

บทที่ 4

ผลการทดลอง และการวิจารณ์ผล

4.1 การศึกษาลักษณะของน้ำชะมูลฝอย

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ใช้น้ำเสียจริงจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอยบริเวณอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ซึ่งรองรับมูลฝอยทั้งหมดของจังหวัด ใช้งานมาแล้วประมาณ 13 ปี และปัจจุบันยังใช้งานอยู่ โดยตลอดการทดลองได้ทำการเก็บน้ำตัวอย่างมาทั้งสิ้น 5 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งลักษณะสมบัติของน้ำเสียทั้งทางเคมีและทางชีวภาพไม่แตกต่างกันมากนัก สามารถสรุปช่วงของพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 คุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอยที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่า
pH	-	7.9 – 8.2
BOD ₅	mg/l	420-650
COD	mg/l	4,500-6,530
SS	mg/l	180-320
TKN	mg/l as N	1,980-2,870
Nitrate	mg/l as N	3.06-4.41
Nitrite	mg/l as N	0.76-1.43
Total phosphorus	mg/l as P	4.7-6.5
Color	Su	630-1,170
Fe	mg/l	0.95-1.03
Ni	mg/l	0.28-0.42

จากลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยในตารางที่ 4-1 สามารถสรุปได้ว่าน้ำชะมูลฝอยนี้มีสารอินทรีย์ชนิดย่อยสลายง่ายทางชีวภาพอยู่ในอัตราส่วนที่ต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ย่อยสลายยาก (refractory organic matter) โดยพิจารณาได้จากอัตราส่วนของบีโอดีต่อซีโอดี ที่มีค่าประมาณ 0.1 เท่านั้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างสูง ความเข้มข้นทีเคเอ็นสูง เนื่องจากเป็นขยะชุมชน มีอัตราส่วนของเศษอาหารต่อปริมาณรวมของมูลฝอยสูง ดังนั้นจึงมีโปรตีนจากพืช และสัตว์อยู่ในมูลฝอยสูงไปด้วย โปรตีนเหล่านี้ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ในโตรเจนบางส่วนจะถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียกลายเป็นแอมโมเนียในโตรเจน และบางส่วนจะถูกน้ำจากภายนอก เช่น ความชื้นของมูลฝอยและน้ำฝนชะออกมา ทำให้ในน้ำชะมูลฝอยมีความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจน และแอมโมเนียในโตรเจนในปริมาณสูง ส่วนไนโตรค์ และไนเตรท มีความเข้มข้นต่ำมากเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของทีเคเอ็น ความเข้มข้นฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในปริมาณค่อนข้างต่ำ สีของน้ำชะมูลฝอยมีความเข้มสูง เป็นสีน้ำตาลเข้มออกแดงจนถึงดำ

ในงานวิจัยครั้งนี้ก่อนที่จะดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและสี จาก น้ำชะมูลฝอยด้วยระบบ BPAC-SBR ที่มีค่าตัวแปรควบคุม และตัวแปรอิสระที่ต่างกันออกไป จะต้องทำการคัดเลือกชนิดของผงถ่านกัมมันต์ และความเข้มข้นของผงถ่านที่เหมาะสมด้วยการทำ Isotherm test เสียก่อน แล้วนำผลที่ได้ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2 การศึกษาเพื่อเลือกชนิด และความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม

ผงถ่านกัมมันต์ที่นำมาคัดเลือกนี้เป็นผงถ่านที่ผลิตในประเทศไทยทั้งหมดจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ PL-75 HRO-M325 และ HRO-W ในการคัดเลือกชนิดของผงถ่านนี้ใช้การทำ Isotherm test เป็นวิธีการคัดเลือก ทั้งชนิด และความเข้มข้นที่เหมาะสมของผงถ่าน

4.2.1 การทำ Isotherm test

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ Freundlich Isotherm test เป็นโมเดลที่แสดงถึงการดูดติดซีโอดี และสีในน้ำชะมูลฝอย ของผงถ่านทั้งสามชนิด โดยทำการควบคุมค่าซีโอดีให้มีค่าประมาณ 1,000 มก./ล. ด้วยการเจือจางน้ำชะมูลฝอยที่เก็บมาด้วยน้ำประปา เพื่อให้อยู่ในสภาวะเดียวกันกับการทดลองในแต่ละชุด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดติด ของการทำ Isotherm test

ความเข้มข้น ของผงถ่าน (มก./ล.)	C (ความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดติด)						หมายเหตุ
	ซีโอดี (มก./ล.)			สี (Su.)			
	PL-75	HRO-M	HRO-W	PL-75	HRO-M	HRO-W	
0	1,024.6	1,015	1,043.4	137.8	135.5	141	PL-75 } T_0 27.2 °c } pH_0 7.86
100	817.8	772.9	814.1	132.7	129.6	137.4	
500	723.8	698.4	737.5	120.9	119	123.9	
1,000	714.1	645.9	695.6	113.8	119.9	121.6	HRO-M } T_0 27.4 °c } pH_0 7.85
2,000	609.4	544.8	650.9	95.6	98.1	106.4	
5,000	229.7	175	260.9	24.2	30.7	47.4	
10,000	150.2	131.3	134.9	1.2	8.8	19.6	HRO-W } T_0 27.5 °c } pH_0 7.86
20,000	94.2	93.3	83.9	0.82	1.06	0.88	

จากตารางที่ 4-2 นำค่าความเข้มข้นซีโอดีและสีที่เหลือจากการดูดติด (C) ที่สภาวะคงตัว มาเพื่อคำนวณค่ามวลของสารที่ถูกดูดติดต่อน้ำหนักของผงถ่านกัมมันต์ (q) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-3 และนำค่า q ที่ได้แสดงในกราฟ log-log โดยแกน X คือค่า C และแกน Y คือค่า q ซึ่งอยู่ในรูปของสมการ Freundlich Isotherm ดังรูปที่ 4-1 และ 4-2 ซึ่งแสดงผลค่า q ของซีโอดีและสีตามลำดับ

ตารางที่ 4-3 ค่า q (น้ำหนักสารที่ถูกดูดติด/น้ำหนักผงถ่าน)

ความเข้มข้น ของผงถ่าน (มก./ล.)	q (ความเข้มข้นที่ถูกดูดติด / ความเข้มข้นผงถ่าน)						หมายเหตุ
	ซีโอดี			สี (Su./มก./ล.)			
	PL-75	HRO-M	HRO-W	PL-75	HRO-M	HRO-W	
0	-	-	-	-	-	-	PL-75 } T_0 27.2 °c } pH_0 7.86
100	2.0680	2.2349	2.2929	0.0506	0.0593	0.0360	
500	0.6016	0.6332	0.6118	0.0337	0.0331	0.0343	
1,000	0.3105	0.3691	0.3478	0.0240	0.0157	0.0193	HRO-M } T_0 27.4 °c } pH_0 7.85
2,000	0.2076	0.2351	0.1963	0.0211	0.0186	0.0172	
5,000	0.1590	0.1680	0.1565	0.0226	0.0209	0.0186	
10,000	0.0874	0.0866	0.0899	0.0136	0.0126	0.0121	HRO-W } T_0 27.5 °c } pH_0 7.86
20,000	0.0465	0.0461	0.0177	0.0068	0.0067	0.0461	

