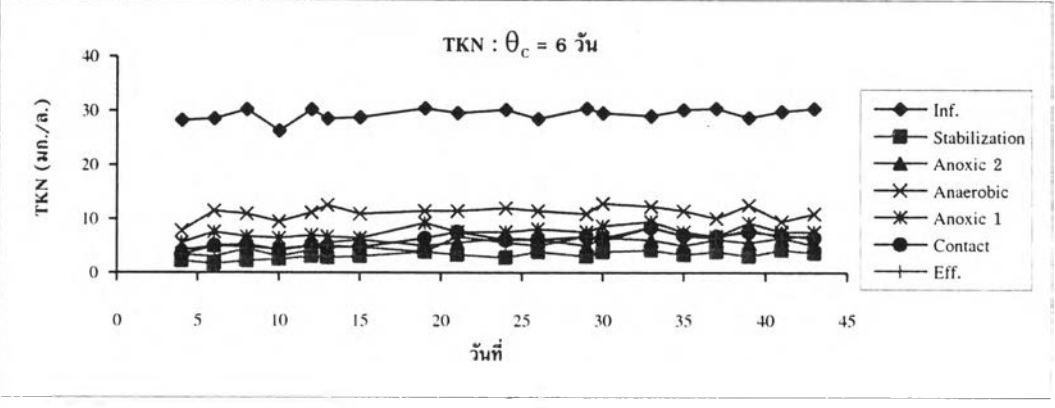
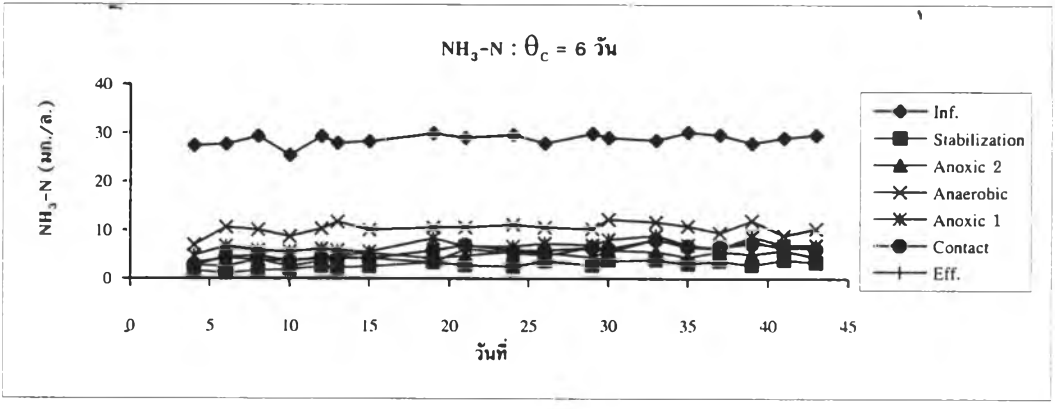
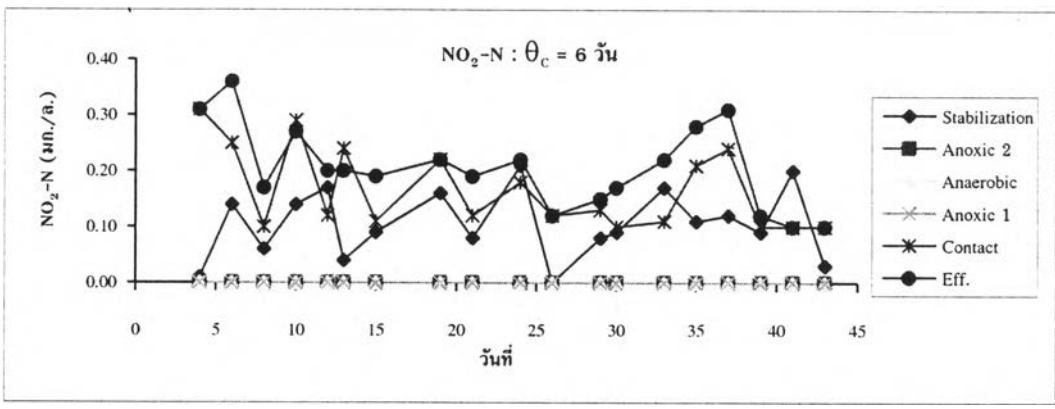
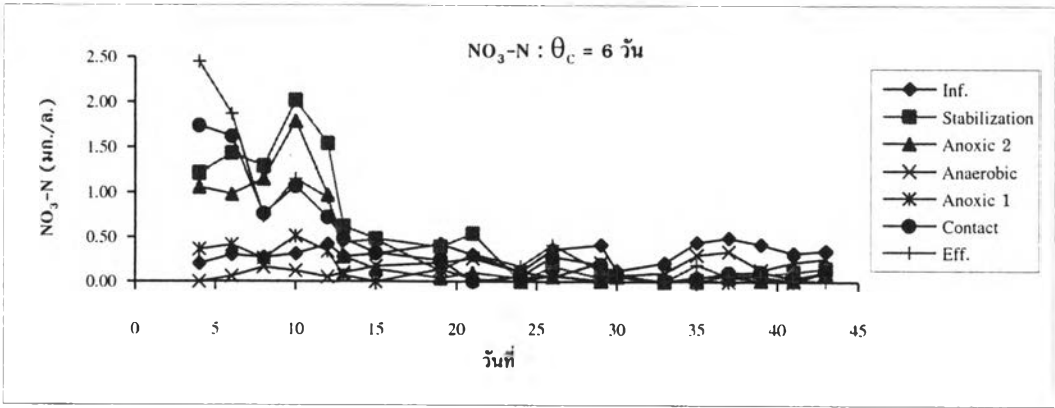


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 1 (อายุตะกอน = 6 วัน)

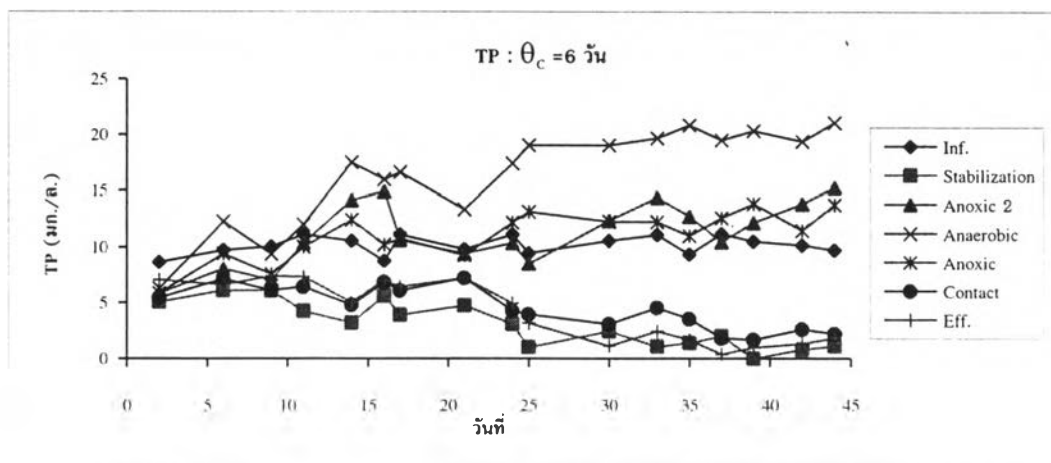
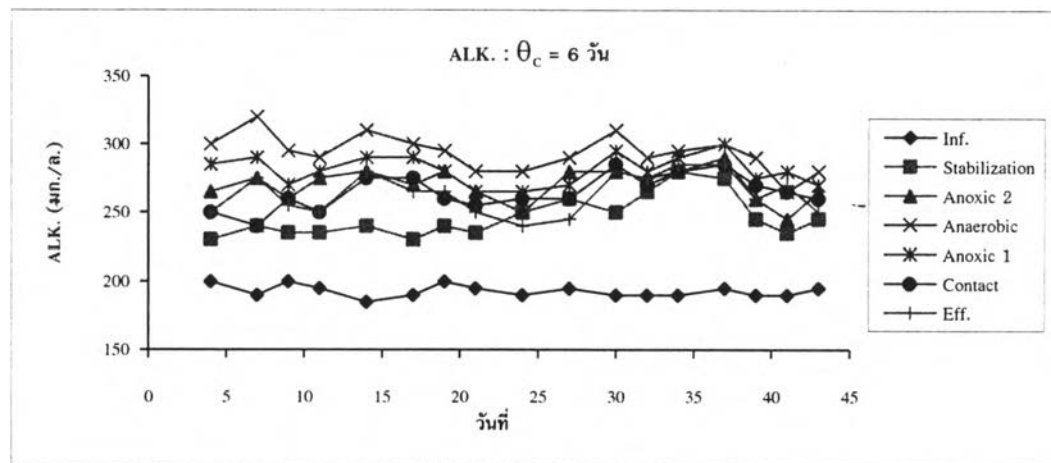
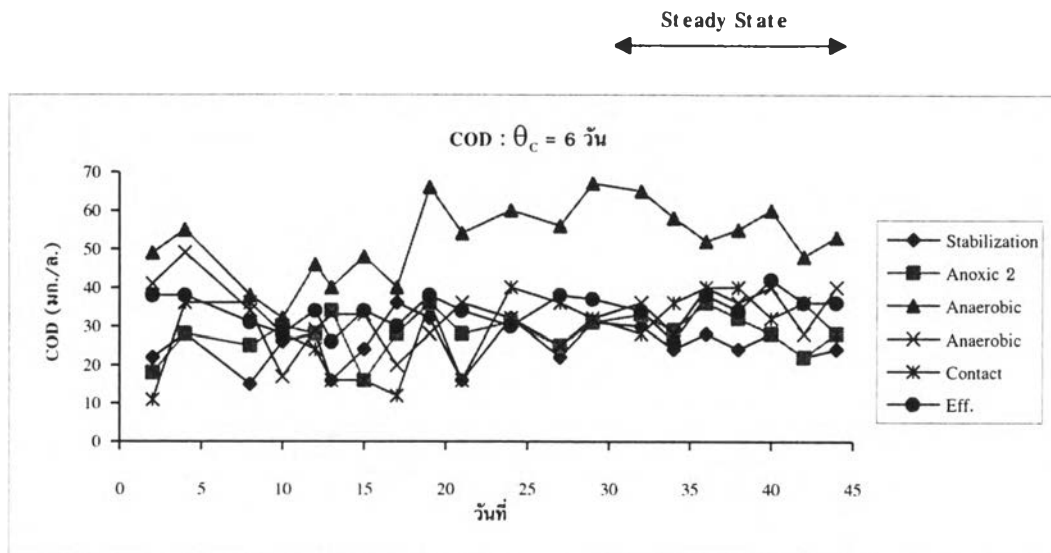


รูปที่ 4.1 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 1 (อายุตะกอน = 6 วัน)

Steady State

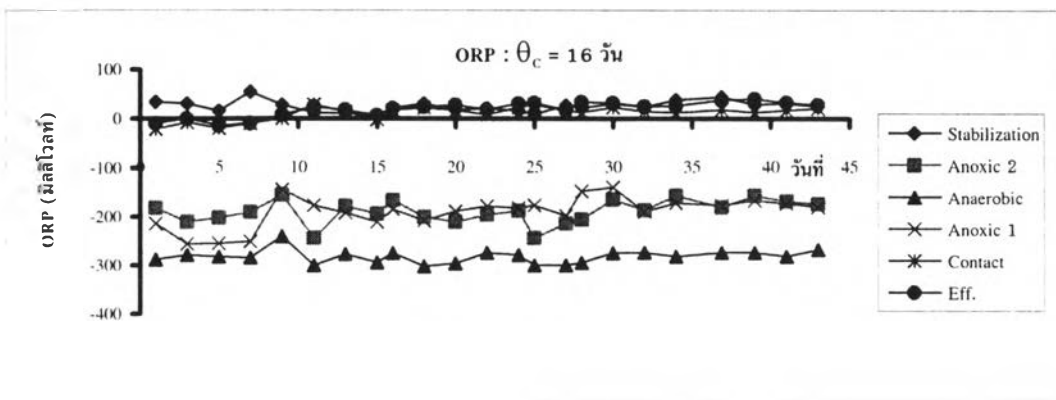
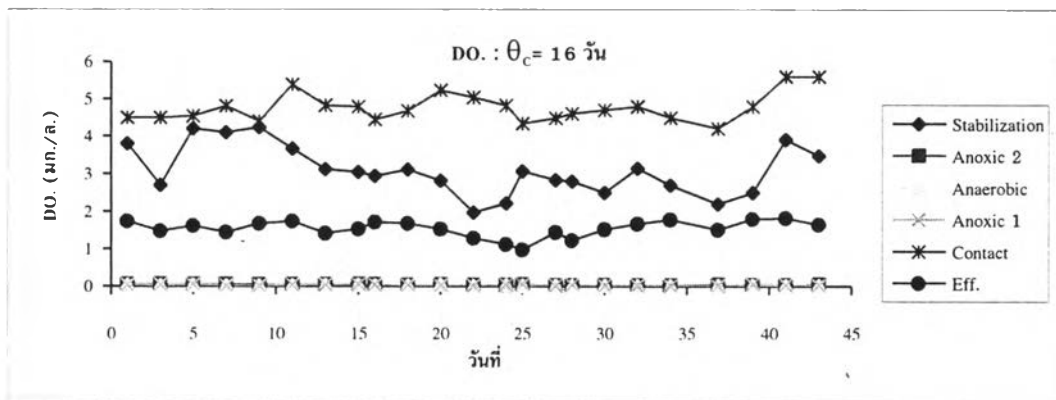
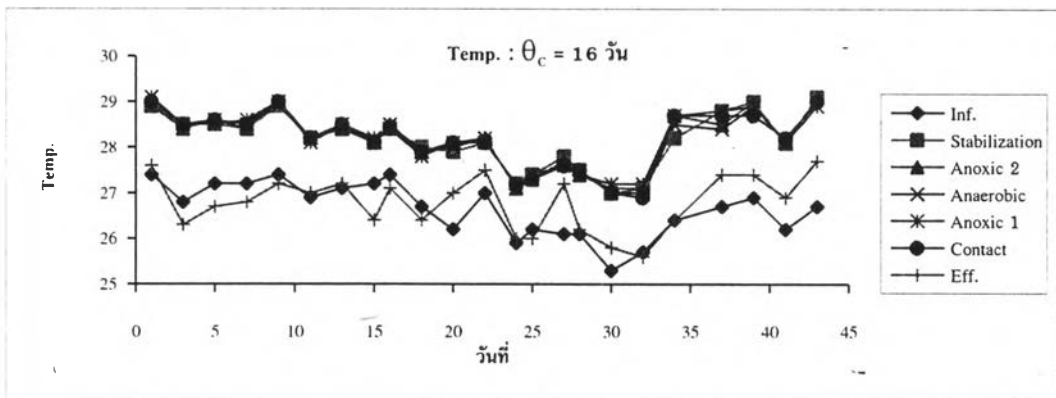
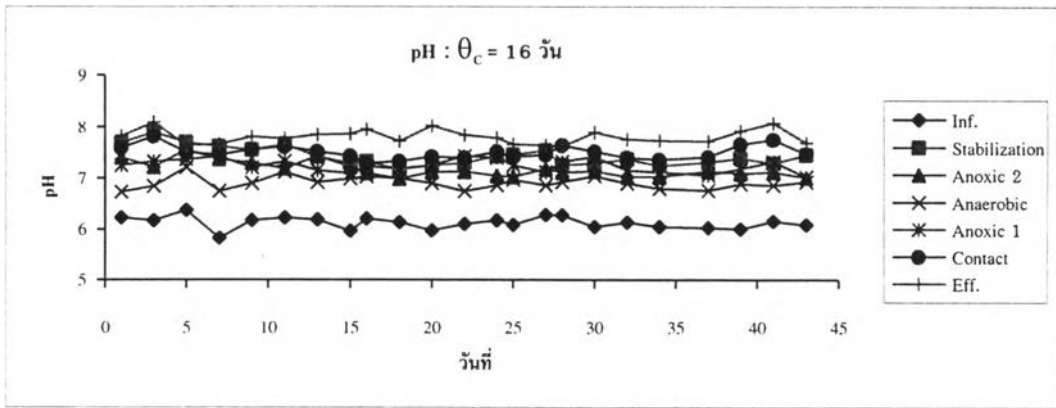


รูปที่ 4.1 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 1 (อายุตะกอน = 6 วัน)



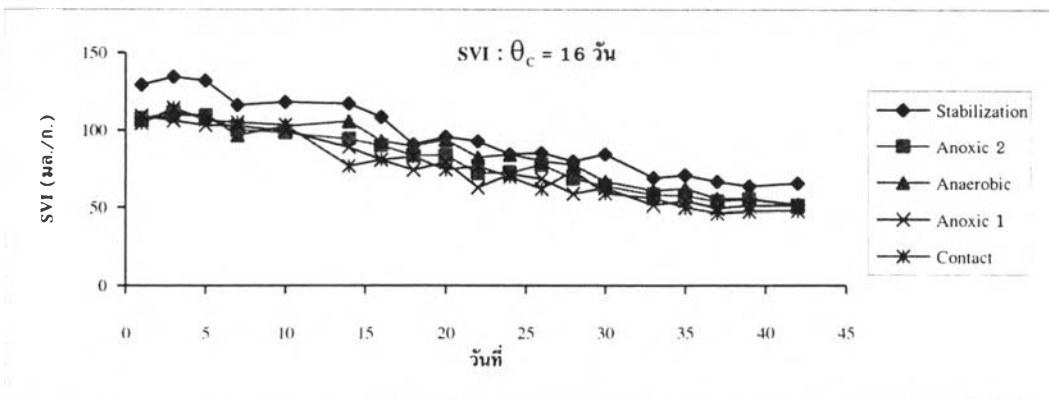
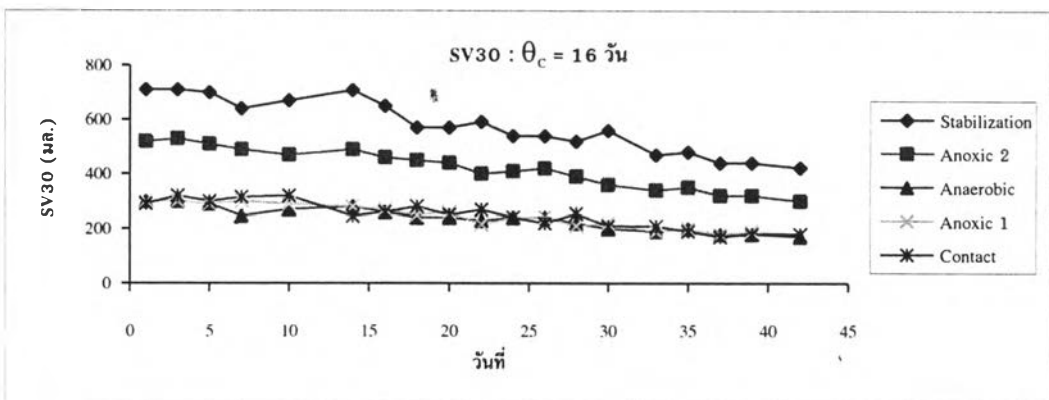
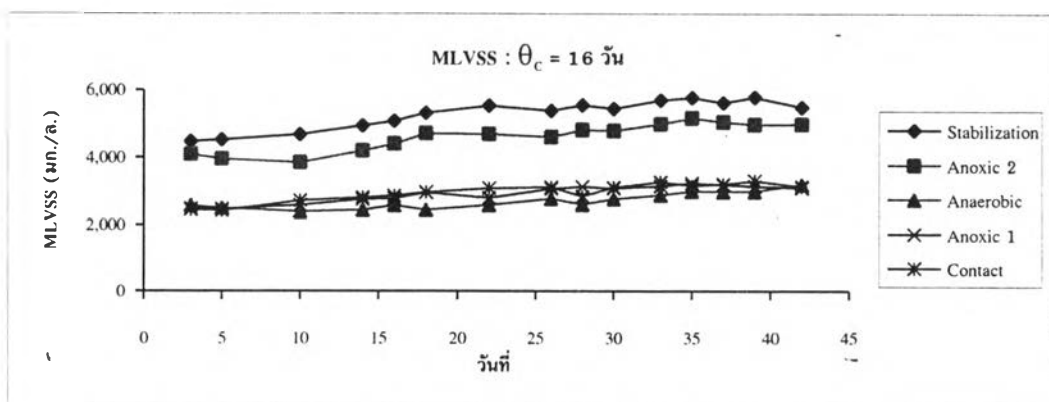
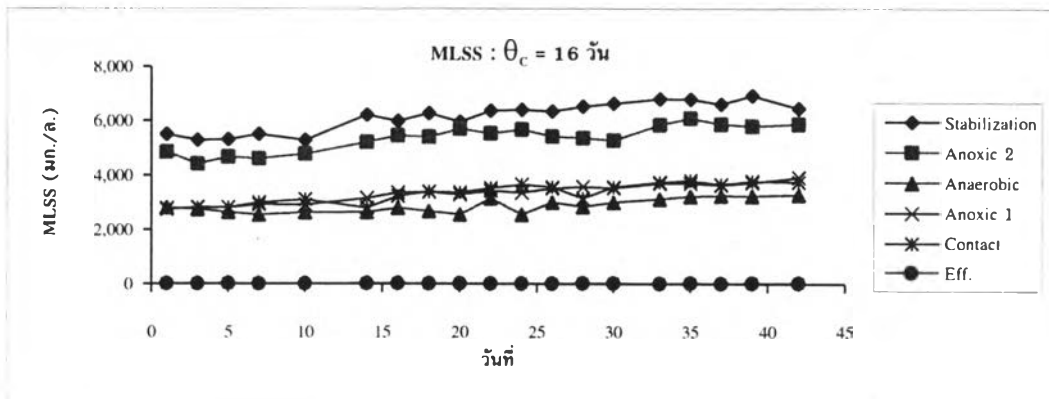
รูปที่ 4.1 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 1 (อายุตะกอน = 6 วัน)