จากรูปที่ 4-1 แสดงถึงความสามารถการดูดติด(q) โดยมีซีโอดีเป็นสารถูกดูดติดของผงถ่าน ทั้ง 3 ชนิด จากลักษณะเส้นกราฟของผงถ่านทั้ง 3 ชนิดมีลักษณะไม่ใช่เส้นตรงแบบต่อเนื่องที่มีความชันค่าเดียว โดยเส้นกราฟทั้ง 3 มีลักษณะเป็นเส้นตรง 3 เส้นที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันในลักษณะไม่ต่อเนื่อง ลักษณะเส้นกราฟที่มีความชันต่างกันแสดงถึงส่วนประกอบสารอินทรีย์ต่างชนิดกันที่มีอยู่ในน้ำชะมูลฝอย

ลักษณะของเส้นกราฟที่มีความชันสูงกว่า จะแสดงถึงความซับซ้อนของสารที่ถูกดูดติดที่มากกว่า นั่นคือต้องใช้ความเข้มข้นผงถ่านมากกว่าในการที่จะทำให้ความเข้มข้นซีโอดีลดลง นั่นหมายถึงถ่านมีความสามารถในการดูดติดสารอินทรีย์นั้นได้น้อยนั่นเอง

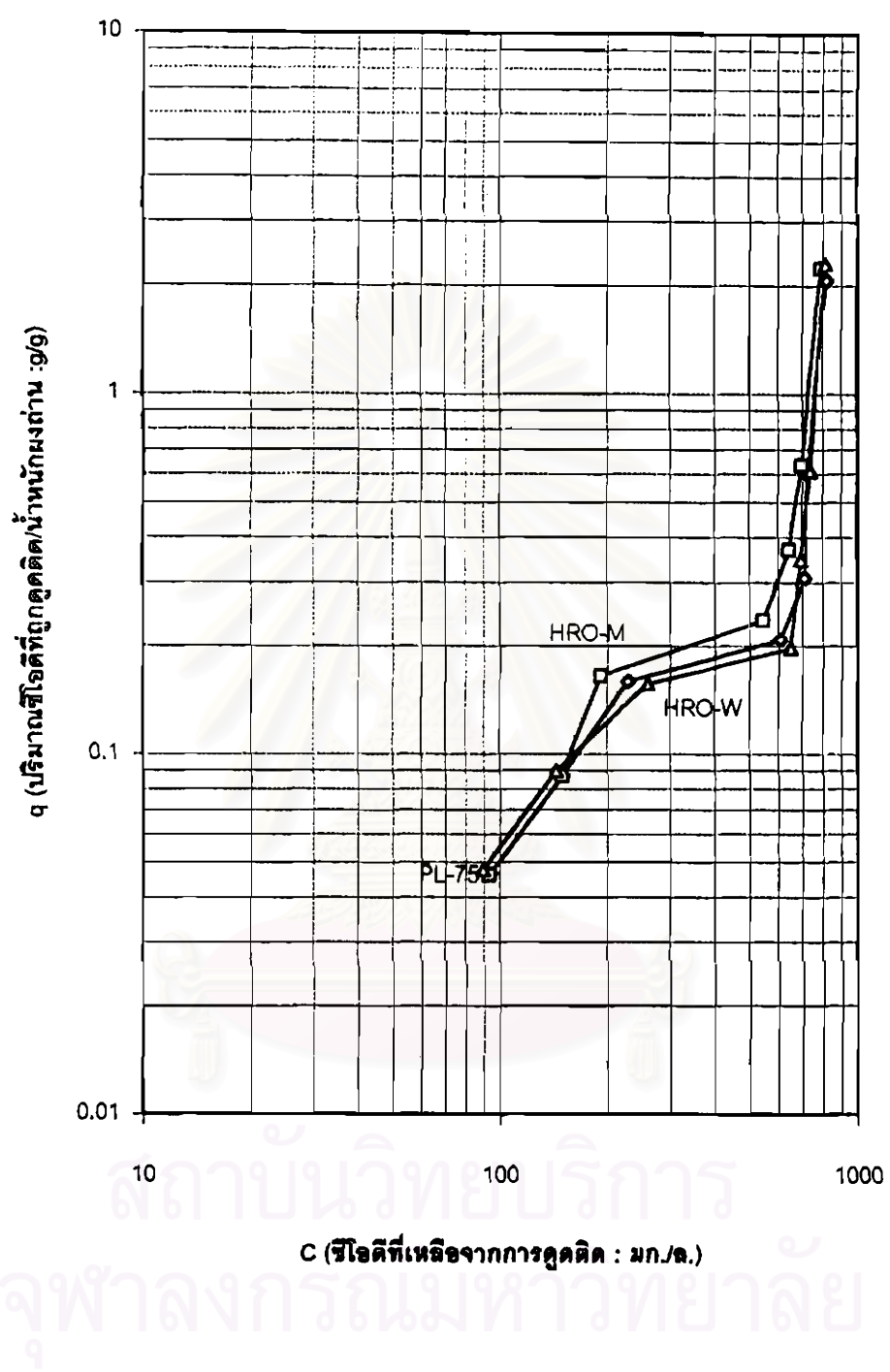
ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบเส้นกราฟของผงถ่านทั้ง 3 ชนิดในรูปที่ 4-1 และจากตารางที่ 4-3 จะเห็นได้ว่า ผงถ่านชนิด HRO-M มีค่า q สูงสุดในเกือบทุกความเข้มข้นซีโอดี

จากรูปที่ 4-2 แสดงถึงความสามารถการดูดติด(q) โดยมีสีเป็นสารถูกดูดติดของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบเส้นกราฟของผงถ่านทั้ง 3 ชนิดในรูปที่ 4-2 และจากตารางที่ 4-3 จะเห็นได้ว่า ผงถ่านชนิด PL-75 มีค่า q สูงที่สุดในเกือบทุกความเข้มข้น โดยลักษณะของเส้นกราฟความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะ และแนวโน้มเดียวกันกับความสามารถในการดูดติดซีโอดีของผงถ่าน