Steady State
 ←→



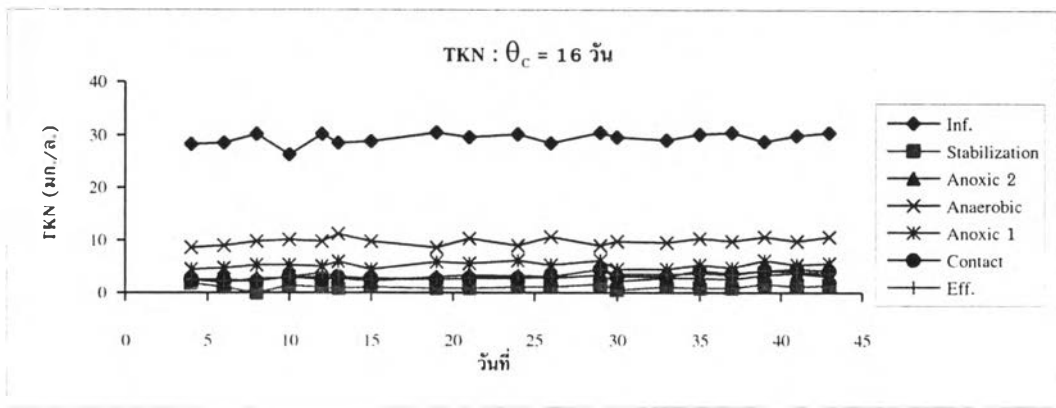
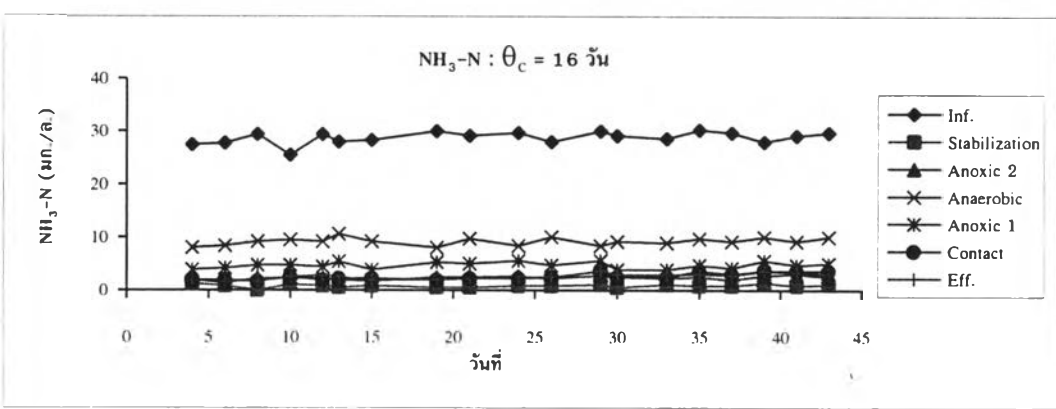
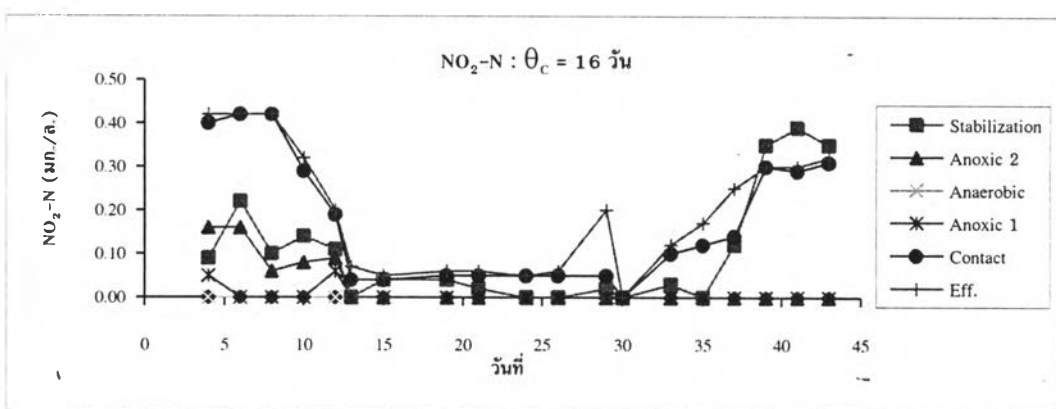
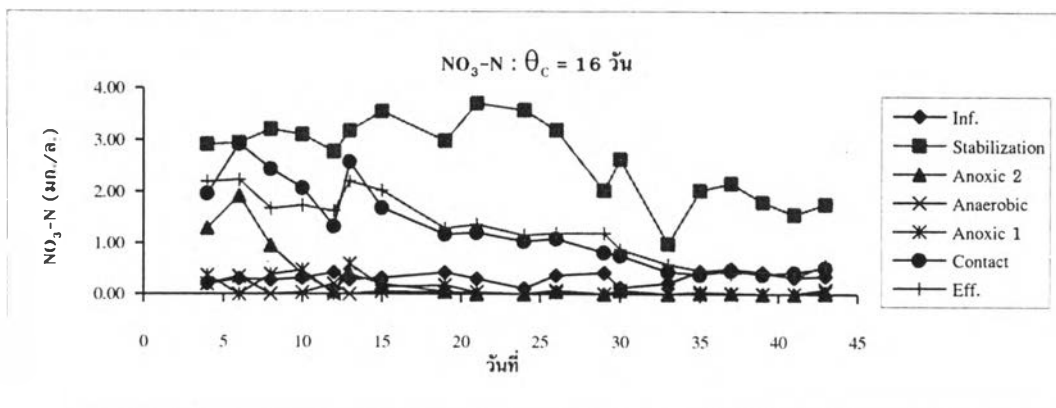
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 2 (อายุตะกอน = 16 วัน)

Steady State
 ←→



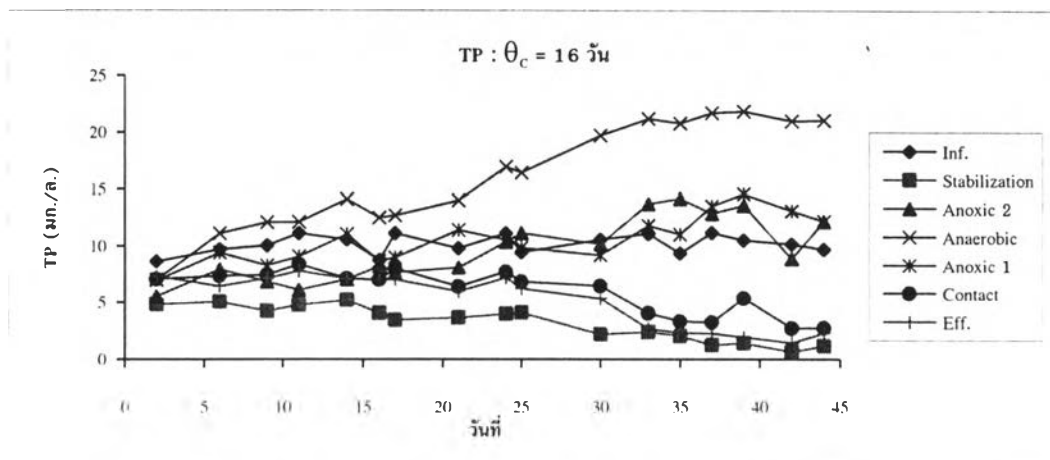
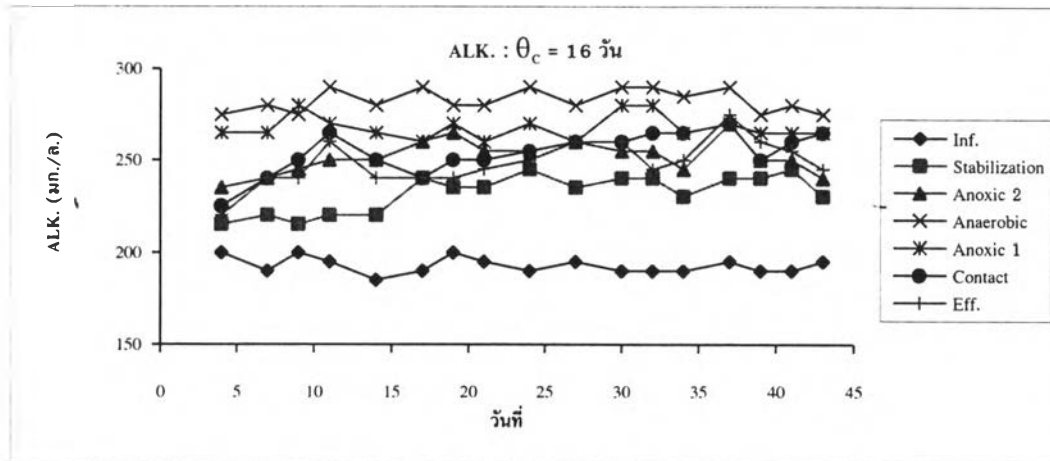
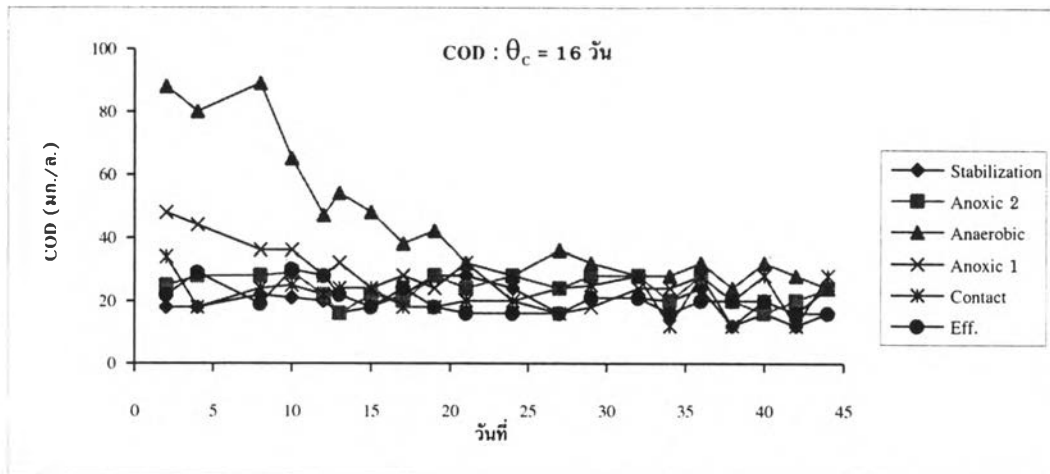
รูปที่ 4.2 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 2 (อายุตะกอน = 16 วัน)

Steady State



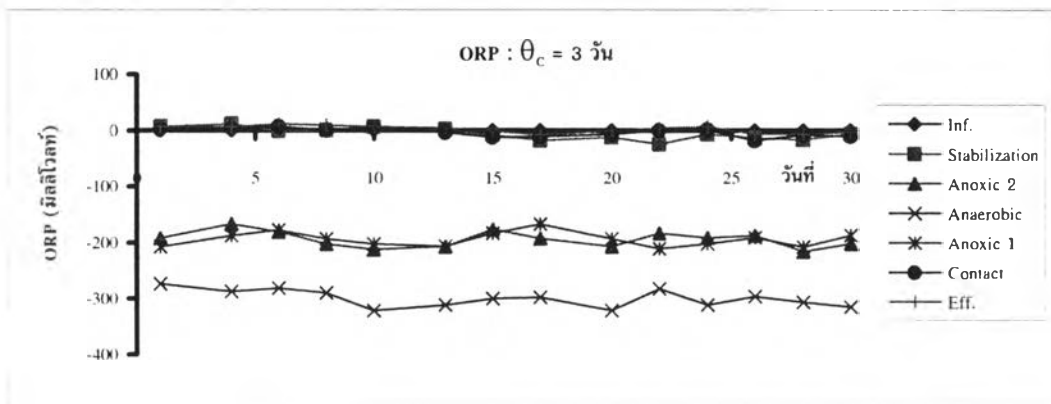
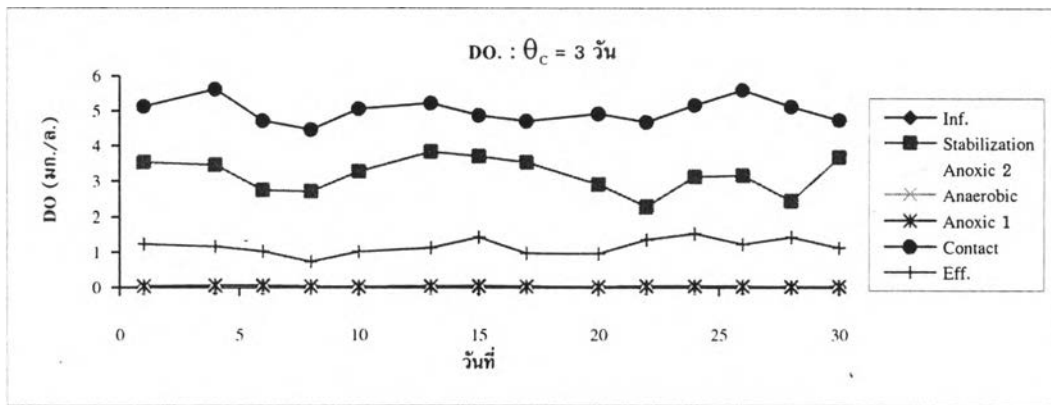
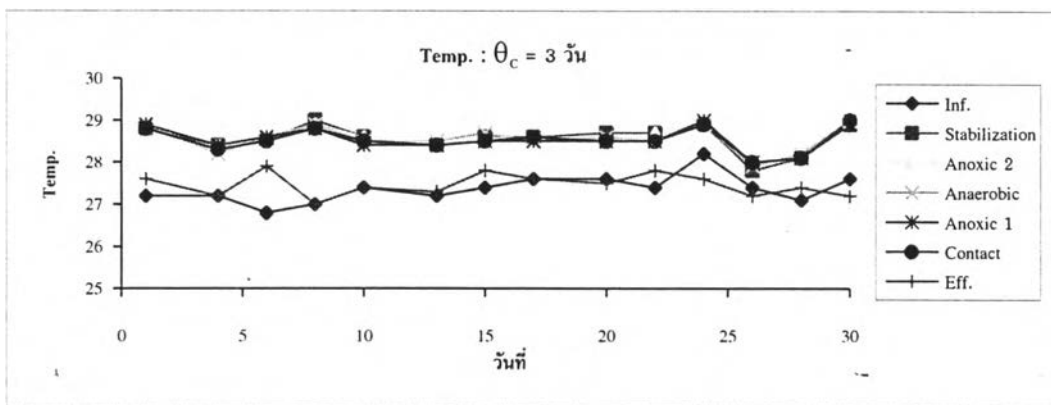
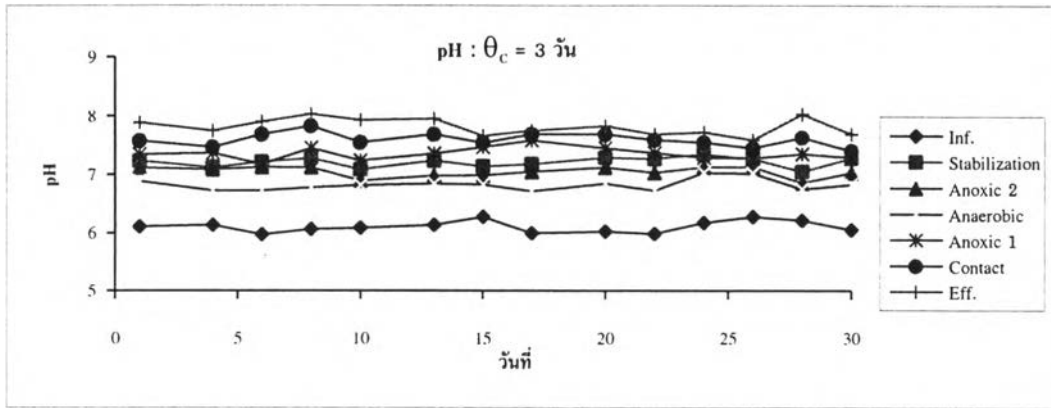
รูปที่ 4.2 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 2 (อายุตะกอน = 16 วัน)

Steady State
 ←————→



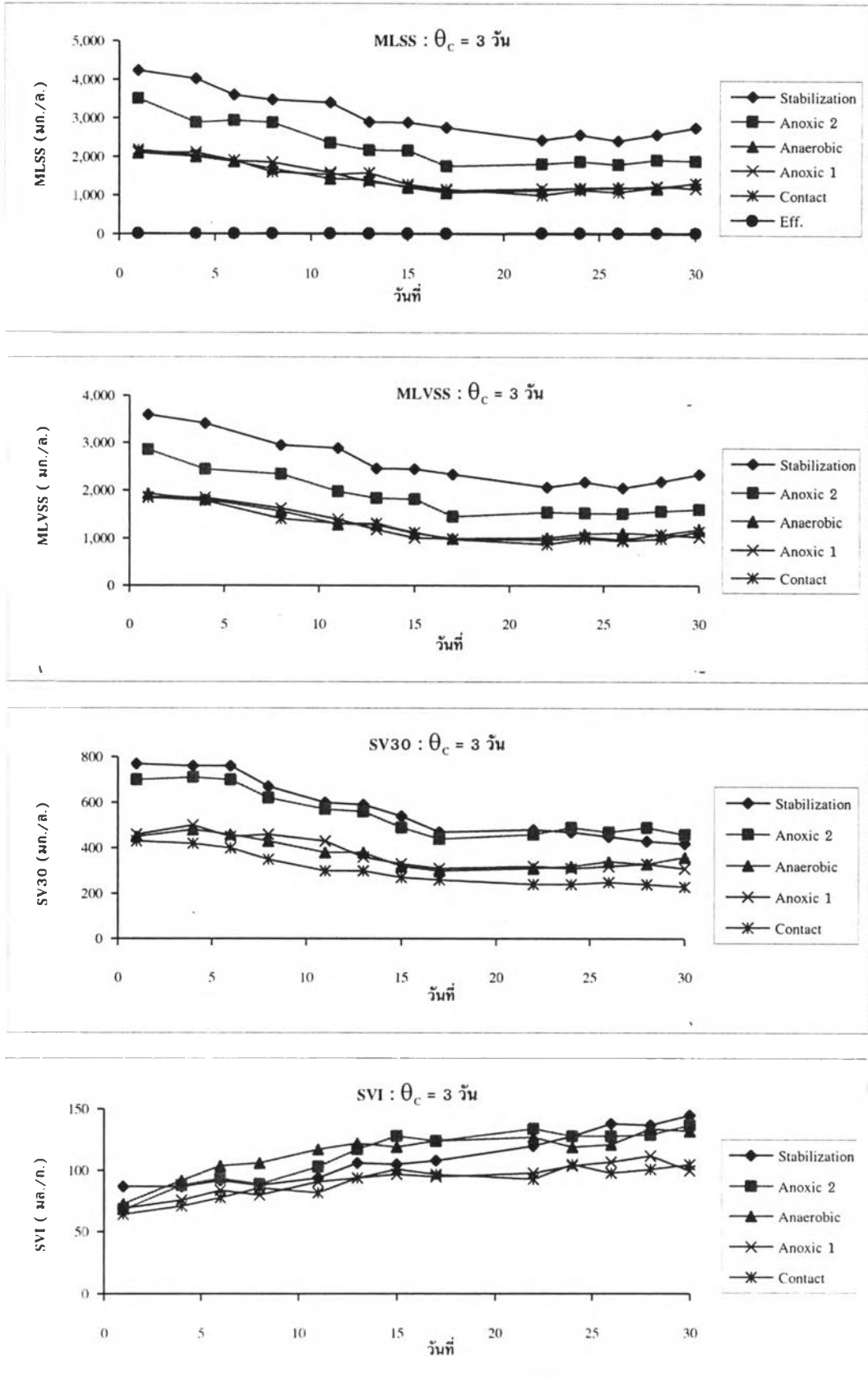
รูปที่ 4.2 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 2 (อายุตะกอน = 16 วัน)

↔ Steady State ↔



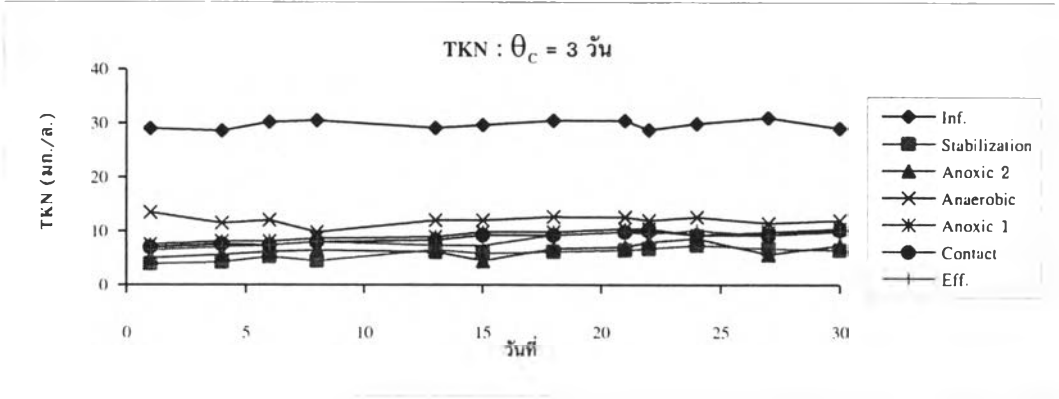
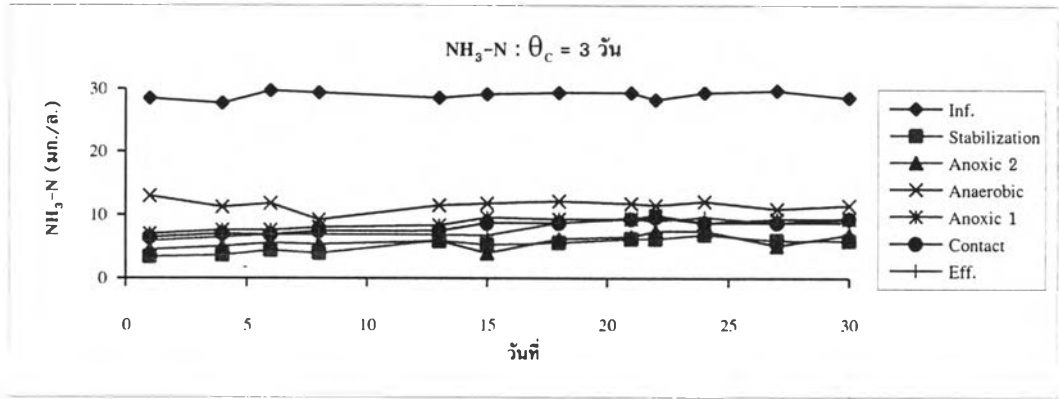
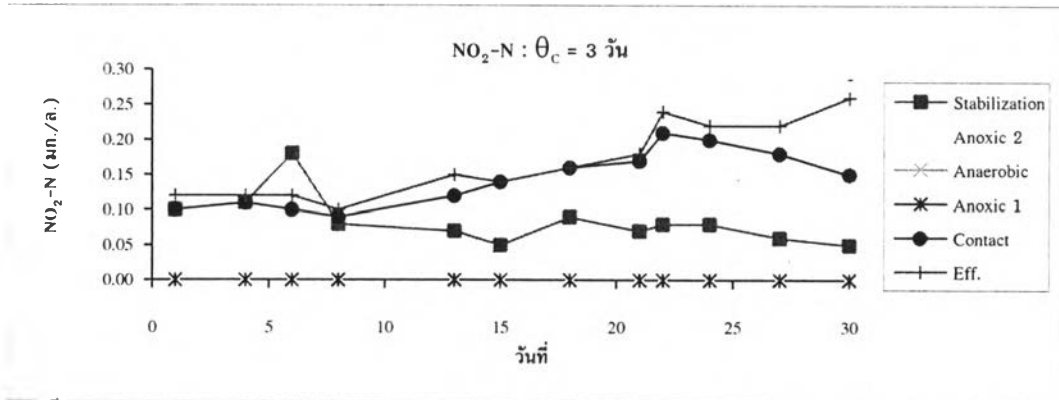
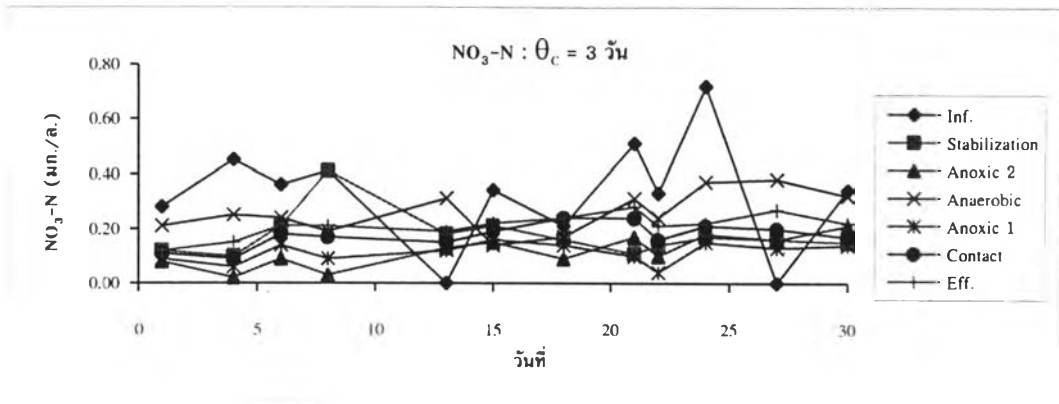
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 3 (อายุตะกอน = 3 วัน)

← Steady State →



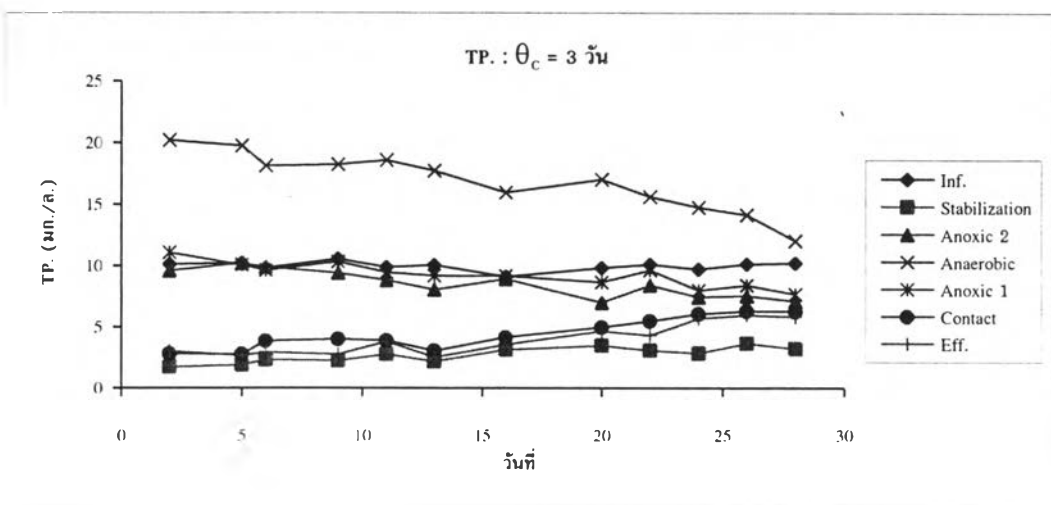
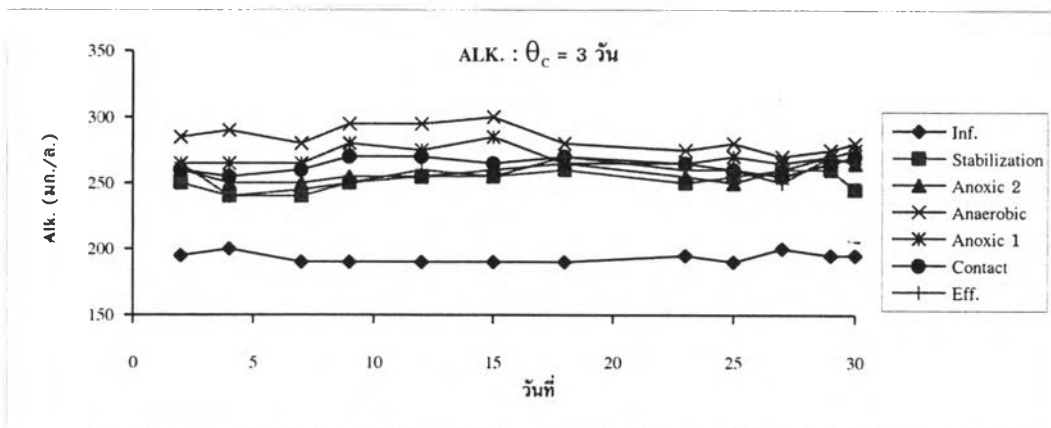
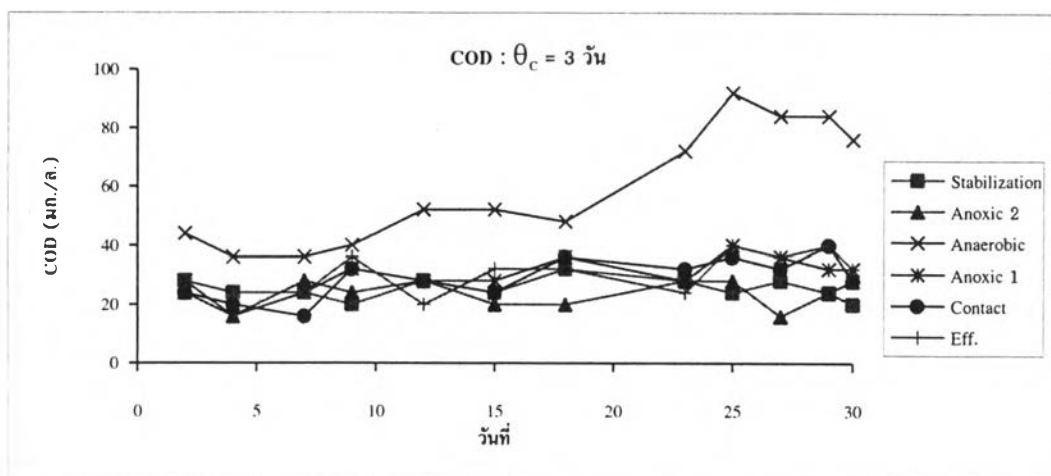
รูปที่ 4.3 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 3 (อายุตะกอน = 3 วัน)

Steady State



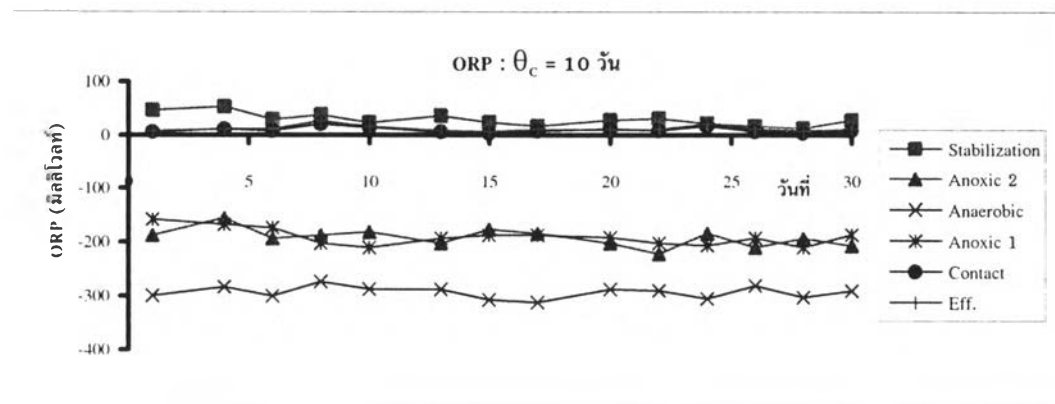
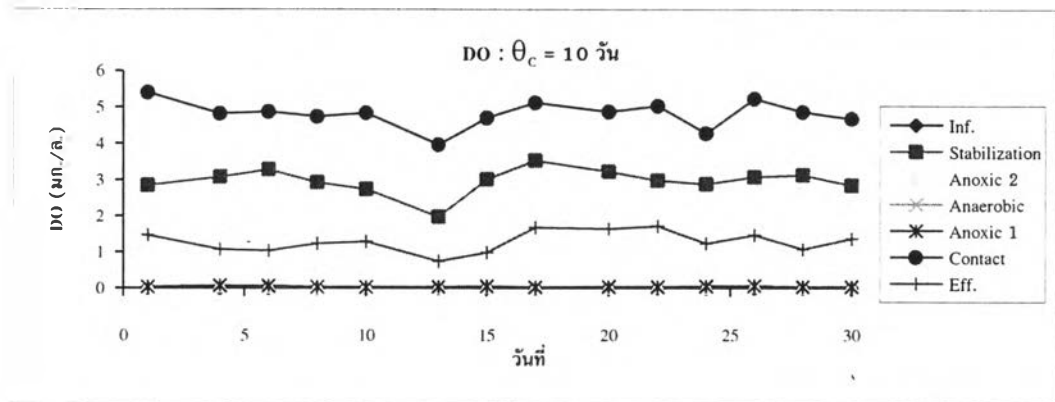
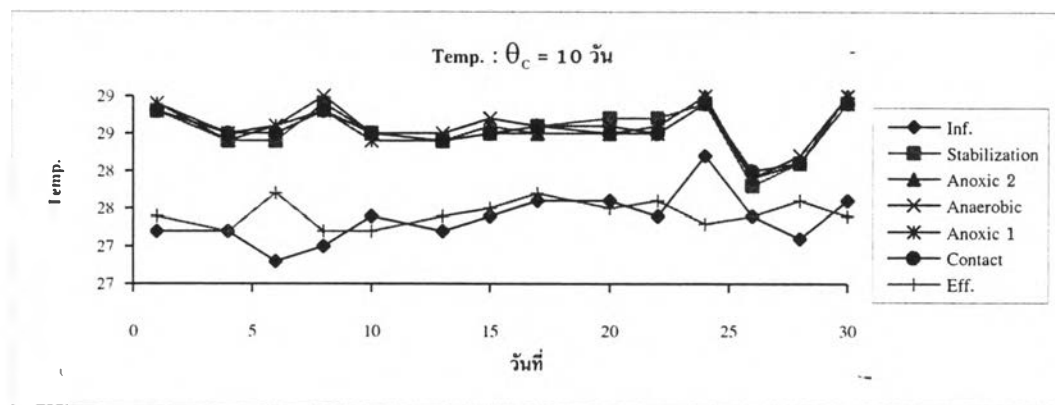
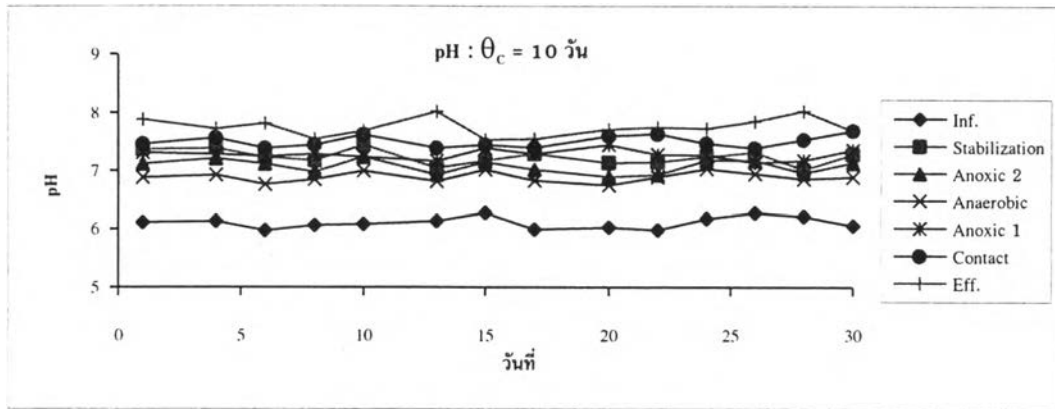
รูปที่ 4.3 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 3 (อายุตะกอน = 3 วัน)

← Steady State →

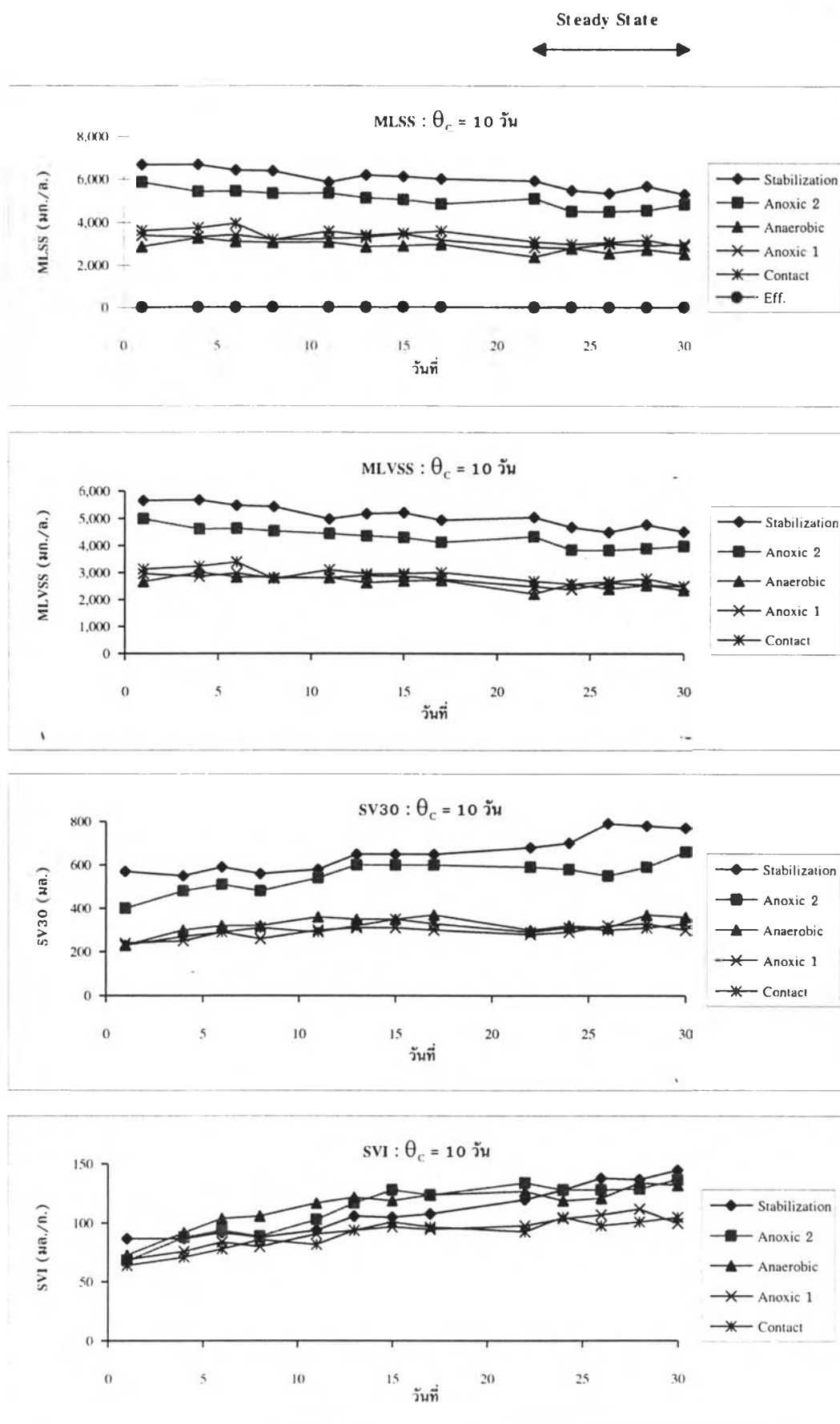


รูปที่ 4.3 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 3 (อายุตะกอน = 3 วัน)