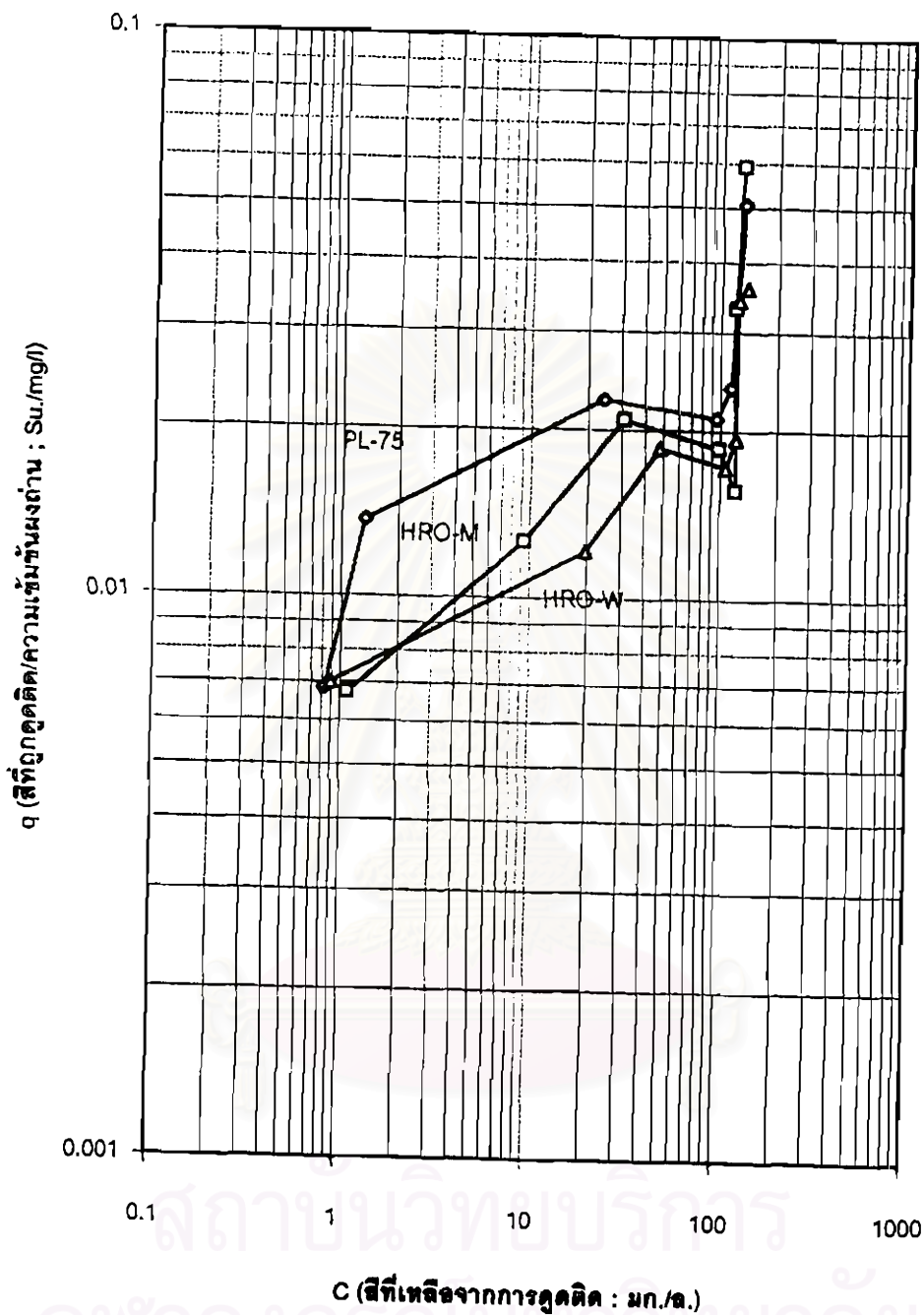
4.2.2 การเลือกชนิดผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม

ข้อมูลประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีจากการทำ Isotherm test ของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด แสดงในตารางที่ 4-4 โดยรูปที่ 4-3 และ 4-4 แสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและสีจากการทำ Isotherm test ของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด ตามลำดับ





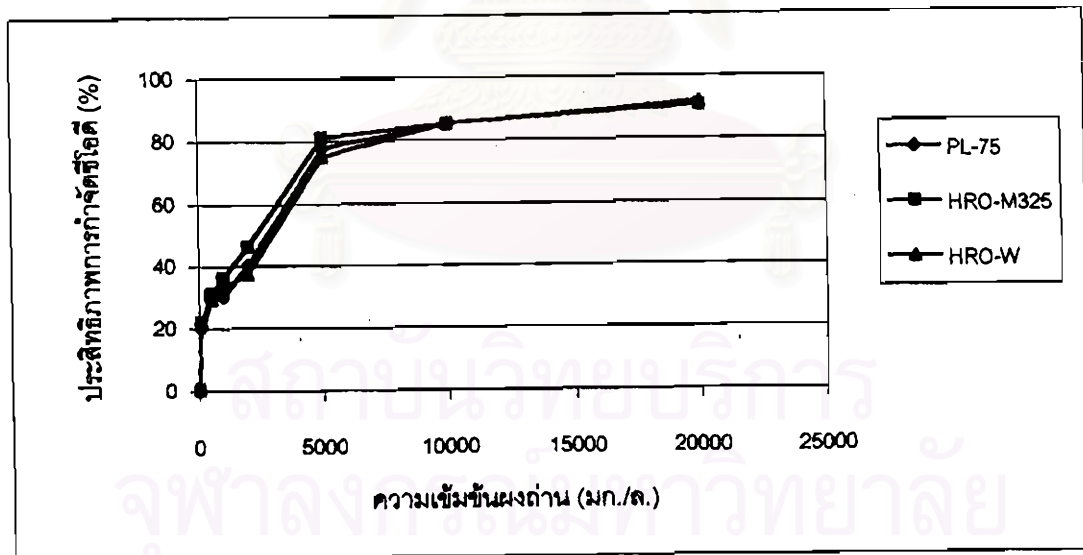
รูปที่ 4-1 ความเข้มข้นซีไอดีที่ถูกดูดติด/ความเข้มข้นผงถ่าน จาก Isotherm test



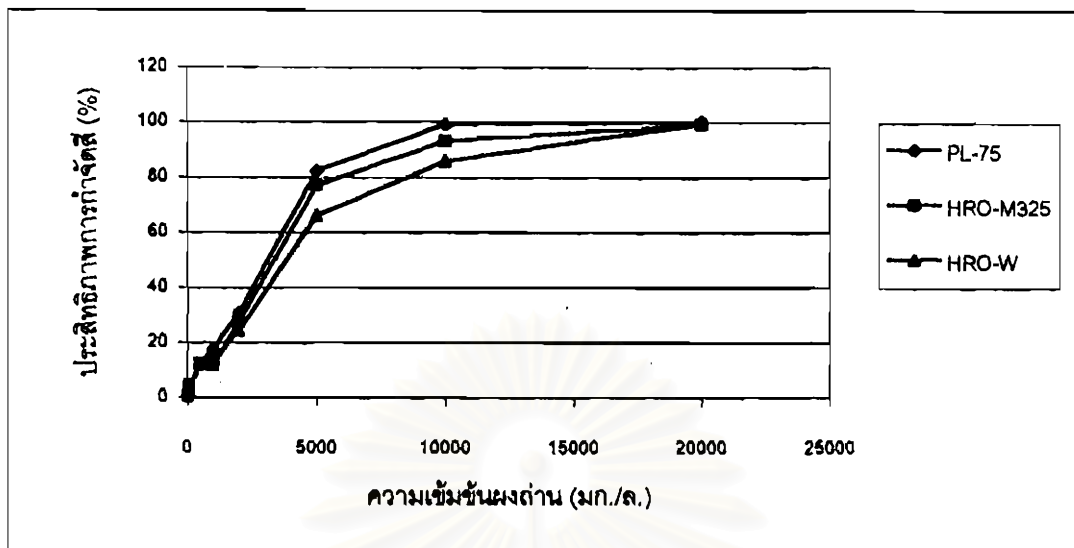
รูปที่ 4-2 ความเข้มสัที่ถูกดูดติด/ความเข้มข้นผงถ่าน จาก Isotherm test

ตารางที่ 4-4 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติ และสี จาก Isotherm test ของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด

ความเข้มข้น ผงถ่าน (มก./ล.)	ประสิทธิภาพการกำจัด(%)					
	ซีโอติ			สี		
	PL-75	HRO-M	HRO-W	PL-75	HRO-M	HRO-W
0	0.5	0.6	0.4	0.9	0.2	0.6
100	20.2	22.0	22.0	3.7	4.4	2.6
500	29.4	31.2	29.3	12.2	12.2	12.1
1,000	30.3	36.4	33.3	17.4	11.6	13.7
2,000	40.5	46.3	37.6	30.6	27.4	24.4
5,000	77.6	81.0	75.0	82.3	77.2	66.0
10,000	85.3	85.3	85.3	99.0	93.1	85.9
20,000	90.8	90.8	92.0	99.4	99.2	99.4



รูปที่ 4-3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติในน้ำชะมูลฝอยของผงถ่านทั้งสามชนิด



รูปที่ 4-4 ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอยของผงถ่านทั้งสามชนิด

4.2.2.1 ประสิทธิภาพการดูดติดซีไอดี

จากรูปที่ 4-3 ลักษณะของเส้นกราฟทั้ง 3 มีลักษณะคล้ายกัน ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพในการดูดติดซีไอดีของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน คือประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นผงถ่านเพิ่มขึ้น และสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วงตามลักษณะของความชันกราฟที่ได้ โดยในช่วงความเข้มข้นของผงถ่านทั้ง 3 ชนิดเท่ากับ 100 - 1,000 มก./ล ความชันกราฟมีค่าสูงมาก แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีสูงสุดมีค่าไม่เกิน 40% ขณะที่ในช่วงความเข้มข้นผงถ่านเท่ากับ 1,000 - 5,000 มก./ล. ความชันเส้นกราฟมีค่าลดลงแต่ก็อ้อยอยู่ในระดับที่น่าพอใจ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีสูงสุดมีค่าประมาณ 80% สำหรับในช่วงความเข้มข้นผงถ่านตั้งแต่ 5,000 - 20,000 มก./ล. ความชันกราฟมีค่าน้อยที่สุด แต่ค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีที่ได้มีค่ามากกว่า 80% เสมอ และเมื่อพิจารณาถึงชนิดผงถ่านที่สามารถกำจัดซีไอดีได้ดีที่สุดพบว่าผงถ่านชนิด HRO-M325 มีประสิทธิภาพดีที่สุด รองลงมาคือ PL-75 และ HRO-W ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่ได้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่ากันอย่างมีนัยสำคัญมากนัก ทำให้ไม่สามารถใช้ข้อมูลประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเพื่อตัดสินใจเลือกใช้ชนิดผงถ่านได้

4.2.2.2 ประสิทธิภาพการดูดติดสี

สำหรับประสิทธิภาพการดูดติดสีในน้ำชะมูลฝอยของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด พิจารณาจากรูปที่ 4-4 ซึ่งเห็นได้ว่าเส้นกราฟทั้ง 3 มีความแตกต่างที่ชัดเจนกว่าในรูปที่ 4-3 แสดงว่าประสิทธิภาพการดูดติดสีของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างชัดเจนมากขึ้น ถึงแม้ว่าที่ความเข้มข้น

ผงถ่านในช่วง 100 – 1,000 มก./ล. จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก อย่างไรก็ตามในช่วงความเข้มข้นผงถ่านตั้งแต่ 2,000 – 20,000 มก./ล. ลักษณะเส้นกราฟมีความแตกต่างชัดเจนมากขึ้น และชี้ชัดได้ว่าผงถ่านชนิด PL-75 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีที่ดีที่สุด ดังนั้น ผงถ่านชนิด PL-75 จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำไปใช้ในระบบ BPAC-SBR สำหรับน้ำชะมูลฝอยในงานวิจัยนี้ ถึงแม้ว่าความสามารถในการดูดซับซีไอดีของผงถ่านชนิด HRO-M325 จะดีกว่าก็ตาม เนื่องจากประสิทธิภาพในการดูดซับซีไอดีของผงถ่านมีความแตกต่างกันน้อยดังที่กล่าวมาแล้ว ในขณะที่ประสิทธิภาพในการดูดซับซีไอดีในน้ำชะมูลฝอยของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4-4 โดยประสิทธิภาพในการลดซีไอดีที่ความเข้มข้น 10,000 มก./ล. มีมากที่สุด ผงถ่านชนิด PL-75 มีประสิทธิภาพ 99 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ HRO-M และ HRO-W มีประสิทธิภาพ 93.1 และ 85.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกัน 5.9 และ 13.1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงได้เลือก ผงถ่านชนิด PL-75 เป็นผงถ่านที่จะนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2.3 การเลือกความเข้มข้นผงถ่านจากการทำ Isotherm test

เมื่อได้คัดเลือกชนิดผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ในระบบ BPAC-SBR ในงานวิจัยนี้แล้ว ขั้นตอนต่อมา คือการเลือกความเข้มข้นผงถ่านที่จะใช้ โดยพิจารณาจากข้อมูลซีไอดีที่เหลือและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี ข้อมูลซีไอดีที่เหลือและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี ที่ได้จากการทำ Isotherm test และความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีและซีไอดีกับความเข้มข้นผงถ่าน โดยแสดงไว้ในตารางที่ 4-4 รูปที่ 4-3 และ 4-4