Steady State
 ←————→

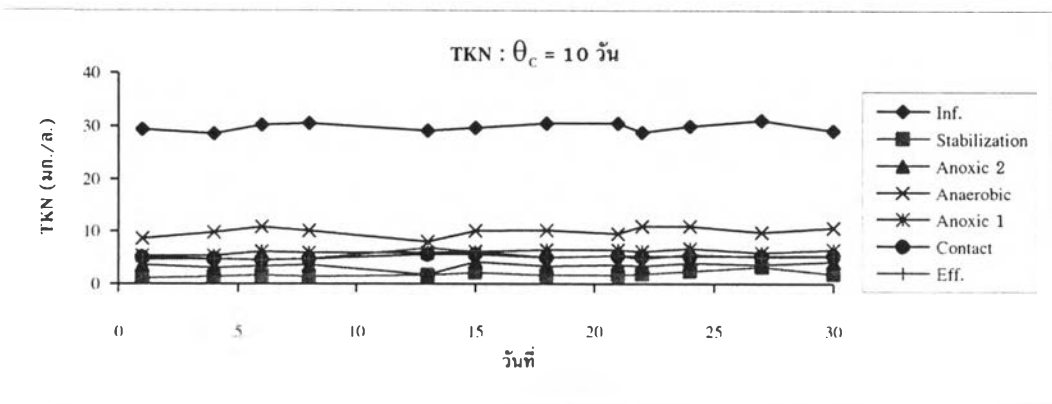
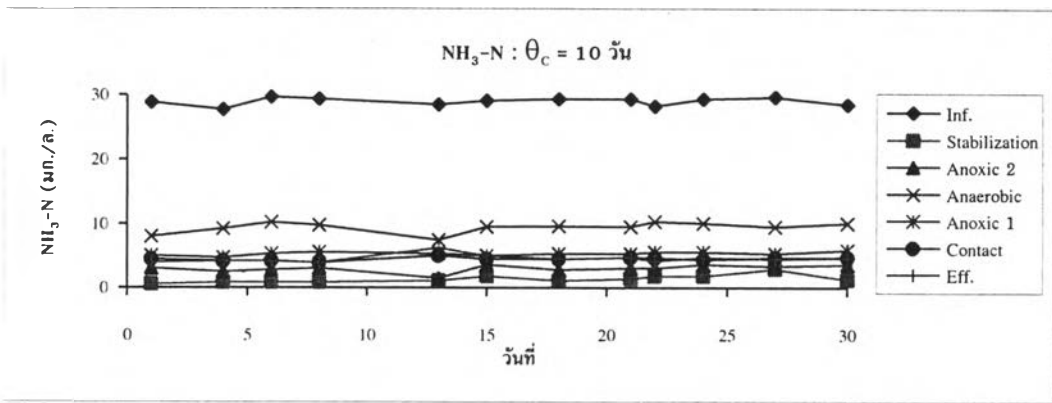
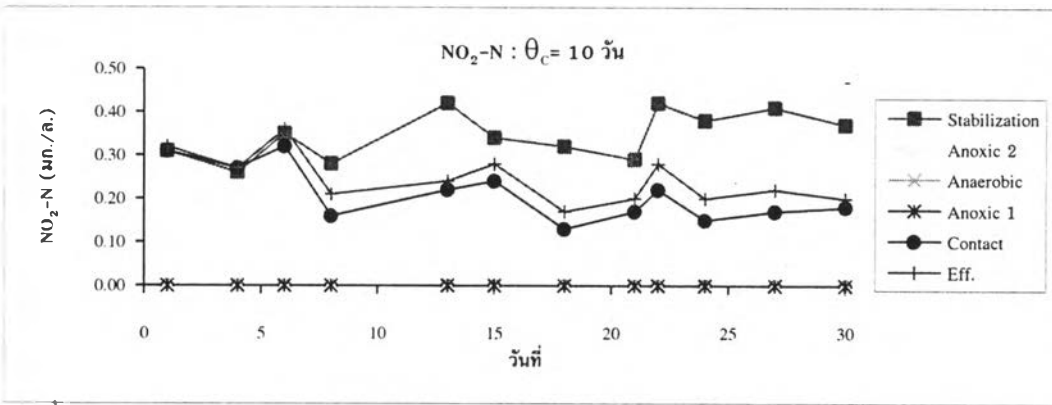
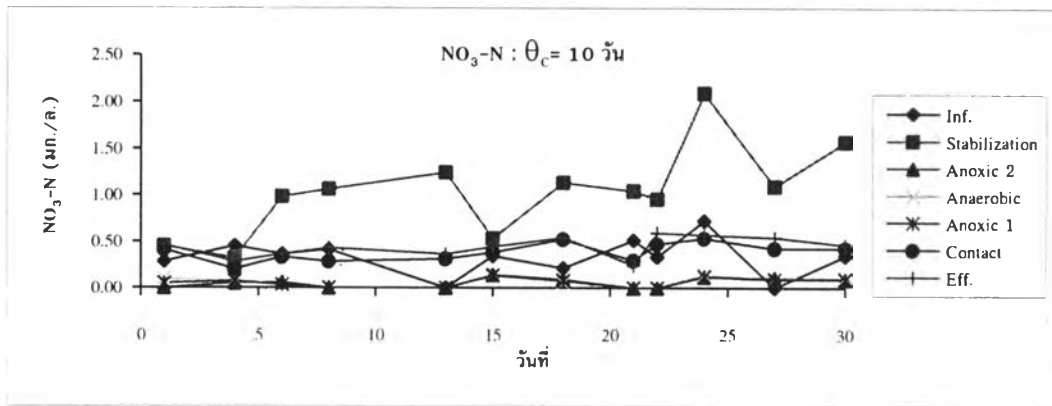


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 4 (อายุตะกอน = 10 วัน)



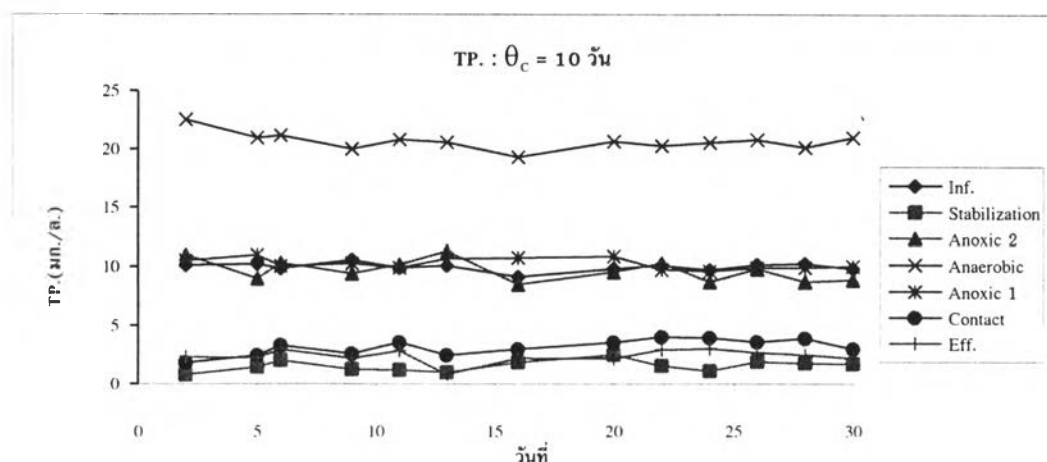
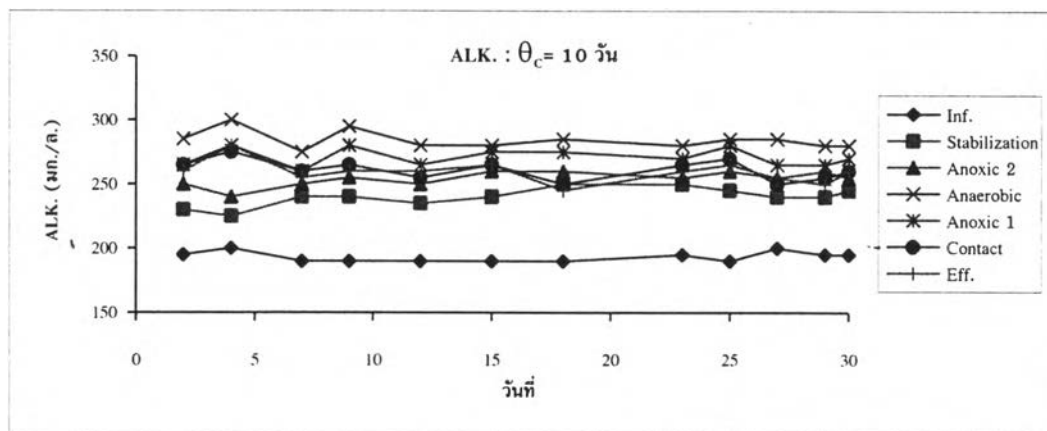
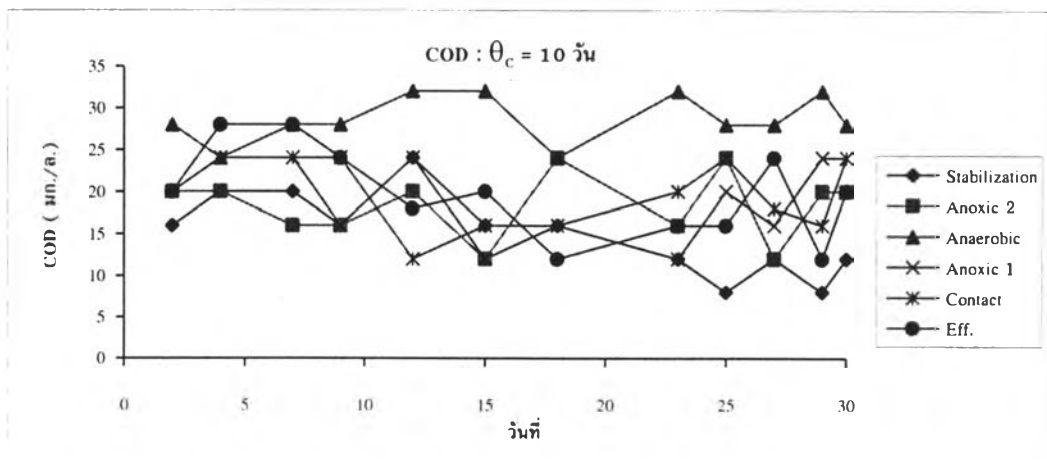
รูปที่ 4.4 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 4 (อายุตะกอน = 10 วัน)

Steady State
 ←————→

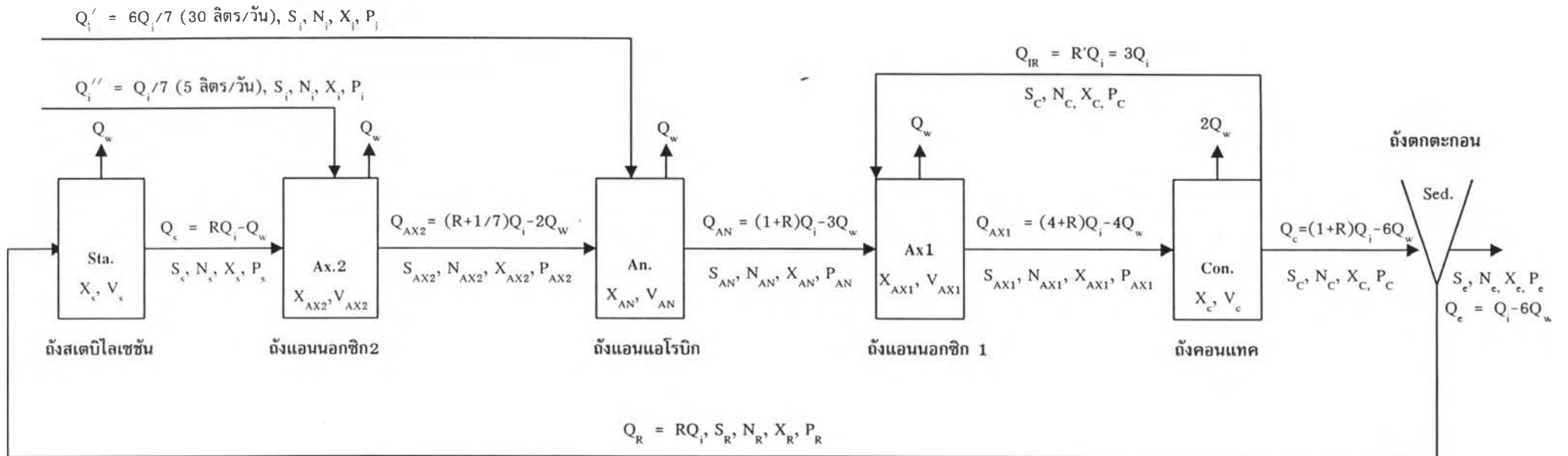


รูปที่ 4.4 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 4 (อายุตะกอน = 10 วัน)

Steady State



รูปที่ 4.4 (ต่อ) กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของการทดลองชุดที่ 4 (อายุตะกอน = 10 วัน)



สัญลักษณ์

- 1) Q_i = อัตราการไหลรวมของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ
= 35 ลิตร/วัน
 - 2) Q_w = อัตราการทิ้งตะกอน
- | อายุตะกอน (วัน) | Q_w (ลิตร/วัน) |
|-----------------|------------------|
| 3 | 0.97 |
| 6 | 0.48 |
| 10 | 0.29 |
| 16 | 0.18 |

- 3) R = Recycle Ratio = 1
- 4) R' = Internal Recycle Ratio = 3
- 5) S = ความเข้มข้นของ COD, มก./ล.
 N = ความเข้มข้นของ NH_3-N , มก./ล.
 P = ความเข้มข้นของ Total Phosphorus, มก./ล.
 X = ความเข้มข้นของ MLVSS, มก./ล.

- 6) S = ของดั่งสเตบิลไลเซชัน
 $AX2$ = ของดั่งแอนนอกซิก 2
 AN = ของดั่งแอนแอโรบิก
 $AX1$ = ของดั่งแอนนอกซิก 1
 C = ของดั่งคอนแทค
 e = ของน้ำทิ้ง
 i = ของน้ำเสียเข้าระบบ
 R = ของตะกอนเวียนกลับ

รูปที่ 4.5 แสดงการสมดุลมวลของระบบ

4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.2.1 ค่า pH

ค่า pH ในการทดลองทั้ง 4 ชุด ที่สภาวะคงตัวสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 สรุปค่า pH ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสียเข้า	ถัง สเตบิลไลเซชัน	ถัง แอนน็อกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนน็อกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสียออก
3 วัน	6.1	7.23	7.04	6.84	7.36	7.56	7.75
6 วัน	6.07	7.18	6.97	6.82	7.14	7.51	7.81
10 วัน	6.14	7.19	7.07	6.91	7.24	7.54	7.80
16 วัน	6.07	7.33	7.06	6.85	7.13	7.50	7.81

จากตารางที่ 4.3 ค่า pH ในน้ำเสียจะอยู่ในช่วง 6.07-6.14 อันเนื่องมาจากการเติมกรดอะซิดิกในน้ำเสีย และเมื่อป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังแอนน็อกซิก 2 และแอนแอโรบิก จะมีค่า pH ในทั้งสองถังของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 6.8-7.1 ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดฟอสฟอรัส โดย Tracy และ Flammino (1985) ได้สรุปผลจากการทดลองว่า pH ที่เหมาะสมในถังแอนแอโรบิกควรมีค่าอยู่ในช่วง 6.6-7.4 การที่ค่า pH ในถังแอนน็อกซิก 2 และ แอนแอโรบิก มีค่าสูงขึ้นจากน้ำเสียเป็นเพราะการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจากปฏิกิริยาการหมัก (Fermentation) ในถัง ทำให้มีสภาพต่างไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาค่า pH ในถังแอนน็อกซิก 1 และถังคอนแทค พบว่ามีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ในทุกชุดการทดลองอันเนื่องมาจากการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนน็อกซิก 1 รวมทั้งเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนที่ได้ดูดซึมไว้ในถังแอนแอโรบิก ทำให้ pH มีค่าสูงขึ้น (ถ้ามีบัฟเฟอร์เพียงพอ) และถึงแม้ว่าจะมีการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังคอนแทค แต่ pH ยังมีค่าสูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าระบบมีบัฟเฟอร์เพียงพอ

4.2.2 อุณหภูมิ (Temperature)

ตารางที่ 4.4 สรุปค่าอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสียเข้า	ถัง สเตบิไลเซชัน	ถัง แอนนออกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนนออกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสียออก
3 วัน	27.56	28.53	28.53	28.53	28.51	28.50	27.47
6 วัน	26.27	28.14	28.23	28.23	28.13	28.26	26.69
10 วัน	27.54	28.48	28.52	28.52	28.50	28.50	27.46
16 วัน	26.43	28.20	28.18	28.22	28.17	28.27	26.90

หน่วย : องศาเซลเซียส

อุณหภูมิของทุกตำแหน่งในระบบจะมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละชุดการทดลอง โดยในการทดลองชุดที่ 1 และ 2 (ค่าอายุตะกอน 6 และ 16 วัน) จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเล็กน้อย ประมาณ 0.3-0.4 °C อันเนื่องมาจากในช่วงสภาวะคงตัวของ การทดลองทั้ง 2 ชุดนี้ (ปลายเดือนธันวาคม 39-ต้นเดือนมกราคม 40) จะมีอากาศหนาวเย็นกว่าช่วงอื่น ๆ แต่ก็เป็นในระยะเวลานั้น ๆ และมีค่าต่างกันไม่มากนัก ทำให้อาจสรุปได้ว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการทำงานของระบบ

4.2.3 ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO)

ตารางที่ 4.5 สรุปค่าออกซิเจนละลายในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสียเข้า	ถัง สเตบิไลเซชัน	ถัง แอนนออกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนนออกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสียออก
3 วัน	-	3.02	0.04	0.04	0.04	4.99	1.24
6 วัน	-	3.31	0.03	0.03	0.03	4.99	1.22
10 วัน	-	2.98	0.05	0.04	0.05	4.82	1.37
16 วัน	-	3.00	0.03	0.03	0.03	4.92	1.71

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร (มก./ล.)

จากตารางที่ 4.5 ค่าออกซิเจนละลายในถังแอนนออกซิก 2 แอนแอโรบิก และ แอนนออกซิก 1 จะมีค่าออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 0.03-0.05 มก./ล. ในทุกชุดการทดลอง ซึ่งจัดว่าเหมาะสมสำหรับสภาพแอนนออกซิก และแอนแอโรบิก ส่วนค่าออกซิเจนละลายในถัง คอนแทคจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.8-5.มก./ล. ในทุกชุดการทดลองซึ่งมีค่ามากเกินไป ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมให้มีค่าออกซิเจนละลายต่ำกว่านี้ได้ เนื่องจากลักษณะของถังคอนแทคเป็นถังทรงกระบอกสูง ทำให้ต้องใช้หัวเติมอากาศขนาดใหญ่ในการทำให้เกิดการผสมได้อย่างทั่วถึง (Completely Mixed)

สำหรับค่าออกซิเจนละลายในถังสเตบิไลเซชัน จะมีค่าเฉลี่ยในทุกชุดการทดลอง ประมาณ 3.1 มก./ล. ซึ่งเพียงพอต่อการทำงานของระบบ ค่าออกซิเจนละลายในถังนี้จะมี ความแปรปรวนในแต่ละวันมาก อันเนื่องมาจากการเวียนตะกอนเข้มข้นจากกันถึงตกตะกอน โดยเมื่อมีการปรับค่าออกซิเจนละลายในถังให้ได้ตามที่ต้องการแล้วพอวันรุ่งขึ้นมาวัดค่าออกซิเจนละลาย มักจะลดลงเสมอ ทำให้ต้องมีการปรับตั้งค่าออกซิเจนละลายในถังนี้อยู่เสมอ โดยค่าออกซิเจนละลายที่ได้แสดงในผลการทดลองนี้เป็นค่าออกซิเจนละลายที่ทำการปรับตั้งแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ก็สามารถควบคุมให้มีค่าออกซิเจนละลายในถังนี้มากกว่า 2 มก./ล. ได้ตลอดเวลา

4.2.4 ค่า ORP (Oxidation-Reduction Potential)

ตารางที่ 4.6 สรุปค่า ORP ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสียเข้า	ถัง สเตบิไลเซชัน	ถัง แอนนออกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนนออกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสีย ออก
3 วัน	-	-14	-198	-306	-195	-8	-2
6 วัน	-	12	-175	-278	-179	9	23
10 วัน	-	22	-204	-295	-200	9	13
16 วัน	-	32	-171	-276	-177	16	32

หน่วย : มิลลิโวลต์

ค่า ORP เฉลี่ยในทุกชุดการทดลองของถังแอนนออกซิก 2 ถังแอนแอโรบิก และ ถังแอนนออกซิก 1 จะมีค่าประมาณ -187,-289,-188 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ อันเนื่องมาจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนขึ้น ค่าที่ติดลบมากเช่นนี้แสดงว่าสามารถควบคุมระบบให้มีสภาพแอนนออกซิกและแอนแอโรบิกได้ดี ส่วนค่าORPในถังคอนแทคและสเตบิไลเซชัน จะมีค่าเฉลี่ยในทุกชุดการทดลอง เท่ากับ 6.5 และ 13 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีความค่อนข้างต่ำ ซึ่งแสดงว่ามีปฏิกิริยาออกซิเดชันในถังปฏิกรณ์เกิดขึ้นน้อย โดยเฉพาะในการทดลองชุดที่ 3 ($\theta_c = 3$ วัน) ค่า ORP ของทั้ง 2 ถังนี้มีค่าติดลบ ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชัน และอัตราการจับฟอสฟอรัสที่ต่ำกว่าการทดลองชุดอื่นๆ ดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

4.2.5 ค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยระยะเหย (MLSS & MLVSS)

ตารางที่ 4.7 สรุปค่า MLSS และ MLVSS ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

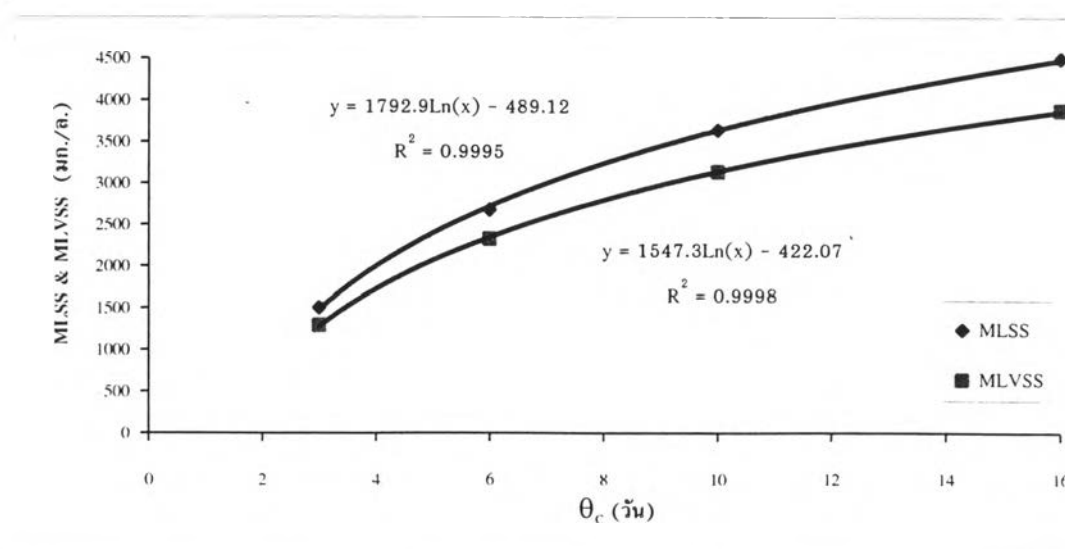
พารามิเตอร์	ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสีย เข้า	ถัง สเตบิไลเซชัน	ถัง แอนนออกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนนออกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสีย ออก	เฉลี่ยรวม ทั้งระบบ
MLSS (มก./ล.)	3 วัน	-	2,504	1,828	1,180	1,176	1,167	27	1,504
	6 วัน	-	4,042	3,494	2,040	2,154	2,185	25	2,683
	10 วัน	-	5,572	4,578	2,623	2,919	3,074	16	3,640
	16 วัน	-	6,716	5,912	3,219	3,653	3,745	19	4,498
MLVSS (มก./ล.)	3 วัน	-	2,126	1,518	1,082	1,011	1,006	-	1,292
	6 วัน	-	3,482	3,027	1,855	1,880	1,861	-	2,328
	10 วัน	-	4,713	3,862	2,419	2,503	2,662	-	3,137
	16 วัน	-	5,666	5,027	3,003	3,157	3,212	-	3,880