เกณฑ์ในการเลือกความเข้มข้นผงถ่านนี้ ได้นำมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงาน ของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2539 มาเป็นเกณฑ์ เนื่องจากยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งของน้ำชะมูลฝอย โดยมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานนี้กำหนดให้สามารถปล่อยน้ำทิ้งที่มีค่าซีไอดีได้ไม่เกิน 120 มก./ล. ส่วนสีกำหนดไว้เพียงไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้มาตรฐานของซีไอดีน้ำทิ้งเป็นเกณฑ์กำหนดในการคัดเลือกปริมาณผงถ่าน เนื่องจากสีไม่มีเกณฑ์มาตรฐานที่ชัดเจน

จากตารางที่ 4-4 เห็นได้ว่าค่าซีไอดีที่เหลือจากการดูดซับของผงถ่านที่มีค่าใกล้เคียง และต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กำหนดไว้ คือที่ความเข้มข้นผงถ่านเท่ากับ 5,000 10,000 และ 20,000 มก./ล. ค่าซีไอดีที่เหลือจากการดูดซับของผงถ่านเท่ากับ 229.7 150.2 และ 94.2 มก./ล. ตามลำดับ ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ความเข้มข้นผงถ่านทั้ง 3 ค่านี้เพื่อเติมในระบบ BPAC-SBR ในงานวิจัยนี้ต่อไป

4.3 ผลการทำงานของระบบ SBR ที่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์ (BPAC-SBR) ภายใต้สภาวะต่าง ๆ

4.3.1 การศึกษาถึงผลของความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ที่เติมลงในระบบ SBR

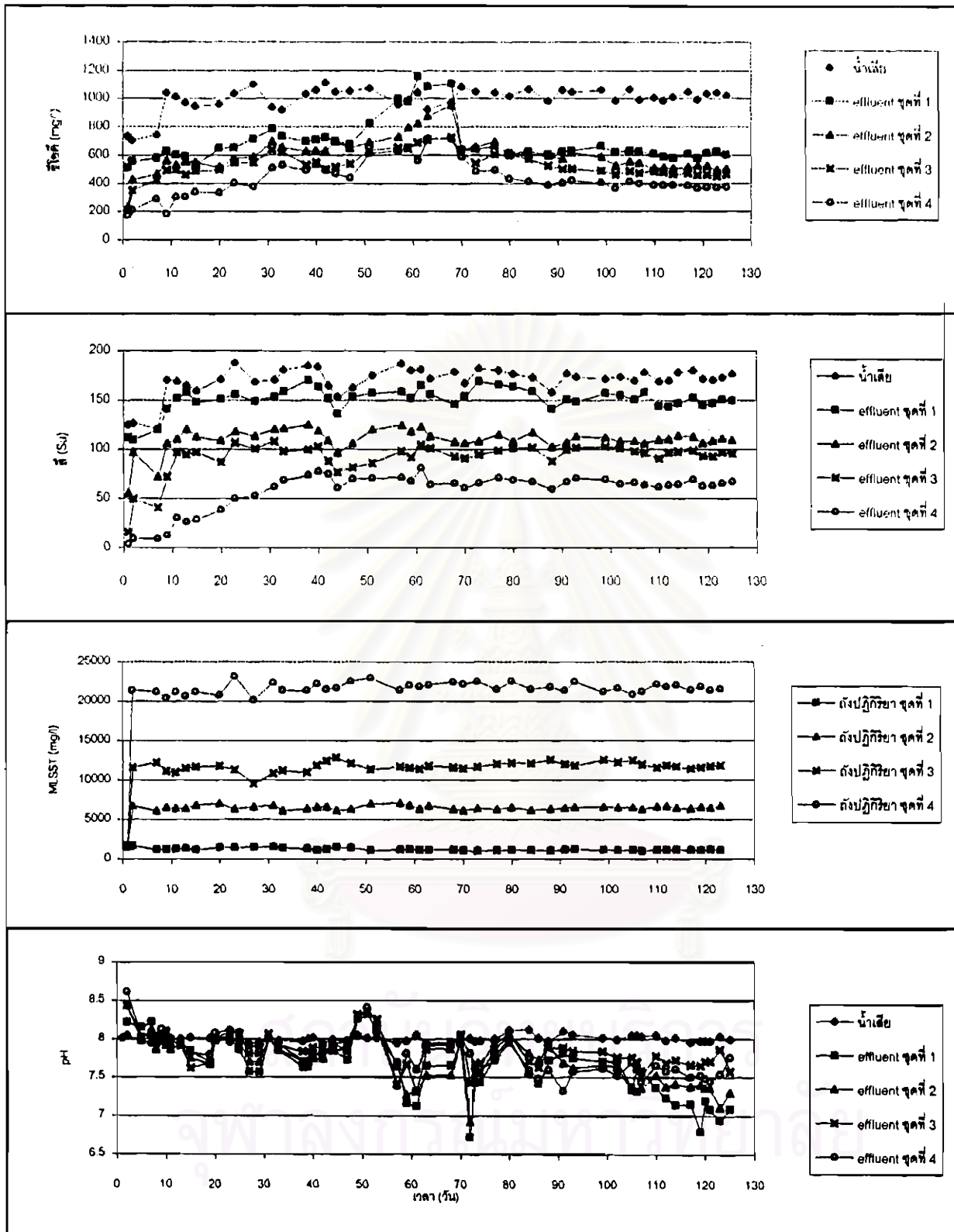
การศึกษาถึงผลของความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์เป็นการทดลองในครั้งที่ 1 โดยทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ซึ่งมีการทดลองชุดที่ 1 เป็นระบบ SBR ที่ไม่มีการเติมผงถ่านเป็นชุดควบคุม ส่วนชุดที่ 2, 3 และ 4 เป็นระบบ BPAC-SBR ที่มีการเติมผงถ่านที่ความเข้มข้นแตกต่างกันไป โดยได้เลือกใช้ความเข้มข้นผงถ่านที่ได้จากการผลการคัดเลือกในหัวข้อที่ 4.2.3 ซึ่งความเข้มข้นผงถ่านที่คัดเลือก และนำมาใช้ในการศึกษานี้เท่ากับ 5,000 10,000 และ 20,000 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ

ทำการควบคุมค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 20 วัน ทุกชุดการทดลอง และทำการเติมผงถ่านกลับเข้าสู่ระบบเพื่อทดแทนผงถ่านที่ถูกทิ้งออกจากระบบวันละ 1.75 3.50 และ 7.0 กรัมต่อวัน สำหรับชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ

ผลการทดลองตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นจนเข้าสู่ภาวะคงตัว (steady state) มีดังนี้

- ซีโอดี และสี (COD และ Color)