จากตารางที่ 4.7 สามารถนำมาสรุปความสัมพันธ์ระหว่าง MLVSS กับ MLSS ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปค่าอัตราส่วน MLVSS ต่อ MLSS ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่
สภาวะคงตัว

พารามิเตอร์	ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสีย เข้า	ถัง สเตบิลไลเซชัน	ถัง แอนน็อกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนน็อกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสีย ออก	เฉลี่ยรวม ทั้งระบบ
อัตราส่วน	3 วัน	-	0.849	0.830	0.917	0.860	0.862	-	0.859
MLVSS :	6 วัน	-	0.861	0.866	0.909	0.873	0.852	-	0.867
MLSS	10 วัน	-	0.846	0.844	0.922	0.857	0.866	-	0.862
	16 วัน	-	0.844	0.850	0.933	0.864	0.858	-	0.862

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าค่า MLSS และ MLVSS มีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่าอายุตะกอนโดยเมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอายุตะกอนกับค่า MLSS และ MLVSS เฉลี่ยของทั้งระบบ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่าอายุตะกอนเพิ่มขึ้นค่า MLSS และ MLVSS ก็เพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นในลักษณะของ Log-Curve คือ มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ลดลงเรื่อยๆ เมื่ออายุตะกอนมากขึ้น



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอายุตะกอน กับค่า MLVSS และ MLSS
เฉลี่ยรวมทั้งระบบ

จากตารางที่ 4.8 ซึ่งแสดงอัตราส่วนระหว่าง MLVSS ต่อ MLSS เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนนี้ในแต่ละตำแหน่งของระบบ และเฉลี่ยรวมของทั้งระบบแล้วจะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลอง ดังนั้นจึงสามารถสรุปค่าอัตราส่วน MLVSS : MLSS ของการทดลองในครั้งนี้ จากค่าเฉลี่ยรวมของทั้งระบบได้ ดังนี้

$$\text{MLVSS} = 0.863 \text{ MLSS}$$

4.2.6 ค่า SV_{30} และ SVI

ตารางที่ 4.9 สรุปค่า SV_{30} และ SVI ในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

พารามิเตอร์	ค่าอายุตะกอน	น้ำเสียเข้า	ถังสเตบิลไลเซชัน	ถังแอนน็อกซิก 2	ถังแอนแอโรบิก	ถังแอนน็อกซิก 1	ถังคอนแทค	น้ำเสียออก
SV_{30} (มล.)	3 วัน	-	450	470	330	320	240	-
	6 วัน	-	720	690	420	440	410	-
	10 วัน	-	740	590	330	300	300	-
	16 วัน	-	450	330	180	190	190	-
SVI (มล./ก.)	3 วัน	-	181	257	278	268	208	-
	6 วัน	-	178	197	205	204	188	-
	10 วัน	-	134	131	127	104	100	-
	16 วัน	-	67	55	57	51	50	-

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าความสามารถในการตกตะกอนจะแปรตามค่าอายุตะกอน เนื่องจากตะกอนในระบบมีความคงตัวมากกว่าและสามารถรวมตัวเป็นฟล็อกได้ดีกว่า

ในการทดลองชุดที่ 2 และ 4 ($\theta_c = 16$ และ 10 วัน) จะมีค่า SVI ในทุกตำแหน่งต่ำกว่า 150 มล./ก. ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการตกตะกอนที่ดี โดยเฉพาะในการทดลองชุดที่ 2 ($\theta_c = 16$ วัน) มีค่า SVI อยู่ในช่วง 50-67 มล./ก.

ในการทดลองชุดที่ 1 และ 3 ($\theta_c = 6$ และ 3 วัน) จะมีค่า SVI ในทุกตำแหน่งสูงกว่า 150 มล./ก. ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการตกตะกอนที่ไม่ดี โดยเฉพาะในการทดลองชุดที่ 3 ($\theta_c = 3$ วัน) มีค่า SVI สูงถึง 278 มก./ล. ในบางตำแหน่ง แสดงให้เห็นถึงการตกตะกอนที่ไม่ดี ตะกอนตกได้ช้ามากแต่ยังไม่รุนแรงจนถึงขั้นเกิดตะกอนจมไม่ลง (Sludge Bulking) อีกทั้งถึงตกตะกอนที่ใช้ในการทดลอง ยังมีขนาดใหญ่ทำให้ไม่เกิดการหลุดลอย (Washout) ของตะกอนออกไปกับน้ำทิ้ง ทำให้ยังสามารถควบคุมอายุตะกอนของระบบได้

4.2.7 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)

ตารางที่ 4.10 สรุปค่าซีโอดีในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

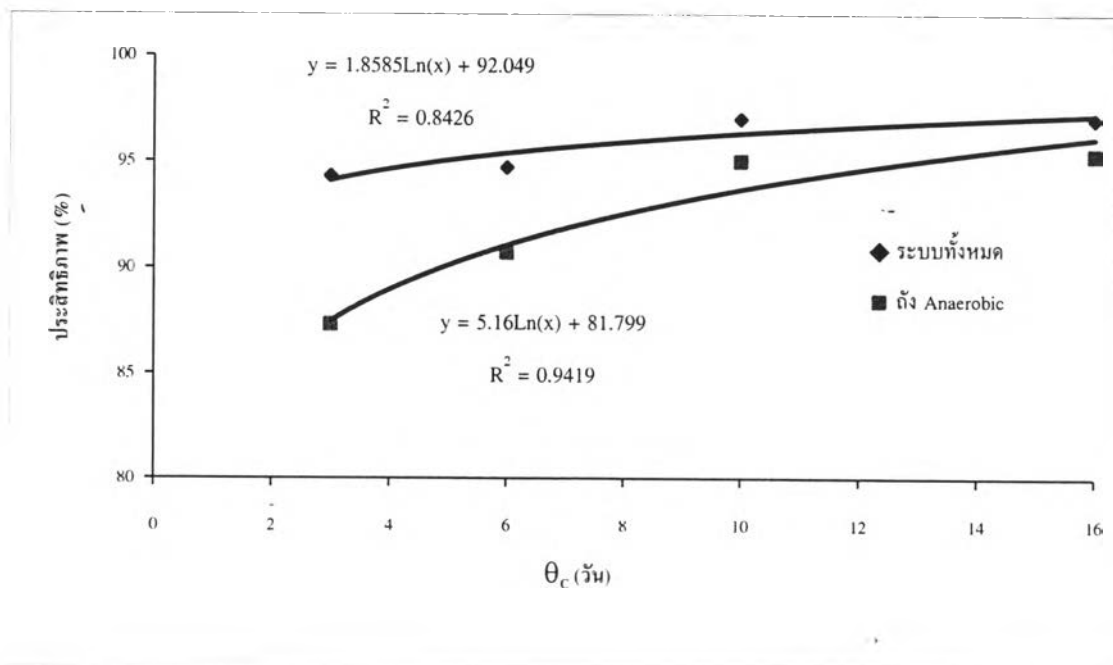
ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสียเข้า	ถัง สเตบิลไลเซชัน	ถัง แอนน็อกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนน็อกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสียออก
3 วัน	598	26	24	76	34	34	34
6 วัน	602	26	30	56	35	32	32
10 วัน	597	10	18	30	19	20	18
16 วัน	602	17	22	28	21	22	18

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร (มก./ล.)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าการทดลองทั้ง 4 ชุด มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีรวมของทั้งระบบที่ค่าอายุตะกอน 3, 6, 10 และ 16 วัน เท่ากับ 94.3, 94.7, 97.0 และ 97.0% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมากในทุกชุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าอายุตะกอนจะไม่แสดงผลอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบ

เมื่อพิจารณาค่าซีโอดีในถังแอนแอโรบิก จะเห็นว่าการกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในถังแอนแอโรบิก โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในถังนี้ที่อายุตะกอน 3, 6, 10 และ 16 วัน เท่ากับ 87.3, 90.7, 95.0 และ 95.3% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในถังแอนแอโรบิกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าอายุตะกอนของระบบ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสามารถนำค่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบทั้งหมด (Overall) และในถังแอนแอโรบิก มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กับค่าอายุตะกอน (θ_c) ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีกับค่าอายุตะกอน

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่า ค่าอายุตะกอนจะแสดงผลอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในถังแอนแอโรบิกมากกว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบทั้งหมด อันเนื่องมาจากการกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่จะถูกกำจัดในถังแอนแอโรบิก โดยซีโอดีส่วนที่เหลือเพียงเล็กน้อยจะสามารถถูกกำจัดได้เกือบหมดในถังแอนออกซิก 1 และถังคอนแทค ซึ่งมีขนาดและเวลาเก็บกักที่มากพออยู่แล้ว

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติในถังแอนแอโรบิกจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าอายุตะกอนกล่าวคือ ในถังแอนแอโรบิกจะมีกลไกในการกำจัดซีโอติ คือ การที่จุลินทรีย์จะทำการดูดซึมสารอาหารเข้าภายในเซลล์พร้อมทั้งคายฟอสฟอรัสออกมา การเพิ่มอายุตะกอนจะทำให้ปริมาณเซลล์ในระบบเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเซลล์เพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซึมสารอาหารพร้อมกับคายฟอสฟอรัสออกมาก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

อย่างไรก็ตาม การกำจัดซีโอติในถังแอนแอโรบิกเป็นเพียงการดูดซึมเอาสารอาหารเข้าภายในเซลล์เพื่อเก็บไว้เป็นอาหารสำรองของจุลินทรีย์ในถังเท่านั้น โดยการย่อยสลายสารอาหารเหล่านี้จะเกิดขึ้นในถังแอนนออกซิก 1 ซึ่งสามารถใช้ออกซิเจนจากไนเตรท และในถังคอนแทคที่มีการเติมอากาศ

4.2.8 แอมโมเนีย, ทีเคเอ็น และค่าไนโตรเจนทั้งหมด ($\text{NH}_3\text{-N}$, TKN & TN)

จากผลการทดลอง สามารถสรุปค่าความเข้มข้น $\text{NH}_3\text{-N}$ และ TKN ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัวได้ดังแสดงในตารางที่ 4.11 ส่วนในตารางที่ 4.12 จะแสดงถึงค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen, TN) ซึ่งเป็นผลรวมของ ทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรทในน้ำเสียเข้า และในถังคอนแทค

ตารางที่ 4.11 สรุปค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ และ TKN ในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

พารามิเตอร์	ค่าอายุตะกอน	น้ำเสียเข้า	ถังสเตบิลไลเซชัน	ถังแอนนออกซิก 2	ถังแอนแอโรบิก	ถังแอนนออกซิก 1	ถังคอนแทค	น้ำเสียออก
แอมโมเนีย (มก./ล.)	3 วัน	29.12	6.12	7	11.44	9.32	9.05	9.00
	6 วัน	29.2	3.48	5.28	10.84	7.56	6.80	6.72
	10 วัน	28.98	1.59	3.43	10.01	5.6	4.63	4.53
	16 วัน	29.21	1.03	2.52	9.57	4.71	3.36	3.16
ทีเคเอ็น (มก./ล.)	3 วัน	30.01	6.68	7.65	12.05	10.06	9.65	9.65
	6 วัน	29.84	3.76	5.84	11.40	8.12	7.08	7
	10 วัน	29.75	1.94	3.78	10.57	6.30	5.26	5.16
	16 วัน	29.87	1.17	3.03	10.13	5.27	3.97	3.72

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้แอมโมเนียมคลอไรด์(NH_4Cl) เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ โดยไนโตรเจนนี้จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน ทำให้มีค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนในระบบต่ำมาก ซึ่งจะเห็นได้จากการวัดค่าที่เคเอ็นเปรียบเทียบกับแอมโมเนีย โดยค่าที่เคเอ็นจะมีค่ามากกว่าแอมโมเนียเพียงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0.3-1 มก./ล. เท่านั้น

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียเข้า และในถังคอนแทค

อายุตะกอน	น้ำเสียเข้า (มก./ล.)				ถัง คอนแทค (มก./ล.)			
	ทีเคเอ็น	ไนโตรท์	ไนเตรท	TN	ทีเคเอ็น	ไนโตรท์	ไนเตรท	TN
3 วัน	30.01	-	0.35	30.36	9.65	0.18	0.20	10.03
6 วัน	29.84	-	0.32	30.16	7.08	0.14	0.07	7.29
10 วัน	29.75	-	0.35	30.10	5.26	0.18	0.46	5.90
16 วัน	29.87	-	0.40	30.27	3.97	0.23	0.43	4.63

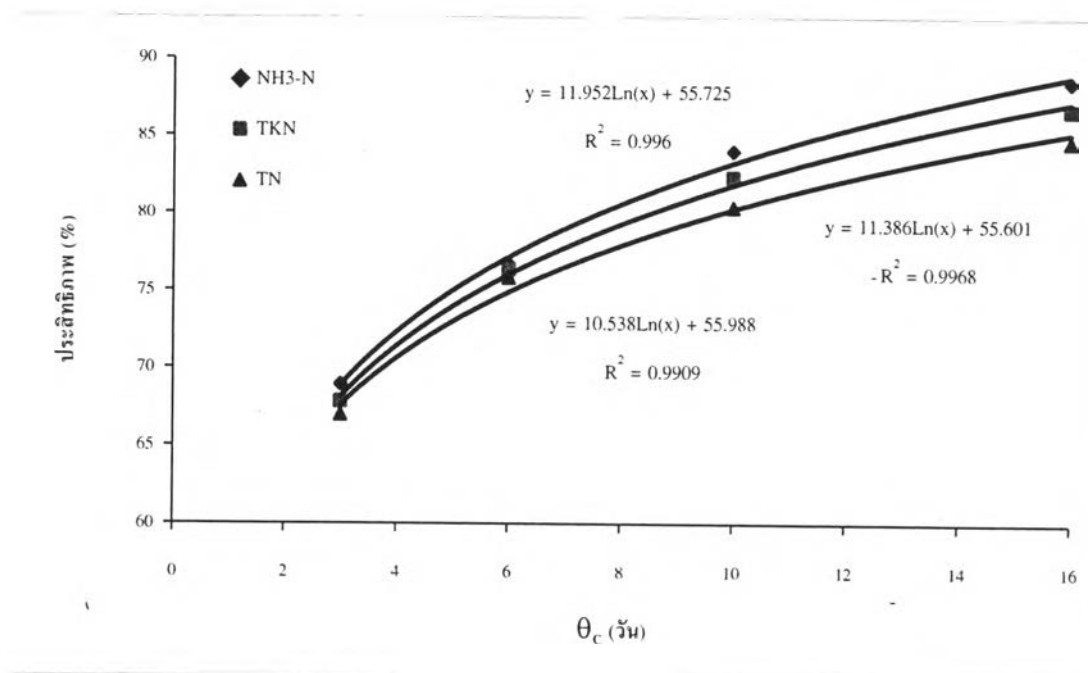
4.2.8.1 ประสิทธิภาพในการกำจัด $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN และ TN ของระบบ

จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 สามารถนำมาคำนวณประสิทธิภาพโดยรวม (Overall Efficiency) ในการกำจัด $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN และ TN ของระบบตามอายุตะกอนดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 สรุปค่าประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัด $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN และ TN ตามค่าอายุตะกอน

อายุตะกอน	Overall Efficiency (%)		
	$\text{NH}_3\text{-N}$	TKN	TN
3 วัน	68.90	67.80	66.96
6 วัน	76.70	76.30	75.83
10 วัน	84.00	82.30	80.40
16 วัน	88.50	86.70	84.70

จากตารางที่ 4.13 สามารถนำค่าประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัด $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN และ TN มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กับค่าอายุตะกอนได้ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนกับค่าอายุตะกอน

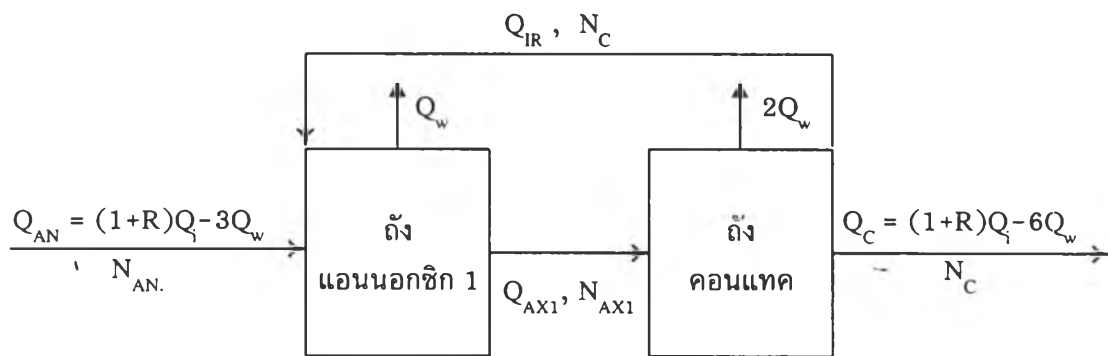
จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัด $\text{NH}_3\text{-N}$, TKN และ TN จะเพิ่มขึ้นตามอายุตะกอนอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ ประสิทธิภาพโดยรวมนี้จะรวมผลของกระบวนการไนตริฟิเคชัน และการใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์เข้าไว้ด้วยกัน โดยการที่อายุตะกอนเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณเซลล์ในระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณของ Nitrifier ในระบบทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดมากขึ้น

ระบบนี้การเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้นในถังคอนแทค และสเตบิไลเซชันซึ่งมีการเติมอากาศเท่านั้น ดังนั้นการจะหาอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นโดยไม่รวมผลของการใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์จะสามารถหาได้ในถังคอนแทค และสเตบิไลเซชัน

4.2.8.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังคอนแทค

ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังคอนแทค จะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันในถังคอนแทคเป็นสำคัญ หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าแอมโมเนียที่ลดลงในถังคอนแทคจะเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชันเท่านั้น

พิจารณารูปที่ 4.9 ซึ่งได้ทำการแยกส่วนถังแอนน็อกซิก 1 และคอนแทค ออกจากระบบรวมเพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย



รูปที่ 4.9 การแยกส่วนถังแอนน็อกซิก1 และถังคอนแทคจากระบบรวมเพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าการเกิดไนตริฟิเคชันจะเกิดเฉพาะในถังคอนแทคซึ่งมีการเติมอากาศเท่านั้น และไม่สามารถเกิดในถังแอนน็อกซิก1ได้ ดังนั้นค่าแอมโมเนียที่ลดลงในถังคอนแทค ซึ่งเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชันจะหาได้จาก

$$\Delta N = N_{AN} - N_C \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

- เมื่อ ΔN = ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ลดลง (มก./ล.)
- N_C = ความเข้มข้นของแอมโมเนียในถังคอนแทค (มก./ล.)
- N_{AN} = ความเข้มข้นของแอมโมเนียในถังแอนน็อกซิก (มก./ล.)