ในระยะเริ่มต้น น้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบของถังปฏิริยาชุดที่ 2 3 และ 4 จะมีความเข้มข้น ซีโอดี และความเข้มข้นสีอยู่ในค่าที่ต่ำโดยเฉพาะในถังชุดที่ 4 ที่มีความเข้มข้นผงถ่านเท่ากับ 20,000 มก./ล. เนื่องจากเมื่อเริ่มเติมผงถ่านเข้าสู่ระบบผงถ่านจะมีประสิทธิภาพเต็มที่ จึงสามารถดูดติด ซีโอดี และสี ได้มาก เมื่อระยะเวลาผ่านไปความสามารถในการดูดติดของผงถ่านเริ่มต่ำลงจนอยู่ในสภาวะค่อนข้างคงที่เนื่องจากเกิดการเกาะติดของเซลล์แบคทีเรียรอบ ๆ ผงถ่านรวมทั้งผงถ่านได้ดูดติดสารประกอบอินทรีย์ และอนินทรีย์ทำให้ความสามารถในการดูดติดของผงถ่านที่มีอยู่ในระบบลดลง เมื่อระยะเวลาทำการทดลองผ่านไปจนถึงประมาณวันที่ 90 ประสิทธิภาพของระบบทั้ง 4 ชุดการทดลอง เริ่มคงที่ และคงที่ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองในครั้งนี้ โดยมีประสิทธิภาพประมาณ 50.4 55.1 และ 63.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับซีโอดี และประมาณ 37.2 45.5 และ 62.6 เปอร์เซ็นต์สำหรับสีในช่วงสภาวะคงตัว ตามลำดับ ส่วนในถังปฏิริยาชุดที่ 1 ที่เป็นระบบ SBR



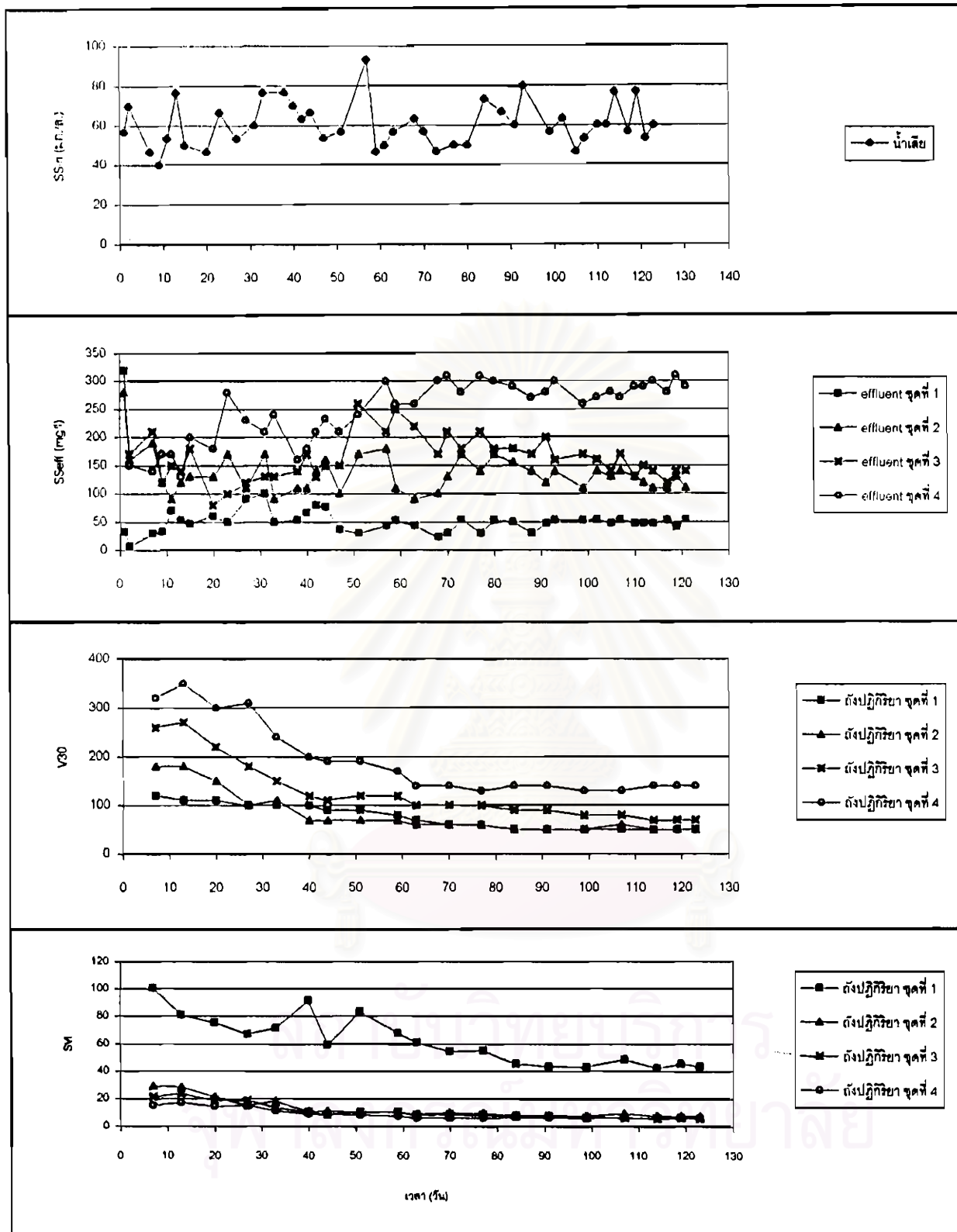
จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุเสถียร 20 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเริ่มชั้น 10,000 มก./ล. อายุเสถียร 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเริ่มชั้น 5,000 มก./ล. อายุเสถียร 20 วัน

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเริ่มชั้น 20,000 มก./ล. อายุเสถียร 20 วัน

รูปที่ 4-5 ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่ความเข้มข้นผงถ่านต่างกัน