จากสมการที่ 4.1 สามารถสรุปค่าประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนีย ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.14

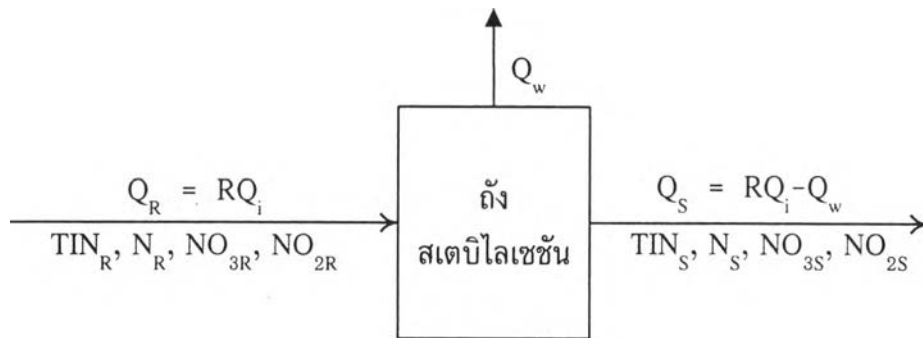
ตารางที่ 4.14 สรุปค่าประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังคอนแทค

พารามิเตอร์	ค่าอายุตะกอน	N_{AN} (มก./ล.)	N_C (มก./ล.)	Δ_N (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)
แอมโมเนีย	3 วัน	11.44	9.05	2.39	20.9
	6 วัน	10.84	6.80	4.04	37.3
	10 วัน	10.01	4.63	5.38	53.7
	16 วัน	9.57	3.36	6.21	64.9

จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียจะขึ้นกับค่าอายุตะกอนของระบบเป็นสำคัญ โดยเมื่อค่าอายุตะกอนเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพก็เพิ่มตามไปด้วย อันเนื่องมาจากปริมาณ Nitrifier ที่เพิ่มขึ้นในถังนั่นเอง และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพโดยรวมของทุกชุดการทดลองแล้วจะเห็นว่ามีความค่อนข้างต่ำ โดยมีค่ามากที่สุดเพียง 64.9% เท่านั้นที่ค่าอายุตะกอน 16 วัน ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากมีเวลาเก็บกักในถังคอนแทคต่ำเกินไป (4 ชั่วโมง)

4.2.8.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังสเตบิลไลเซชัน

ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังสเตบิลไลเซชัน ก็เป็นเช่นเดียวกันกับในถังคอนแทค คือ ขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันเป็นสำคัญ ในรูปที่ 4.10 ได้แสดงการแยกส่วนเฉพาะถึงสเตบิลไลเซชัน เพื่อทำการสมมูลย์มวลของค่าสารประกอบไนโตรเจนต่าง ๆ ดังนี้



เมื่อ N_R, NO_{3R}, NO_{2R}	= ความเข้มข้นแอมโมเนีย, ไนเตรท, ไนไตรท์ ในตะกอนเวียนกลับ	(มก./ล.)
N_S, NO_{3S}, NO_{2S}	= ความเข้มข้นแอมโมเนีย, ไนเตรท, ไนไตรท์ ในถังสเตบิไลเซชัน	(มก./ล.)
TIN_R	= ค่า Total Inorganic Nitrogen ในตะกอนเวียนกลับ = $N_R + NO_{3R} + NO_{2R}$	(มก./ล.)
TIN_S	= ค่า Total Inorganic Nitrogen ในถังสเตบิไลเซชัน = $N_S + NO_{2S} + NO_{3S}$	(มก./ล.)
ΔTIN	= ค่า Total Inorganic Nitrogen ที่ลดลงในถัง สเตบิไลเซชัน	(มก./ล.)
	= $TIN_R - TIN_S$	(มก./ล.)

รูปที่ 4.10 แสดงการสมดุลมวลรอบถังสเตบิไลเซชันของสารประกอบไนโตรเจนต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.10 ซึ่งแสดงการสมดุลมวลรอบถังสเตบิไลเซชันของสารประกอบไนโตรเจนต่าง ๆ จะได้ผลสรุปดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการสมดุลมวลรอบถังสเตบิลไลเซชันของสารประกอบ
ไนโตรเจนต่าง ๆ

ค่าอายุ ตะกอน	N_S (มก./ล.)	NO_{3S} (มก./ล.)	NO_{2S} (มก./ล.)	TIN_S (มก./ล.)	N_R (มก./ล.)	NO_{3R} (มก./ล.)	NO_{3S} (มก./ล.)	TIN_R (มก./ล.)	ΔTIN (มก./ล.)
3 วัน	6.12	0.15	0.07	6.34	9.00	0.24	0.21	9.45	3.11
6 วัน	3.48	0.07	0.12	3.67	6.72	0.06	0.19	6.97	3.30
10 วัน	1.59	1.43	0.40	3.42	4.53	0.54	0.23	5.30	1.88
16 วัน	1.03	1.85	0.24	3.12	3.16	0.44	0.27	3.87	0.75

เมื่อพิจารณาการสมดุลมวลในรูปที่ 4.10 ค่า TIN_S และ TIN_R ควรจะมีค่าเท่ากัน ($\Delta TIN = 0$) อันเนื่องมาจากแอมโมเนียจะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนโตรท์ และไนเตรท์โดยกระบวนการไนตริฟิเคชันเท่านั้น โดยจะไม่เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้นในถังสเตบิลไลเซชันแน่นอน ดังนั้นจึงอาจตั้งสมมุติฐานได้ว่า ค่า ΔTIN ที่ลดลงในถังสเตบิลไลเซชันนี้เกิดจากการใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างและบำรุงรักษาเซลล์(Assimilation) นั้นเอง

ดังนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังสเตบิลไลเซชัน จะไม่สามารถหาได้จากปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงได้ อันเนื่องมาจากมีผลของกระบวนการ Assimilation เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย แต่สามารถหาได้โดยคำนวณหาปริมาณของไนโตรท์ และไนเตรท์ที่เพิ่มขึ้น เปรียบเทียบกับปริมาณแอมโมเนียในตะกอนเวียนกลับ(N_R) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = (NO_{3S} + NO_{2S} - NO_{3R} - NO_{2R}) \times 100 / N_R \quad \dots\dots(4.2)$$

จากสมการที่ 4.2 สามารถสรุปประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังสเตบิลไลเซชัน ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในถังสเตบิลเซชัน
ที่อายุตะกอนต่าง ๆ

ค่าอายุตะกอน	$\text{NO}_{3\text{S}} + \text{NO}_{2\text{S}} - \text{NO}_{3\text{R}} - \text{NO}_{2\text{R}}$ (มก./ล.)	N_R	ประสิทธิภาพ (%)
3 วัน	-0.23	9.00	0
6 วัน	-0.06	6.72	0
10 วัน	1.06	4.53	23.4
16 วัน	1.38	3.16	43.7

จากตารางที่ 4.16 จะเห็นว่าที่ค่าอายุตะกอน 3 และ 6 วัน มีประสิทธิภาพเท่ากับศูนย์ ซึ่งแสดงว่าไม่มีการเกิดไนตริฟิเคชันเลย ส่วนที่ค่าอายุตะกอน 10 และ 16 วัน มีประสิทธิภาพเพียงแค่ 23.4 และ 43.7% ตามลำดับเท่านั้น ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากมีเวลาเก็บกักในถังสเตบิลเซชันน้อยเกินไป (2 ชั่วโมง)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียทั้งในถังคอนแทคและสเตบิลเซชันแล้วอาจสรุปได้ว่า รูปแบบของกระบวนการตะกอนเร่งแบบสัมผัส-ย่อยสลายนี้อาจจะไม่เหมาะสมในการกำจัดแอมโมเนียในน้ำเสีย โดยถ้าพิจารณาในแง่ของการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียเพียงอย่างเดียวแล้ว การเพิ่มเวลาเก็บกักน้ำในถังคอนแทคโดยไม่จำเป็นต้องมีถังสเตบิลเซชัน น่าจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียที่ดีกว่านี้ได้

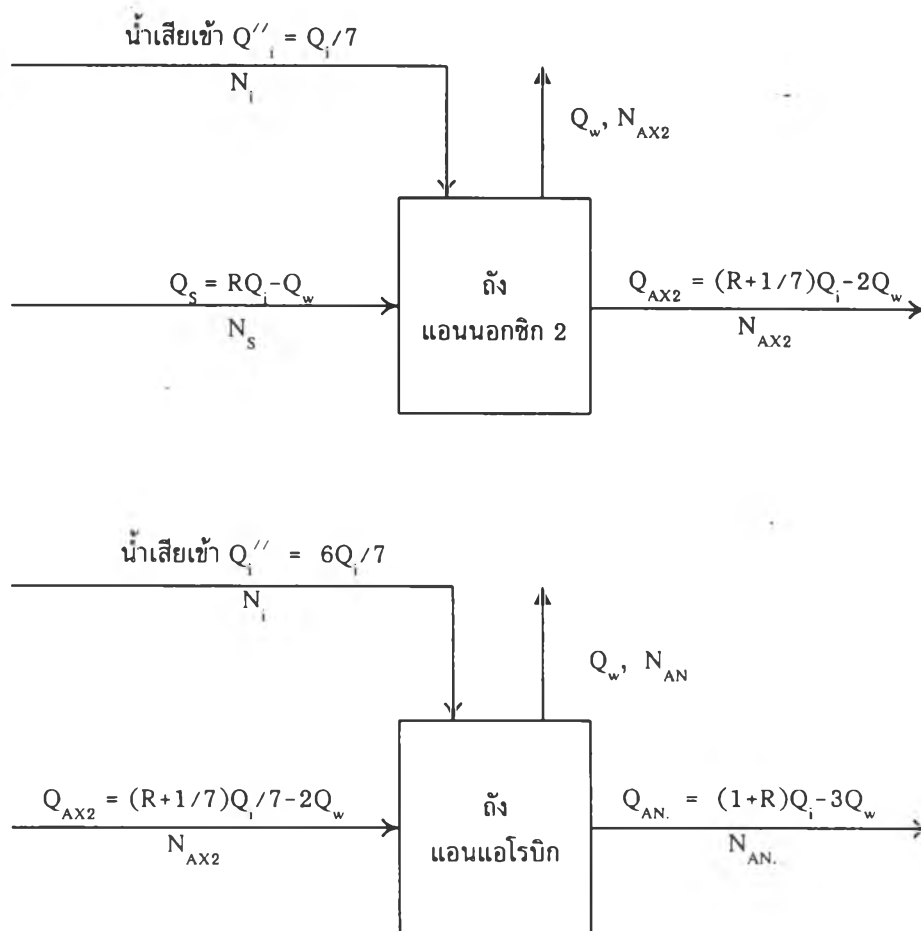
4.2.8.4 การใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์ (Assimilation)

ในการทดลองนี้ได้มีการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังแอนน็อกซิก 2 และถังแอนแอโรบิก โดยการกำจัดสารอาหารในถัง 2 ดังนี้ จุลินทรีย์จะต้องใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริม (Nutrient) ในการสร้างเซลล์ อีกทั้งใน 2 ถังนี้จะไม่มีการเติมอากาศดังนั้นกระบวนการไนตริฟิเคชันจะไม่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน ซึ่งจากผลการทดลองได้พบว่าการลดลงของแอมโมเนียในถัง 2 ถังนี้ อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการลดลงของแอมโมเนียในถังแอนน็อกซิก 2

และถังแวนแอรโรบิก จะเกิดจากการที่จุลินทรีย์ใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์ เพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้จากหัวข้อ 4.2.8.3 ได้พบว่าการลดลงของ Total Inorganic Nitrogen ในถังสเตบิไลเซชัน ซึ่งคาดว่าจะเกิดขึ้นจากการใช้แอมโมเนียในการสร้างและบำรุงรักษาเซลล์ด้วยเช่นกัน ซึ่งค่าแอมโมเนียที่ถูกใช้ไปนี้จะเท่ากับค่า Total Inorganic Nitrogen ที่ลดลงในถังสเตบิไลเซชัน (ΔTIN) นั่นเอง

แอมโมเนียที่ถูกใช้ไปในถังแอนน็อกซิก 2 และในถังแวนแอรโรบิก สามารถหาได้โดยการทำสมดุลมวลรอบถังทั้งสองของแอมโมเนีย ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงผลการสมดุลมวลรอบถังแอนน็อกซิก 2 และถังแวนแอรโรบิกของแอมโมเนีย

จากรูปที่ 4.11 เมื่อทำการสมดุลมวลรอบถังทั้งสองของค่าแอมโมเนีย และแทนค่า $R = 1$ จะสามารถหาปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\Delta N_{AX2} &= \text{ปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงในถังแอนนออกซิก 2 (มก./วัน)} \\ &= (Q_i - Q_w)N_s + (Q_i/7)N_i - (8Q_i/7 - Q_w)N_{AX2} \quad \dots\dots\dots(4.3)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta N_{AN} &= \text{ปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงในถังแอนเอโรบิก (มก./วัน)} \\ &= (8Q_i/7 - 2Q_w)N_{AX2} + (6Q_i/7)N_i - (2Q_i - 2Q_w)N_{AN2} \quad \dots\dots\dots(4.4)\end{aligned}$$

นอกจากนี้ในหัวข้อ 4.2.8.3 ซึ่งพบว่าในถังสเตบิไลเซชันมีการใช้แอมโมเนียเป็นอาหารเสริมในการสร้างและบำรุงรักษาเซลล์ด้วย โดยปริมาณแอมโมเนียที่ถูกใช้ไปจะมีค่าเท่ากับปริมาณของ Total Inorganic Nitrogen ที่ลดลงในถัง ซึ่งเท่ากับ ΔTIN จากตารางที่ 4.15 นั้นเอง ดังนั้นการหาปริมาณแอมโมเนียที่ถูกใช้ไปในถังสเตบิไลเซชันสามารถหาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}\Delta N_s &= \text{ปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงในถังสเตบิไลเซชัน (มก./วัน)} \\ &= Q_i \cdot \Delta TIN \quad \dots\dots\dots(4.5)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น } \Delta N_{total} &= \text{ปริมาณแอมโมเนียที่ถูกใช้โดยกระบวนการ Assimilation} \\ &\quad \text{ในระบบ (มก./วัน)} \\ &= \Delta N_{AX2} + \Delta N_{AN} + \Delta N_s \quad \dots\dots\dots(4.6)\end{aligned}$$

จากสมการที่ 4.3 ถึง 4.6 สามารถนำมาคำนวณหาค่า ΔN_{total} ตามตารางที่ 4.17 โดยค่า Q_i เป็นอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ และ Q_w เป็นอัตราการทิ้งตะกอนซึ่งจะแปรตามค่าอายุตะกอนของระบบ ซึ่งค่า Q_i และ Q_w ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.5 แล้ว

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการคำนวณค่า ΔN_{total} ตามค่าอายุตะกอน

θ_c (วัน)	ΔN_{AX2} (มก./วัน)	$\Delta N_{AN.}$ (มก./วัน)	ΔN_S (มก./วัน)	ΔN_{total} (มก./วัน)
3	80.65	361.38	108.85	550.88
6	57.47	333.77	115.50	506.74
10	63.88	309.72	65.80	439.40
16	81.57	309.74	26.25	417.56

ถ้ากำหนดให้ S_T = ปริมาณซีโอดีที่เข้าสู่ระบบทั้งหมด (มก./วัน)

$$S_T = Q_i S_i \quad (S_i = 600 \text{ มก./ล.})$$

ดังนั้น $S_T = 35 \times 600 = 21,000$ (มก./วัน)

จากตารางที่ 4.17 ค่า ΔN_{total} เฉลี่ยของทุกชุดการทดลองจะมีค่าเท่ากับ 478.65 มก./วัน และเมื่อคิดเปรียบเทียบกับปริมาณซีโอดีที่เข้าสู่ระบบทั้งหมด (S_T) พบว่าในการกำจัดซีโอดีไป 100 มก. จะมีการใช้แอมโมเนียในการสร้างเซลล์ (Assimilation) ไป 2.28 มก. ดังแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$COD : NH_3-N = 100 : 2.28 \quad \dots\dots\dots(4.7)$$

จากผลการคำนวณที่ผ่านมาทั้งหมดจะเห็นว่ากระบวนการ Assimilation จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียของระบบอย่างมาก โดยเฉพาะที่อายุตะกอนต่ำๆ กระบวนการ Assimilation จะมีผลมากกว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเสียอีก

ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากที่ค่าอายุตะกอนต่ำ ปริมาณ Nitrifier ในระบบมีน้อยรวมทั้งเวลาเก็บกักทั้งในถังคอนแทค และสเตบิไลเซชันมีค่าค่อนข้างต่ำนั่นเอง

4.2.9 ค่าไนเตรท และไนไตรท์ ($\text{NO}_3\text{-N}$ & $\text{NO}_2\text{-N}$)

ตารางที่ 4.18 สรุปค่าไนเตรทและไนไตรท์ในตำแหน่งต่างๆของระบบที่อายุตะกอนต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสีย เข้า	ถัง สเตบิไลเซชัน	ถัง แอนน็อกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนน็อกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสีย ออก
ไนเตรท (มก./ล.)	3 วัน	0.35	0.15	0.15	0.30	0.12	0.20	0.24
	6 วัน	0.32	0.07	0.04	0.20	0.03	0.07	0.06
	10 วัน	0.35	1.43	0.08	0.09	0.08	0.46	0.54
	16 วัน	0.40	1.85	0.01	0.02	0.02	0.43	0.44
ไนไตรท์ (มก./ล.)	3 วัน	0	0.07	0	0	0	0.18	0.21
	6 วัน	0	0.12	0	0	0	0.14	0.19
	10 วัน	0	0.40	0	0	0	0.18	0.23
	16 วัน	0	0.24	0	0	0	0.23	0.27

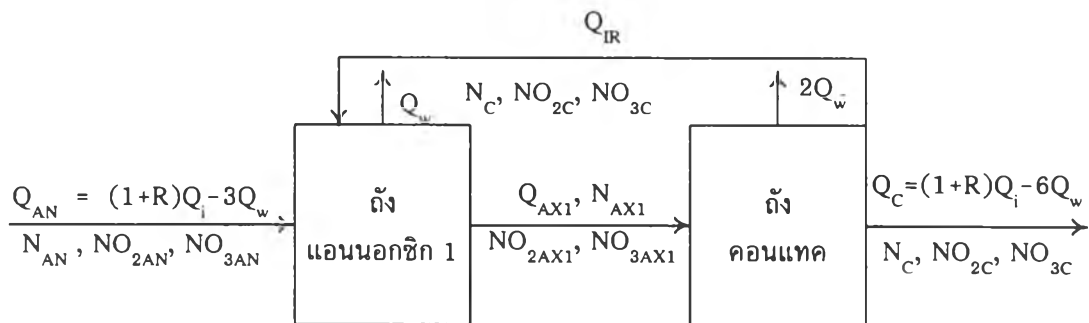
จากตารางที่ 4.18 เมื่อพิจารณาค่าไนไตรท์ในถังสเตบิไลเซชันและถังคอนแทค จะเห็นว่ายังมีไนไตรท์เหลืออยู่ในทุกชุดการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเกิดไนตริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์ (Incompleted Nitrification) อันเนื่องมาจากมีระยะเวลาเก็บกักต่ำเกินไป

ประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรทและไนไตรท์ จะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในระบบเป็นสำคัญ ซึ่งในการทดลองนี้จะพิจารณาถึงอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันใน 2 กรณี คือ

- อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนน็อกซิก 1 (U_{DN1})
- อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนน็อกซิก 2 (U_{DN2})

4.2.9.1 อัตราการเกิดดีไนทริฟิเคชันในถังแอนน็อกซิก 1 (U_{DN1})

พิจารณารูปที่ 4.12 ซึ่งได้ทำการแยกส่วนถังแอนน็อกซิก 1 และถังคอนแทค ออกจากระบบรวมเพื่อหาอัตราการเกิดดีไนทริฟิเคชัน



- เมื่อ $N_{AN}, NO_{2AN}, NO_{3AN}$ = ความเข้มข้นของแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท
ในถังแอนแอโรบิก (มก./ล.)
- $N_{AX1}, NO_{2AX1}, NO_{3AX1}$ = ความเข้มข้นแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท
ในถังแอนน็อกซิก 1 (มก./ล.)
- N_C, NO_{2C}, NO_{3C} = ความเข้มข้นแอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท
ในถังคอนแทค (มก./ล.)

รูปที่ 4.12 แสดงการแยกส่วนถังแอนน็อกซิก 1 และถังคอนแทคจากระบบรวมเพื่อหาอัตราการเกิดดีไนทริฟิเคชันในถังแอนน็อกซิก 1

ในการหาอัตราการเกิดดีไนทริฟิเคชันในถังแอนน็อกซิก 1 จะใช้สมมุติฐาน ดังนี้

1. ปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงในถังคอนแทค จะเกิดจากกระบวนการไนทริฟิเคชันเปลี่ยนรูปแอมโมเนียเป็นไนไตรท์และไนเตรทเท่านั้น (สรุปในตารางที่ 4.14 หัวข้อ 4.2.8.2)

2. การเกิดดีไนทริฟิเคชันเปลี่ยนรูปไนเตรทเป็นก๊าซไนโตรเจน จะเกิดในถังแอนนออกซิก 1 เท่านั้น

จากสมมุติฐานทั้ง 2 ข้อ จะสามารถหาปริมาณของไนเตรทที่ถูกเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซไนโตรเจนได้จาก ปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงในถังคอนแทครวมกับปริมาณไนโตรท์และไนเตรทจากถังแอนแอโรบิกด้วยปริมาณของไนโตรท์และไนเตรทที่ออกจากถังคอนแทค ดังแสดงในสมการที่ 4.8 สำหรับอัตราการเกิดดีไนทริฟิเคชันจะหาได้จากสมการที่ 4.9 ดังนี้

$$\Delta\text{NO}_3 = \Delta\text{N} + (\text{NO}_{3\text{AN}} + \text{NO}_{2\text{AN}}) - (\text{NO}_{3\text{C}} + \text{NO}_{2\text{C}}) \dots\dots\dots(4.8)$$

$$U_{\text{DN1}} = \frac{[(1+R)Q_i - 3Q_w] \Delta\text{NO}_3}{M_{\text{AX1}}} \dots\dots\dots(4.9)$$

โดยปกติ ค่า Q_w จะน้อยมากเมื่อเทียบกับ Q_i จึงสามารถตัดทิ้งได้ และเมื่อแทนค่า $R = 1$ จากการทดลอง จะได้

$$U_{\text{DN1}} = 2Q_i \Delta\text{NO}_3 / M_{\text{AX1}} \dots\dots\dots(4.10)$$

- เมื่อ ΔNO_3 = ปริมาณไนเตรทที่เปลี่ยนรูปเป็น
ก๊าซไนโตรเจน (มก./ล.)
- ΔN = ปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงในถังคอนแทค
(จากตารางที่ 4.14 หัวข้อ 4.2.8.2) (มก./ล.)
- U_{DN1} = อัตราการเกิดดีไนทริฟิเคชัน (มก.ไนเตรท/มก.MLVSS.วัน)
- M_{AX1} = มวลของจุลินทรีย์ทั้งหมดในถังแอนนออกซิก 1
= $X_{\text{AX1}} \cdot V_{\text{AX1}}$ (มก.)