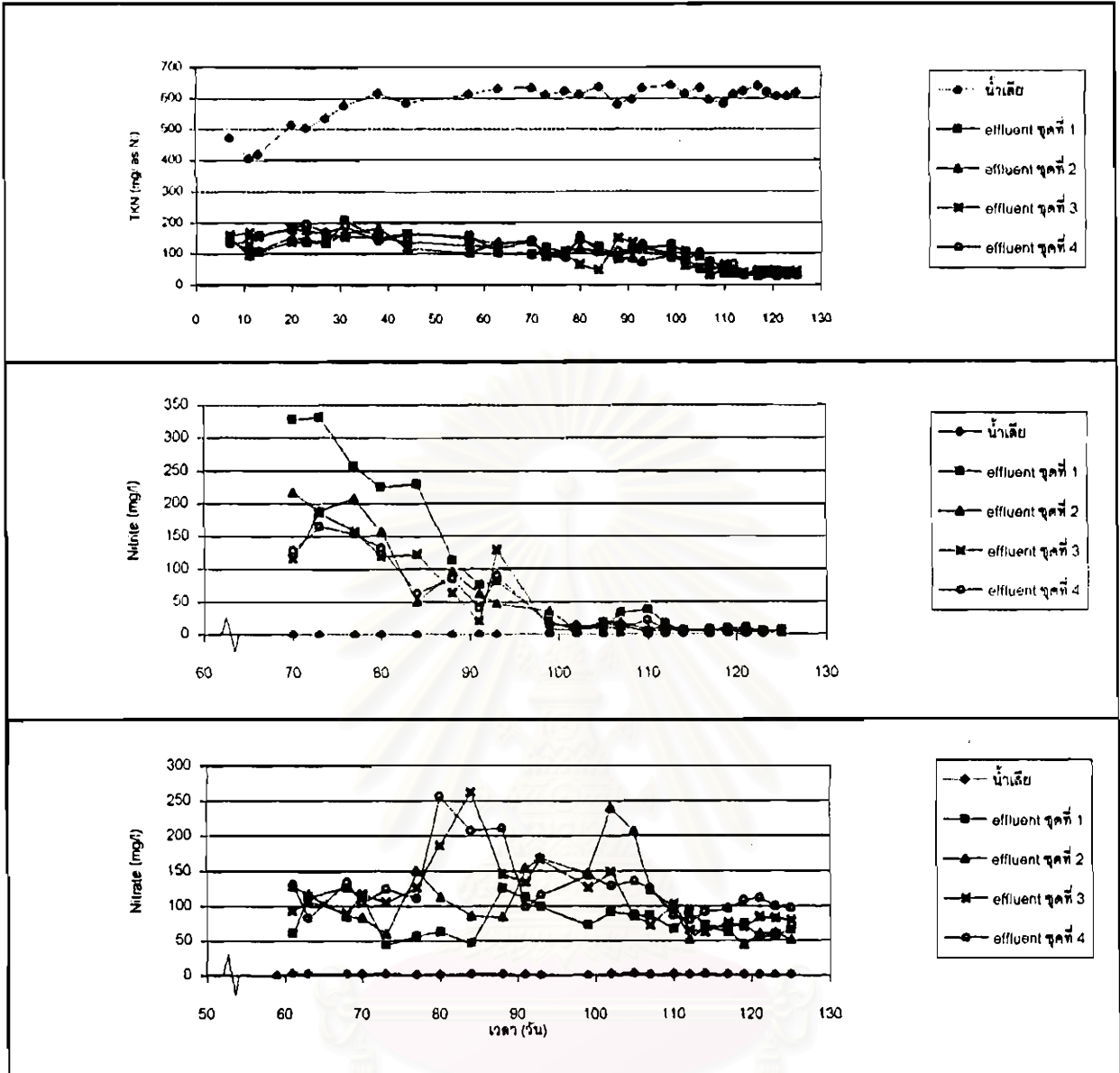
จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR หน่วงน้ำเข้มข้น 10,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR หน่วงน้ำเข้มข้น 5,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR หน่วงน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

รูปที่ 4-5 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่ความเข้มข้นหน่วงน้ำต่างกัน



จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 10,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 5,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-5 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่ความเข้มข้นผงถ่านต่างกัน

ธรรมชาติประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสี ของระบบแทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง โดยเฉพาะการกำจัดสี และมีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสีประมาณ 41.1 และ 14.8 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงสภาวะคงตัวตามลำดับ

จากผลการทดลองในช่วงประมาณวันที่ 50 -70 ความเข้มข้นซีไอดีในน้ำออกของทุกชุดการทดลองมีค่าสูงขึ้นมา จนในบางครั้งมีค่าสูงกว่าน้ำออกนั้น เป็นผลมาจากการรบกวนการวิเคราะห์หาซีไอดีของไนไตรท์ ซึ่งไนไตรท์ 1 มก. N ให้ซีไอดีเท่ากับ 1.1 มก. ดังนั้นในช่วงระยะเวลานี้ค่าซีไอดีน้ำออกที่วิเคราะห์ได้จะไม่ใช่ค่าซีไอดีที่แท้จริง จนเมื่อได้มีการวัดความเข้มข้นไนไตรท์ในน้ำออกขึ้น จึงได้ทำการยับยั้งการรบกวนของไนไตรท์ในการวิเคราะห์หาค่าซีไอดี ด้วยการเติมกรดซัลฟามิค (Sulfamic acid) 10 มก. ต่อทุก ๆ มก. ของไนไตรท์ที่มีในตัวอย่างน้ำ (มันซิน ,2540) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าซีไอดีในน้ำออกลดลงมาชัดเจน

- ทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรท (TKN, NO_2^- และ NO_3^-)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีความใกล้เคียงกันมาก และมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยในระยะประมาณ 30 วัน นับตั้งแต่เริ่มทำการทดลองประสิทธิภาพการกำจัดของระบบเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 55-70 เปอร์เซ็นต์ ในระยะต่อมาประสิทธิภาพดีขึ้นเรื่อย ๆ จนเริ่มคงที่ประมาณวันที่ 110 นับตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ที่ประสิทธิภาพประมาณ 92-95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของไนไตรท์ และไนเตรทนั้น เริ่มทำการวิเคราะห์ผลหลังจากทำการทดลองมาแล้วประมาณ 70 วัน ความเข้มข้นไนไตรท์ในน้ำออกของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับน้ำเข้า และค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นผลที่มีความสัมพันธ์กับค่าซีไอดีที่ในช่วงนั้นมีความเข้มข้นในน้ำออกสูงมากผิดปกติ เนื่องจากเกิดการรบกวนการวิเคราะห์หาค่าซีไอดีของไนไตรท์ หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ จนเข้าสู่ช่วงสภาวะคงตัวประมาณวันที่ 110 โดยมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงประมาณ 4-7 มก./ล. ในทุกชุดการทดลอง ส่วนไนเตรทเริ่มต้นวิเคราะห์หาหลังจากทำการทดลองผ่านไปแล้วประมาณ 60 วัน ในช่วงแรกความเข้มข้นไนเตรทในน้ำออกมีค่าที่แปรผันมากในทุกชุดการทดลอง จนเมื่อระยะเวลาผ่านไปประมาณ 110 วัน ความเข้มข้นไนเตรทเริ่มคงที่ที่ความเข้มข้นประมาณ 55-65 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ส่วนในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าประมาณ 78 และ 102 มก./ล. ที่สภาวะ คงตัว