จากสมการที่ 4.8 และ 4.9 สามารถสรุปอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน
ในถังแวนนอกซิก 1 ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 สรุปค่าอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน (U_{DN1}) ในถังแวนนอกซิก 1
ที่ค่าอายุตะกอนต่างๆ

ค่าอายุตะกอน	M_{AX1} (มก.)	ΔNO_3 (มก./ล.)	U_{DN1} (วัน ⁻¹)
3 วัน	2,932	2.31	0.053
6 วัน	5,452	4.03	0.051
10 วัน	7,259	4.83	0.046
16 วัน	9,155	5.57	0.042

USEPA (1975) ได้สรุปผลจากการทดลองว่าค่าอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน (U_{DN}) ในกรณีที่ใช้น้ำเสียเป็นแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนจะอยู่ในช่วง 0.03-0.11 มก. NO_3^- /มก.MLVSS-วัน โดยจากผลการทดลองพบว่ามีค่า U_{DN1} อยู่ในช่วง 0.042-0.053 มก. NO_3^- /มก.MLVSS-วัน ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าที่สอดคล้องกัน

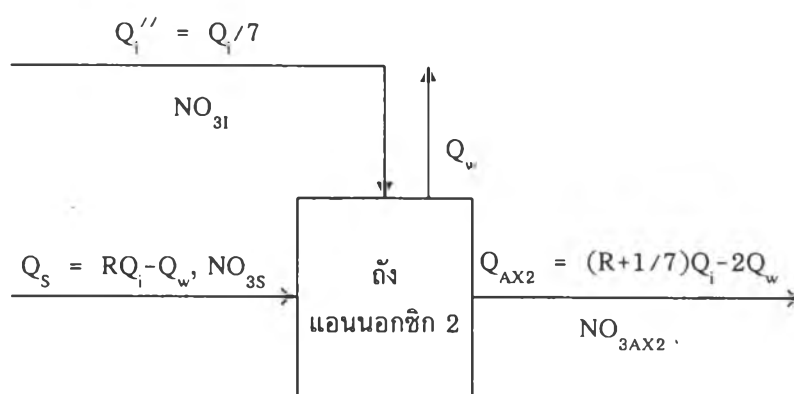
กลไกหลักในการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแวนนอกซิก 1 น่าจะเกิดจากการย่อยสลายสารอาหารที่ได้ดูดซึมไว้ภายในเซลล์ในถังแวนเอโรบิกโดยใช้ออกซิเจนในไนเตรทจากจุลินทรีย์บางชนิด รวมทั้งบางส่วนอาจเกิดจากการตายและสลายตัวของเซลล์จุลินทรีย์เอง (Endogenous Nitrate Denitrification) โดย Lotter (1989) ได้พบจุลินทรีย์บางพันธุ์ ซึ่งเป็น Subspecies ของ Acinetobacter ที่สามารถกำจัดไนโตรทได้โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน (U_{DN}) ที่สำคัญได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณไนเตรทที่เข้าสู่ระบบ ถ้าทั้งสองตัวนี้มีค่าสูงจะทำให้ค่า U_{DN} สูงตามไปด้วย แต่ถ้าทั้งสองตัวมีค่าต่ำหรือตัวใดตัวหนึ่งต่ำจะทำให้ค่า U_{DN} ต่ำตามไปด้วย

จากตารางที่ 4.19 จะเห็นว่าค่า U_{DN1} จะมีค่าลดลงเมื่ออายุตะกอนเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากเมื่ออายุตะกอนเพิ่มขึ้นปริมาณเซลล์ในระบบเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณสารอาหารที่เข้าสู่ระบบคงที่ทำให้อัตราการใช้สารอาหารต่อมวลจุลินทรีย์มีค่าลดลง ทำให้ค่า U_{DN} ซึ่งขึ้นกับอัตราการใช้สารอาหารต่อมวลจุลินทรีย์มีค่าต่ำตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาร่วมกับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ถูกรอกออกซิไดซ์ในถังคอนแทค (ΔN จากตารางที่ 4.14) ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุตะกอน แต่ในขณะเดียวกันค่า U_{DN1} กลับลดลง แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนเตรทจะไม่เป็นปัจจัยที่กำหนดอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน โดยปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังนี้ ได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่เข้าสู่ถังนั่นเอง -

4.2.9.2 อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนนออกซิก 2 (U_{DN2})

การหาอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนนออกซิก 2 สามารถหาได้จากการทำสมดุลมวลรอบถังแอนนออกซิก 2 ของไนเตรท ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ดังนี้



$NO_{3I}, NO_{3S}, NO_{3AX2}$ = ความเข้มข้นไนเตรทในน้ำเสียเข้า, ถังสเตบิไลเซชัน และถังแอนนออกซิก 2 (มก./ล.)

ΔNO_3 = ปริมาณไนเตรทที่ลดลงในถังแอนนออกซิก 2 (มก./วัน)
 $= (RQ_i - Q_w)NO_{3S} + Q_i NO_{3I} / 7 - [(R + 1/7)Q_i - Q_w]NO_{3AX2}$

รูปที่ 4.13 แสดงการสมดุลมวลรอบถังแอนนออกซิก 2 ของไนเตรท

จากผลการสมดุลง่ายในรูปที่ 4.13 สามารถสรุปค่าไนเตรทที่ลดลงในถังแอนนออกซิก 2 และอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน(U_{DN2})ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.20 โดยค่า U_{DN2} สามารถหาได้จากสมการที่ 4.11

$$U_{DN2} = (RQ_i - Q_w) \Delta NO_3 / M_{AX2} \quad \dots\dots\dots(4.11)$$

โดย $M_{AX2} =$ มวลของจุลินทรีย์ทั้งหมดในถัง แอนนออกซิก 2
 $= X_{AX2} \cdot V_{AX2} \quad \dots \quad \text{(มก.)}$

โดยปกติค่า Q_w เมื่อเทียบกับ Q_i จะมีค่าน้อยมากสามารถตัดทิ้งได้ และเมื่อแทนค่า $R = 1$ จากการทดลอง จะได้

$$U_{DN2} = Q_i \Delta NO_3 / M_{AX2} \quad \dots\dots\dots(4.12)$$

ตารางที่ 4.20 สรุปค่าอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน (U_{DN2}) ในถังแอนนออกซิก 2 ที่ค่าอายุตะกอนต่างๆ

ค่าอายุตะกอน	ΔNO_3 (มก./วัน)	ความเข้มข้นไนเตรท ที่ลดลง (มก./ล.)	U_{DN2} (มก. ไนเตรท/มก. MLVSS-วัน)
3 วัน	1	0.026	0
6 วัน	2.44	0.062	0
10 วัน	48.21	1.214	0.003
16 วัน	66.02	1.658	0.003

จากตารางที่ 4.20 พบว่า อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังนี้มีค่าต่ำมากจนถึงศูนย์ที่ค่าอายุตะกอน 3 และ 6 วัน อันเนื่องมาจากมีอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันในถังสแตบิลไลเซชันต่ำ ทำให้ปริมาณไนเตรทที่เข้าสู่ถังแอนนออกซิก 2 มีค่าต่ำ และถึงแม้ว่าจะมีการ

ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังแอนนอซิก 2 ในปริมาณที่ต่ำ (5 ลิตร/วัน) แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่เป็นตัวจำกัดอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังนี้ คือ ปริมาณไนเตรทที่เข้าสู่ถัง

4.2.10 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

ตารางที่ 4.21 สรุปค่าความเป็นด่างในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบที่สภาวะคงตัว

ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสีย เข้า	ถัง สเตบิลไลเซชัน	ถัง แอนนอซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนนอซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสีย ออก
3 วัน	194	255	261	277	268	264	263
6 วัน	191	256	271	290	284	274	272
10 วัน	195	244	257	282	270	260	258
16 วัน	192	238	252	283	268	263	255

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร (มก./ล.)

ในการทดลองนี้ จะมีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ลงในน้ำเสียสังเคราะห์เพื่อเป็นแหล่งความเป็นด่างในระบบ โดยจะมีสภาพความเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 191-195 มก./ล. ในทุกชุดการทดลอง เมื่อป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบในถังแอนแอโรบิกแล้วจะเห็นว่า มีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นอย่างมาก อันเนื่องมาจากการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจากปฏิกิริยาการหมัก (Fermentation) ในถังแอนแอโรบิก โดยจะมีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 277-290 มก./ล. ในทุกชุดการทดลอง

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นด่างในถังคอนแทค จะเห็นว่ามีค่าลดลงจากความเป็นด่างในถังแอนแอโรบิก อันเนื่องมาจากการเกิดไนตริฟิเคชันขึ้นในถังคอนแทค และถึงแม้ว่าจะมีการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้นในถังแอนนอซิก 1 แต่ในทางทฤษฎีแล้วการเกิดดีไนตริฟิเคชันจะเพิ่มความเป็นด่างเพียง 3.57 มก./ล. ต่อการรีดิวซ์แอมโมเนีย 1 มก./ล. ในขณะที่การเกิดไนตริฟิเคชันจะลดความเป็นด่างถึง 7.14 มก./ล. ต่อการออกซิไดซ์แอมโมเนีย 1 มก./ล. ในตารางที่ 4.22 จะแสดงการเปรียบเทียบถึงการลดลงของความเป็นด่างตามทฤษฎีและจากผลการ

ทดลอง โดยจะเห็นว่าการลดลงของความเป็นต่างในถังคอนแทคจากทฤษฎีและจากผลการทดลองจริงมีค่าใกล้เคียงกันมาก และเมื่อพิจารณาค่าความเป็นต่างที่ลดลงในถังคอนแทคจากรายที่ 4.22 ร่วมกับค่า pH ที่เพิ่มขึ้นในถังคอนแทคจากรายที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเป็นต่างในระบบเพียงพอต่อกระบวนการไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบการลดลงของความเป็นต่างในถังคอนแทคตามทฤษฎีและจากผลการทดลอง

อายุตะกอน	Alk. ในถัง แอนแอโรบิก	Alk. ในถัง คอนแทค	Alk. ที่ลดลงจากการทดลอง	$\Delta N^{(1)}$ (มก./ล.)	$\Delta NO_3^{(2)}$ (มก./ล.)	Alk. ที่ลดลง ⁽³⁾ ตามทฤษฎี
3 วัน	277	264	13	2.39	2.31	8.82
6 วัน	290	274	16	4.04	4.03	14.46
10 วัน	282	260	22	5.38	4.83	21.17
16 วัน	283	263	20	6.21	5.57	24.45

(1) ΔN คือ ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ลดลงในถังคอนแทค จากรายที่ 4.14

(2) ΔNO_3 คือ ความเข้มข้นของไนเตรทที่ลดลงในถังแอนน็อกซิก 1 จากรายที่ 4.19

(3) Alk. ที่ลดลงตามทฤษฎี = $7.14 (\Delta N) - 3.57 (\Delta NO_3)$

4.2.11 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus, TP)

ตารางที่ 4.23 สรุปค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในตำแหน่งต่างๆ ของระบบที่อายุตะกอนต่างๆ

ค่าอายุ ตะกอน	น้ำเสียเข้า	ถัง สเตบิโลเซชัน	ถัง แอนน็อกซิก 2	ถัง แอนแอโรบิก	ถัง แอนน็อกซิก 1	ถัง คอนแทค	น้ำเสีย ออก
3 วัน	10.01	3.33	7.47	13.66	8.3	6.14	5.71
6 วัน	10.37	1.26	13.02	20.00	12.44	2.78	1.40
10 วัน	10.01	1.58	8.82	20.54	9.83	3.18	2.50
16 วัน	10.34	1.49	12.56	21.27	12.69	3.09	2.16

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร (มก./ล.)

ตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 2 กลไกในการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพได้แก่ การสร้างสภาวะเปลี่ยนแปลงระหว่างแอนแอโรบิกกับแอโรบิก เพื่อให้เกิดการคายฟอสฟอรัส (Phosphorus Release) ในสภาพแอนแอโรบิก และเกิดการจับเอาฟอสฟอรัสเข้าไปในเซลล์ (Luxury Uptake) ในสภาพแอโรบิก ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษผลจากการทดลอง ต่างๆ ใน 3 กรณี คือ

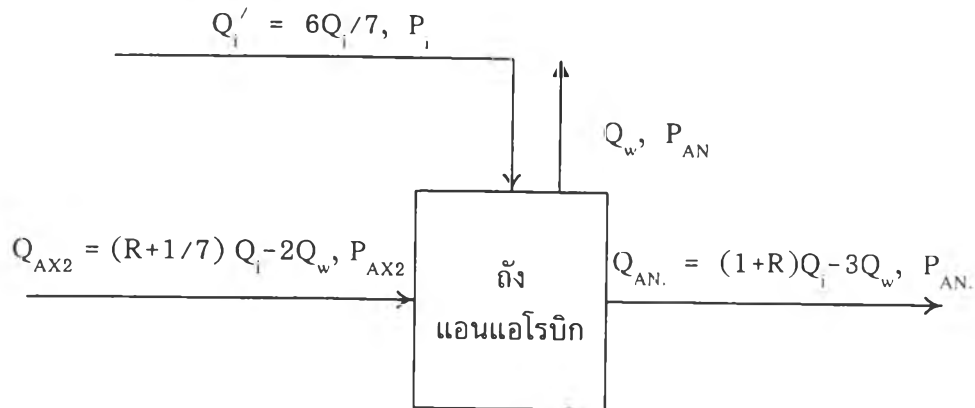
- การคายฟอสฟอรัสในสภาพแอนแอโรบิก
- การจับฟอสฟอรัสในสภาพแอโรบิก
- ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสโดยรวมของระบบ

4.2.11.1 การคายฟอสฟอรัส (Phosphorus Release)

จากผลการทดลองจะพบการคายฟอสฟอรัสทั้งในถังแอนนออกซิก 2 และถังแอนแอโรบิกซึ่งมีการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถัง ดังนั้นในการวิจัยนี้จะพิจารณาถึงการคายฟอสฟอรัสใน 2 ส่วน คือ ในถังแอนแอโรบิก และถังแอนนออกซิก 2

1) การคายฟอสฟอรัสในถังแอนแอโรบิก

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.14 ซึ่งแสดงการสมดุลงมวรอบถัง แอนแอโรบิกของฟอสฟอรัสทั้งหมด เพื่อใช้ในการหาอัตราการคายฟอสฟอรัส



- เมื่อ $P_i, P_{AX2}, P_{AN.}$ = ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียเข้า ถังแอนนอริก 2 และในถังแอนแอมโรบิก (มก./ล.)
- $\Delta P_{AN.}$ = ปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นในถังแอนแอมโรบิก (มก./วัน)
- = $[(1+R)Q_i - 2Q_w]P_{AN.} - [(R+1/7)Q_i - 2Q_w]P_{AX2} - (6Q_i/7)P_i$

รูปที่ 4.14 แสดงการสมดุลมวลรอบถังแอนแอมโรบิกของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากผลการสมดุลมวลในรูปที่ 4.14 และแทนค่า $R=1$ สามารถสรุปค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการคายฟอสฟอรัสในถังแอนแอมโรบิก ดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 สรุปผลการสมดุลมวลรอบถังแอนแอมโรบิกของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

อายุตะกอน	$P_{AN.}$ (มก./ล.)	P_{AX2} (มก./ล.)	P_i (มก./ล.)	$\Delta P_{AN.}$ (มก./วัน)	ความเข้มข้นฟอสฟอรัส ที่เพิ่มขึ้น (มก./ล.)	อัตราการคาย ฟอสฟอรัส (%)
3 วัน	13.66	7.47	10.01	345.13	5.07	136
6 วัน	20.00	13.02	10.37	561.36	8.13	193
10 วัน	20.54	8.82	10.01	777.91	11.21	205
16 วัน	21.27	12.56	10.34	672.46	9.66	206

จากตารางที่ 4.24 ในถังแวนแเอโรบิกจะมีอัตราการคายฟอสฟอรัสที่อายุตะกอน 3, 6, 10 และ 16 วัน เท่ากับ 136, 193, 205 และ 206% เมื่อเทียบกับความเข้มข้นฟอสฟอรัสในน้ำเสียเข้า ตามลำดับ โดยน้ำเสียส่วนมาก (30 ลิตร/วัน) จะถูกป้อนเข้าสู่ถังแวนแเอโรบิก ดังนั้นการคายฟอสฟอรัสในถังแวนแเอโรบิกจะเป็นไปตามกลไกในการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ กล่าวคือ จุลินทรีย์พวกโพลีพีจะทำการดูดซึมสารอาหารเข้าภายในเซลล์และเก็บเป็นอาหารสำรองในรูป PHB พร้อมทั้งคายฟอสฟอรัสออกมาในระบบ

การหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณการดูดซึมสารอาหารต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่คายออกมาในถังแวนแเอโรบิกสามารถทำได้โดยการสมมูลย์มวลรอบถังแวนแเอโรบิกของซีโอดี เพื่อหาปริมาณการดูดซึมสารอาหาร (ΔS_{AN}) ในถังได้ ดังสมการ

$$\Delta S_{AN} = (8Q_i/7 - 2Q_w)S_{AX2} + (6Q_i/7)S_i - (2Q_i - 2Q_w)S_{AN} \dots\dots(4.13)$$

จากสมการ 4.13 และตารางที่ 4.24 สามารถหาอัตราส่วนปริมาณการดูดซึมสารอาหารต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่คายออกมาในถังแวนแเอโรบิก ($\Delta S_{AN}/\Delta P_{AN}$) ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ดังแสดงในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการคำนวณค่า $\Delta S_{AN}/\Delta P_{AN}$ ตามค่าอายุตะกอน

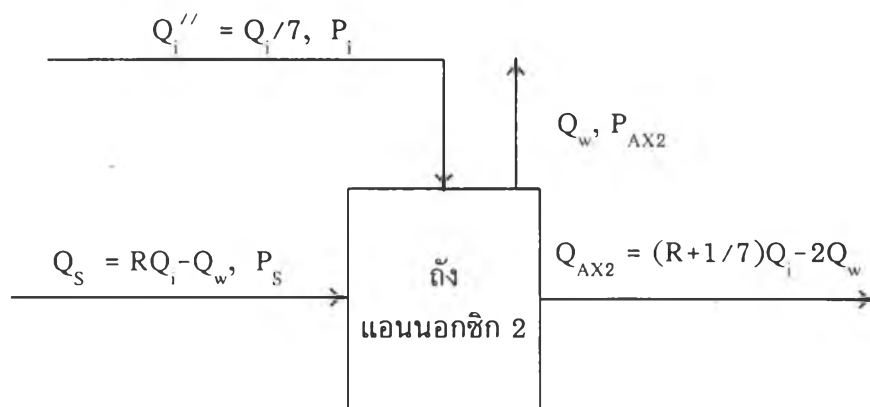
อายุตะกอน	ΔP_{AN} (มก.P/วัน)	ΔS_{AN} (มก.COD/วัน)	$\Delta S_{AN}/\Delta P_{AN}$
3 วัน	345	13,680	39.65
6 วัน	561	15,365	27.39
10 วัน	778	16,537	21.26
16 วัน	672	16,982	25.27

จากตารางที่ 4.25 จะเห็นว่าที่ค่าอายุตะกอน 3 วัน อัตราการคายฟอสฟอรัสจะลดลงอย่างมาก ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลจากการที่ตะกอนออกจากระบบที่มากเกินไป ทำให้พวก Poly-P Bacteria ซึ่งปกติเป็นจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ช้ามีปริมาณลดลงจนไม่สามารถเจริญเติบโตทันกับจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆในระบบได้ ดังนั้นการพิจารณาถึงค่าอัตราส่วนปริมาณการดูดซึมสารอาหารต่อปริมาณการคายฟอสฟอรัสในถังแอนแอโรบิก ($\Delta S_{AN.}/\Delta P_{AN.}$) จะพิจารณาที่อายุตะกอน 6-16 วัน เท่านั้น โดยเมื่อหาค่าเฉลี่ยของ $\Delta S_{AN.}/\Delta P_{AN.}$ ที่ค่าอายุตะกอน 6, 10 และ 16 วัน แล้ว จะได้

$$\Delta S_{AN.}/\Delta P_{AN.} = 24.6 \text{ mg.COD Sequestered/mg.P-Release(4.14)}$$

2) การคายฟอสฟอรัสในถังแอนนออกซิก 2

การหาอัตราการคายฟอสฟอรัสในถังแอนนออกซิก 2 สามารถหาได้จากการทำสมดุลย์มวลรอบถังแอนนออกซิก 2 ของฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4.15



- เมื่อ P_i, P_s, P_{AX2} = ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียเข้า ถังสเตบิไลเซชัน และถังแอนนออกซิก 2 (มก./ล.)
- ΔP_{AX2} = ปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นในถังแอนนออกซิก 2 (มก./วัน)
- = $[(R+1/7)-Q_w]P_{AX2} - (RQ_i - Q_w)P_s - (Q_i/7)P_i$

รูปที่ 4.15 แสดงการสมดุลย์มวลรอบถังแอนนออกซิก 2 ของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากผลการสมดุลงมวลในรูปที่ 4.15 และแทนค่า $R=1$ สามารถสรุปค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในถังแอนนอซิก 2 ได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 สรุปผลการสมดุลงมวลรอบถังแอนนอซิก 2 ของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

อายุตะกอน	P_{AX2} (มก./ล.)	P_i (มก./ล.)	P_s (มก./ล.)	ΔP_{AX2} (มก./วัน)	ความเข้มข้นฟอสฟอรัส ที่เพิ่มขึ้น (มก./ล.)
3 วัน	7.47	10.01	3.33	128.2	3.28
6 วัน	13.02	10.37	1.26	419.17	10.61
10 วัน	8.82	10.01	1.58	245.35	6.18
16 วัน	12.56	10.34	1.49	396.56	9.96

จากตารางที่ 4.26 จะเห็นว่าในถังแอนนอซิก 2 แม้จะมีการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังแต่ก็เป็นปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับถังแอนแอโรบิก (5 ลิตร/วัน) แต่ก็มีมีการคายฟอสฟอรัสออกมาเป็นปริมาณมากพอสมควร โดยการหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณการดูดซึมสารอาหารต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่คายออกมาในถังแอนนอซิก 2 ($\Delta S_{AX2}/\Delta P_{AX2}$) ก็สามารถทำได้โดยการทำสมดุลงมวลรอบถังแอนนอซิก 2 ของซีโอดี เพื่อหาปริมาณการดูดซึมสารอาหารในถังได้ ดังสมการ

$$\Delta S_{AX2} = (Q_i - Q_w)S_s + (Q_i/7)S_i - (8Q_i/7 - Q_w)S_{AX2} \quad \dots\dots\dots(4.15)$$

การใช้สารอาหาร(COD)ในถังนี้บางส่วนจะถูกใช้ในกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเพื่อรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งจากการศึกษาและทดลองของ Ekama และ Marais (1984) ได้สรุปว่าในการรีดิวซ์ไนเตรท 1 มก. ต้องใช้ ซีโอดี ถึง 8.6 มก. ดังนั้นปริมาณการดูดซึมสารอาหารสุทธิ ($\Delta S'_{AX2}$) สำหรับการคายฟอสฟอรัส สามารถหาได้จาก

$$\Delta S'_{AX2} = \Delta S_{AX2} - 8.6 \Delta NO_3 \quad \dots\dots\dots(4.16)$$

โดยค่า ΔNO_3^- เป็นปริมาณไนเตรทที่ถูกรีดิวซ์ในถังแอนน็อกซิก 2 จากตารางที่ 4.20 และจากสมการ 4.16 สามารถหาค่าอัตราส่วนปริมาณการดูดซึมสารอาหารสุทธิต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่คายออกมาในถังแอนน็อกซิก 2 ($\Delta S'_{\text{AX2}}/\Delta P_{\text{AX2}}$) ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการคำนวณค่า $\Delta S'_{\text{AX2}}/\Delta P_{\text{AX2}}$ ในแต่ละค่าอายุตะกอน

อายุตะกอน	ΔP_{AX2} (มก.P/วัน)	ΔS_{AX2} (มก.COD/วัน)	ΔNO_3^- (มก. NO_3^- /วัน)	$\Delta S'_{\text{AX2}}$ (มก.COD/วัน)	$\Delta S_{\text{AX2}}/\Delta P_{\text{AX2}}$
3 วัน	128.2	2,961	1	2,952	23.03
6 วัน	419.17	2,736	2.44	2,715	6.48
10 วัน	245.35	2,623	84.21	2,208	9.00
16 วัน	396.56	2,730	66.02	2,162	5.45

การพิจารณาค่าอัตราส่วนปริมาณการดูดซึมสารอาหารต่อปริมาณการคายฟอสฟอรัสในถังแอนน็อกซิก 2 นี้ จะพิจารณาที่ค่าอายุตะกอน 6-16 วัน เช่นเดียวกับในถังแอนแอโรบิก โดยเมื่อหาค่าเฉลี่ยของ $\Delta S'_{\text{AX2}}/\Delta P_{\text{AX2}}$ ที่ค่าอายุตะกอน 6, 10 และ 16 วัน จะได้

$$\Delta S'_{\text{AX2}}/\Delta P_{\text{AX2}} = 7.00 \text{ mg.COD Sequestered/mg.P-Release} \dots\dots(4.17)$$

เมื่อเปรียบเทียบค่า $\Delta S'_{\text{AX2}}/\Delta P_{\text{AX2}}$ (= 7.00) กับค่า $\Delta S_{\text{AN}}/\Delta P_{\text{AN}}$ (= 24.6) จะเห็นว่าค่า $\Delta S'_{\text{AX2}}/\Delta P_{\text{AX2}}$ มีค่าต่ำกว่ามาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในถังแอนน็อกซิก 2 นี้ การคายฟอสฟอรัสส่วนใหญ่อาจเกิดขึ้นโดยที่ไม่มีการดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์เพื่อใช้เป็นอาหารสำรอง โดยปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “Secondary Release”

Barnard (1984) ได้สังเกตการทำงานของกระบวนการ 5-Stage Bardenpho พบว่ามีการคายฟอสฟอรัสออกมาใน Second Anoxic Zone โดยที่ไม่มีการใช้สารอาหาร ซึ่ง Barnard เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “Secondary Release”

กลไกในการเกิด Secondary Release นี้ยังไม่มี การสรุปอย่างชัดเจน แต่ Fuhs และ Chen (1975) ได้ทำการทดลองโดยการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ กรดลงในระบบ พบว่า จะมีการคายฟอสฟอรัสออกมาในระบบอย่างมีนัยสำคัญ และนอกจากนี้ การมีเวลาเก็บกักในถังที่มากเกินไปก็อาจจะทำให้เกิดปรากฏการณ์นี้ได้ การเกิด Secondary Release นั้นจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบ กล่าวคือ การคายฟอสฟอรัสออกมาโดยไม่มี การดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์ จะทำให้ขาดอาหารสำรองที่ต้องใช้ในการย่อยสลายในสภาพแอโรบิก เป็นผลทำให้การจับฟอสฟอรัส (Phosphorus Uptake) ในสภาพแอโรบิกลดลง

4.2.11.2 การจับฟอสฟอรัส (Phosphorus Uptake)

1) ประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบ

จากผลการทดลองซึ่งได้แสดงในตารางที่ 4.23 ได้ทำการสรุปค่าประสิทธิภาพในการจับฟอสฟอรัสในถังคอนแทค เมื่อเปรียบเทียบกับค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังแอนแอโรบิก และประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบได้ดังตารางที่

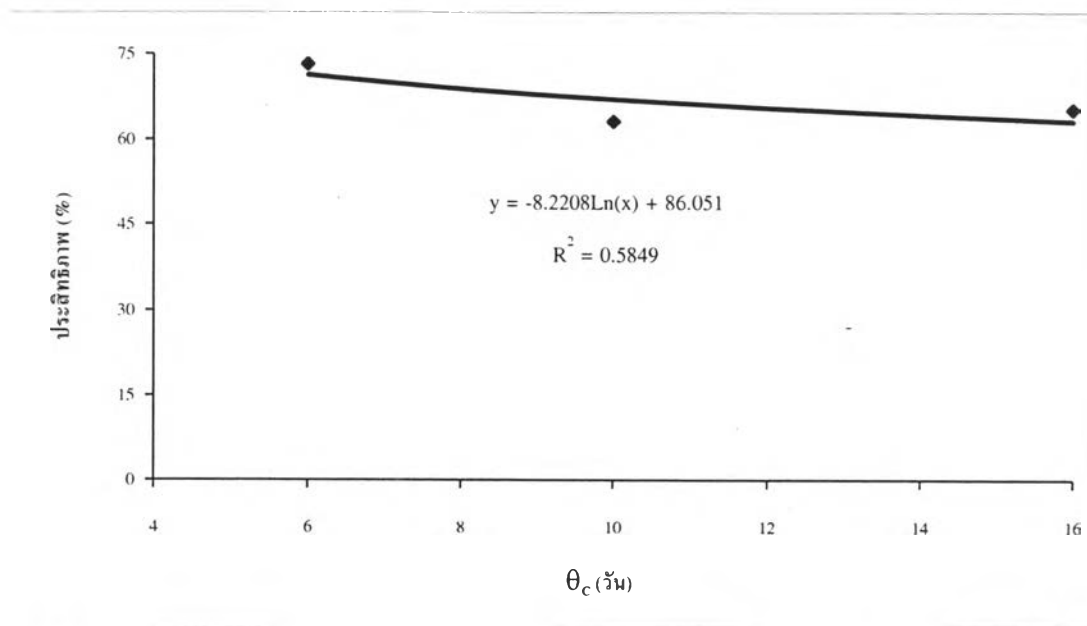
4.28

ตารางที่ 4.28 แสดงประสิทธิภาพในการจับฟอสฟอรัสและประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบที่ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ

อายุตะกอน	P_i (มก./ล.)	P_{AN} (มก./ล.)	P_C (มก./ล.)	ประสิทธิภาพในการจับฟอสฟอรัส (%)	ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ (%)
3 วัน	10.01	13.66	6.14	55.1	38.7
6 วัน	10.37	20.00	2.78	86.1	73.2
10 วัน	10.01	20.54	3.68	82.1	63.2
16 วัน	10.34	21.27	3.59	83.1	65.3

จากตารางที่ 4.28 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบที่ค่าอายุตะกอน 6, 10 และ 16 วัน จะมีค่าเท่ากับ 73.2, 63.2 และ 65.3 % ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบกับค่าอายุตะกอนนั้น แม้จะไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนนัก แต่ก็มีแนวโน้มว่าประสิทธิภาพโดยรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าอายุตะกอนลดลง อันเนื่องมาจากที่ค่าอายุตะกอนต่ำ จะมีการทิ้งตะกอนออกจากระบบมากซึ่งเป็นการกำจัดฟอสฟอรัสออกจากระบบได้มากกว่า

จากตารางที่ 4.28 เมื่อนำค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กับค่าอายุตะกอนจะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 4.16 นี้จะเห็นว่าประสิทธิภาพโดยรวมในการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าอายุตะกอนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบตามอายุตะกอน

แต่เมื่อพิจารณาที่ค่าอายุตะกอน 3 วัน ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลงอย่างมาก (38.7 %) ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลจากการทิ้งตะกอนออกจากระบบที่มากเกินไป ทำให้พวก Poly-P Bacteria ซึ่งปกติเป็นจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ช้ามีปริมาณลดลงอย่างมาก ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ทันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ในระบบได้

Fukase และคณะ(1984) ได้ทำการศึกษาโดยการเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย (MLSS) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสพบว่าที่ค่า MLSS ต่ำ (741มก./ล.) ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสต่ำมาก (ในการวิจัยนี้มีค่า MLSS ในถังแอนแอโรบิก ที่อายุตะกอน 3 วันเท่ากับ 1,180 มก./ล.)

Metcalf & Eddy(1991)ได้ทำการสรุปรวบรวมค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสม สำหรับระบบที่มีการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.29 ดังนี้

ตารางที่ 4.29 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ (Metcalf & Eddy, 1991)

Design Parameter	Unit	Process		
		A/O	A ₂ /O	VIP
F/M Ratio	Ib BOD/Ib MLVSS.d	0.2-0.7	0.15-0.25	0.1-0.2
Solids Retention Time	d	2-25	4-27	5-10
MLSS	mg/l	2000-4000	3000-5000	1500-3000
Hydraulic Retention Time	h			
Anaerobic Zone		0.5-1.5	0.5-1.5	1-2
Anoxic Zone		-	0.5-1.0	1-2
Oxic Zone		1-3	3.5-6.0	2.5-4
Return Activated Sludge	% of Influent	25-40	20-50	50-100
Internal Recycle	% of Influent	-	100-300	200-400

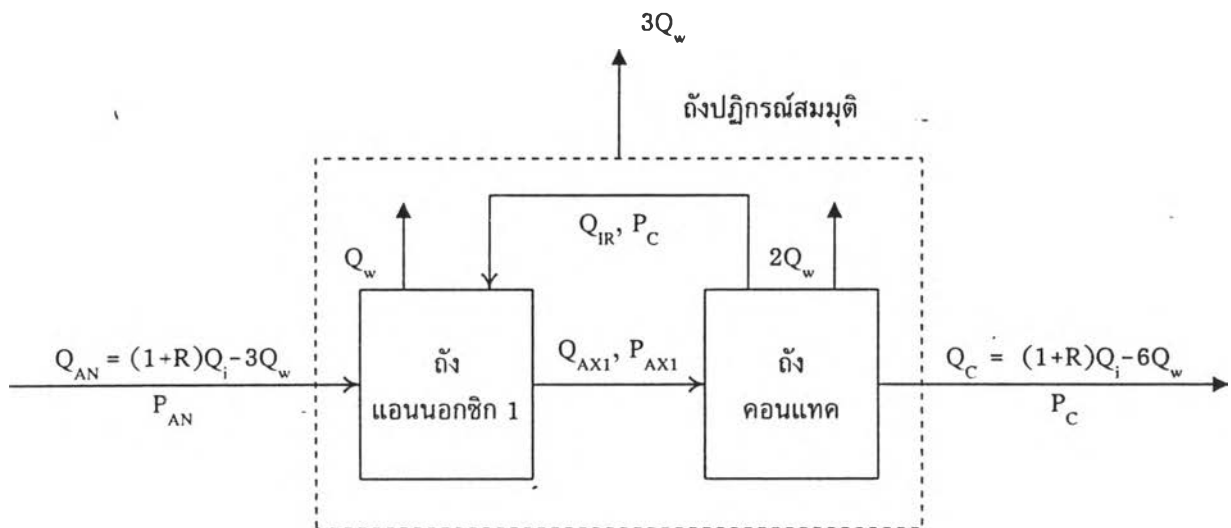
จากตารางที่ 4.29 เมื่อพิจารณาค่าอายุตะกอนที่แนะนำให้ใช้ในกระบวนการต่างๆ จะเห็นว่าค่าอายุตะกอน 3 วัน ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะอยู่ที่ขีดจำกัดต่ำสุดของค่าที่แนะนำให้ใช้ในกระบวนการต่างๆ

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.28 ที่ค่าอายุตะกอน 6, 10 และ 16 วัน แม้จะมีประสิทธิภาพในการจับฟอสฟอรัสในถังคอนแทคอยู่ในช่วง 80% ขึ้นไป แต่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในถังคอนแทคก็ยังคงสูงอยู่ คือ มีค่าความเข้มข้นสูงถึง 2.78, 3.68 และ 3.59 มก./ล. ที่ค่าอายุตะกอน 6, 10 และ 16 วัน ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุสำคัญน่าจะมาจากการเกิด

Secondary Release ในถังแอนนอชิก 2 โดยการคายฟอสฟอรัสออกมาในขณะที่ไม่มีการดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์ ทำให้ขาดอาหารสำรองที่ต้องใช้ในการย่อยสลายในถังคอนแทค เป็นผลทำให้ไม่สามารถจับฟอสฟอรัส (Phosphorus Uptake) ในถังคอนแทคได้หมด

- 2) อัตราส่วนปริมาณการใช้สารอาหารต่อปริมาณการจับฟอสฟอรัสในถังคอนแทค ($\Delta S_{up}/\Delta P_{up}$)

การหาค่า $\Delta S_{up}/\Delta P_{up}$ นี้ สามารถหาได้โดยการพิจารณาแยกส่วนถังแอนนอชิก 1 และถังคอนแทคออกจากระบบรวม และตั้งสมมุติฐานให้เป็นถึงปฏิกรณ์สมมุติดังหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ดังนี้



รูปที่ 4.17 แสดงสมมุติฐานในการหาค่า $\Delta S_{up}/\Delta P_{up}$

ในถังคอนแทคจะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ได้ดูดซึมไว้ในถังแอนแอโรบิก และแอนนอชิก 2 โดยใช้แหล่งออกซิเจนจากอากาศที่เติมเข้าไป ในขณะที่ในถังแอนนอชิก 1 น่าจะเกิดการย่อยสลายสารอาหารโดยใช้แหล่งออกซิเจนในไนเตรทที่เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชันในถังคอนแทค พร้อมทั้งจับเอาฟอสฟอรัสเข้าสู่เซลล์เช่นเดียวกัน ซึ่ง Lotter (1989) ได้พบจุลินทรีย์บางพันธุ์ ซึ่งเป็น Subspecies ของ Acinetobacter ซึ่งสามารถกำจัดไนเตรทได้โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน

ดังนั้นการจับฟอสฟอรัสเข้าสู่เซลล์ในถังปฏิกรณ์สมมุตินี้ จะเกิดจากการย่อยสลายสารอาหารที่ถูกดูดซึมไว้ในถังแอนแอโรบิก และแอนนออกซิก 2 โดยปริมาณการใช้สารอาหารรวม (ΔS_{up}) นี้จะเท่ากับผลรวมของปริมาณการดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์ในถังแอนแอโรบิก และแอนนออกซิก 2 ดังนี้

$$\Delta S_{up} = \Delta S_{AN} + \Delta S'_{AX2} \quad \dots\dots\dots(4.18)$$

และเมื่อทำการสมดุลย์มวลรอบถังปฏิกรณ์สมมุติของค่า ฟอสฟอรัส และแทนค่า $R = 1$ สามารถหาปริมาณการจับฟอสฟอรัสเข้าสู่เซลล์ (ΔP_{up}) ได้ดังนี้

$$\Delta P_{up} = (2Q_i - 3Q_w) (P_{AN} - P_C) \quad \dots\dots\dots(4.19)$$

จากสมการ 4.18 และ 4.19 สามารถคำนวณค่า $\Delta S_{up}/\Delta P_{up}$ ในแต่ละค่าอายุตะกอน ดังแสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 แสดงผลการคำนวณ $\Delta S_{up}/\Delta P_{up}$ ในแต่ละค่าอายุตะกอน

อายุตะกอน	ΔS_{up} (มก.COD/วัน)	ΔP_{up} (มก.P/วัน)	$\Delta S_{up}/\Delta P_{up}$
3 วัน	16,682	505	33.03
6 วัน	18,080	1,180	15.32
10 วัน	18,745	1,166	16.08
16 วัน	19,144	1,228	15.59

การหาค่า $\Delta S_{up}/\Delta P_{up}$ จะพิจารณาที่ค่าอายุตะกอน 6-16 วัน เช่นเดียวกับการหาค่า $\Delta S_{AN}/\Delta P_{AN}$ และ $\Delta S_{AX2}/\Delta P_{AX2}$ โดยเมื่อหาค่าเฉลี่ยของ $\Delta S_{up}/\Delta P_{up}$ ที่ค่าอายุตะกอน 6, 10 และ 16 วัน จะได้

$$\Delta S_{up.}/\Delta P_{up.} = 15.66 \quad \text{mg.COD Utilized/mg P-Uptake(4.20)}$$

- 3) อัตราส่วนปริมาณการใช้สารอาหารต่อปริมาณการกำจัดฟอสฟอรัสในระบบ ($\Delta S_T/\Delta P_T$)

การหาค่า ($\Delta S_T/\Delta P_T$) นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบค่าซีโอดีที่เหมาะสมในระบบที่มีการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ โดยถ้าปริมาณซีโอดีที่เข้าสู่ระบบไม่เพียงพอก็อาจจะพิจารณาเติมสารอาหารเพิ่มเติมในระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส โดยค่า $\Delta S_T/\Delta P_T$ สามารถหาค่าได้จากสมการ 4.21 และ 4.22 ดังนี้

$$\Delta S_T = Q_i (S_i - S_c) \quad \text{.....(4.21)}$$

$$\Delta P_T = Q_i (P_i - P_c) \quad \text{.....(4.22)}$$

จากสมการ 4.21 และ 4.22 สามารถคำนวณค่า $\Delta S_T/\Delta P_T$ ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ดังแสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 แสดงผลการคำนวณ $\Delta S_T/\Delta P_T$ ในแต่ละค่าอายุตะกอน

อายุตะกอน	ΔS_T (มก.COD/วัน)	ΔP_T (มก.P/วัน)	$\Delta S_T/\Delta P_T$
3 วัน	20,930	135.45	154.52
6 วัน	21,070	265.65	79.31
10 วัน	20,895	221.55	94.31
16 วัน	21,070	236.25	89.19

การหาอัตราส่วนปริมาณการใช้สารอาหารต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในระบบ จะพิจารณาที่ค่าอายุตะกอน 6-16 วัน โดยสามารถหาค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

$$\Delta S_T / \Delta P_T = 87.6 \text{ mg.COD Utilized/mg. P-Removed} \dots\dots(4.23)$$

Ekama และ Marais (1984) ได้สรุปว่า อัตราส่วนปริมาณการใช้สารอาหารต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในระบบที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 50-59 มก.COD/มก.P ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า $\Delta S_T / \Delta P_T$ จากการทดลองนี้ จะเห็นว่าค่าจากการทดลองนี้จะมีค่าสูงกว่าค่อนข้างมาก (= 87.6) ซึ่งน่าจะมีสาเหตุสำคัญมาจากการเกิด Secondary Release ในถังแอนน็อกซิก 2 ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั่นเอง