- MLSS, MLSS_T และ MLVSS

การเปลี่ยนแปลงของ MLSS และ MLVSS ของชุดการทดลองที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงพอสมควร โดยในตอนเริ่มต้นทำการทดลองได้ทำการเติมเซลล์แบคทีเรียที่เลี้ยงไว้แล้วที่ความเข้มข้นประมาณ 1,700 มก./ล. หลังจากนั้นความเข้มข้นของ MLSS และ MLVSS ลดลงเรื่อย ๆ จนคงที่ที่ประมาณ 1,150 มก./ล. สำหรับ MLSS และประมาณ 950 สำหรับ MLVSS โดยมีอัตราส่วน MLVSS/MLSS ประมาณ 0.83 ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเป็นความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียรวมกับความเข้มข้นผงถ่านในระบบ (แทนด้วย MLSS_T สำหรับความเข้มข้นรวมของเซลล์แบคทีเรีย กับความเข้มข้นผงถ่านในระบบ) โดยความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นผงถ่านที่ควบคุมในแต่ละชุดการทดลอง และมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยเท่ากับ 6,495 11,065 และ 21,570 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ

- SS น้ำออก

ความเข้มข้นสารแขวนลอยในน้ำออก มีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการทดลองสำหรับชุดการทดลองที่ 1 และมีความแปรปรวนสูงสำหรับชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 ในระยะแรก และเริ่มคงที่ที่ระยะเวลาประมาณ 70 วัน หลังจากเริ่มต้นการทดลอง โดยความเข้มข้นของ SS น้ำออกในช่วงสภาวะคงตัว แปรผันตามความเข้มข้นผงถ่านในระบบที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าประมาณ 50 115 135 และ 300 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4

- V_{30} และ SVI

การตกตะกอนของระบบในชุดการทดลองต่างๆ ในระบบดีขึ้นเรื่อยๆ จนเริ่มคงที่ประมาณวันที่ 80 หลังจากเริ่มต้นทำการทดลอง โดยในชุดการทดลองที่ 1 มีค่า V_{30} สูงที่สุด แต่มีค่า SVI สูงที่สุดหมายถึงความสามารถในการตกตะกอนของเซลล์แบคทีเรียในระบบมีค่าต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 และเมื่อทำการเปรียบเทียบในชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 พบว่าในชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นผงถ่านในระบบสูงกว่าจะมีความสามารถในการตกตะกอนที่ดีกว่า

- พารามิเตอร์อื่น ๆ

พีเอช (pH) อยู่ในช่วงประมาณ 6.5 – 8.1 ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ทั้ง 4 ชุดการทดลอง

อุณหภูมิ (Temperature) อยู่ในช่วงประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ทั้ง 4 ชุดการทดลอง

ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในชุดการทดลองทั้ง 4 ชุด มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.05 - 0.11 มก./ล. สำหรับช่วงแอนแอโรบิก และมีค่าอยู่ในช่วง 2.5 - 6 มก./ล. ในช่วงปลายแอโรบิก ส่วนในช่วงปลายแอนแอโรบิกนั้นจะมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.04 - 0.08 มก./ล. ซึ่งในช่วงแอโรบิกที่มีการแปรผันมากนั้น เป็นผลมาจากการจุดดับของหัวเติมอากาศ ทำให้ต้องมีการล้าง หรือเปลี่ยนหัวเติมอากาศบ่อยครั้ง โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ 4 ที่มีความเข้มข้นผงด่างในระบบสูงที่สุด

ค่าเฉลี่ย และประสิทธิภาพการทำงานของระบบในการกำจัดพารามิเตอร์ที่สนใจ ซึ่งได้แก่ ซีโอดี สี และทีเคเอ็น สรุปได้ดังตารางที่ 4-5 และ 4-6

ตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ที่ความเข้มข้นผงด่างต่างกัน

พารามิเตอร์ (มก./ล.)	น้ำเสีย**	น้ำออก***			
		1-1 (ถ่าน 0 มก./ล.)	1-2 (ถ่าน 5,000 มก./ล.)	1-3 (ถ่าน 10,000 มก./ล.)	1-4 (ถ่าน 20,000 มก./ล.)
พีเอช*	7.99	7.02	7.31	7.70	7.55
ซีโอดี	1027.4	605.4	510.1	461.1	371.9
สี (Su.)****	174.5	148.7	109.6	95.2	65.3
TKN	617.7	38.9	36.6	42.1	30.5
Nitrite	0.13	7.3	4.8	5.1	5.2
Nitrate	1.63	64.1	55.7	78.1	102.1

หมายเหตุ : * พีเอชไม่มีหน่วย ** ไม่ผ่านกระดาษกรอง *** ผ่านกระดาษกรอง GF/C **** ผ่านแผ่นเมมเบรน

ตารางที่ 4-6 ประสิทธิภาพการกำจัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นผงด่างต่างกัน

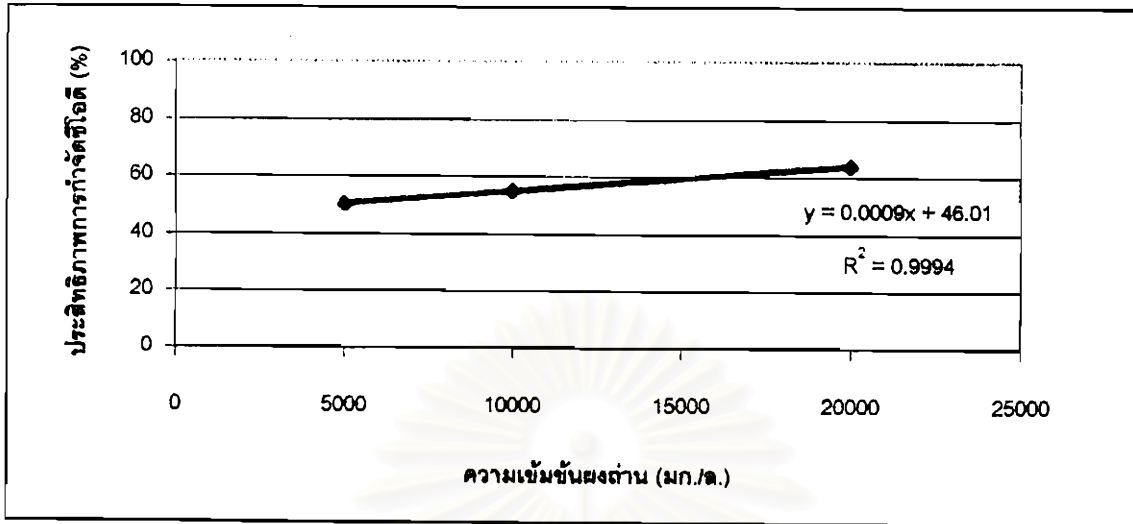
พารามิเตอร์		ชุดการทดลอง			
		1-1 (ถ่าน 0 มก./ล.)	1-2 (ถ่าน 5,000 มก./ล.)	1-3 (ถ่าน 10,000 มก./ล.)	1-4 (ถ่าน 20,000 มก./ล.)
ซีโอดี (มก./ล.)	น้ำเสีย	1,027.4	1,027.4	1,027.4	1,027.4
	น้ำออก	605.4	510.1	461.1	371.9
	% กำจัด	41.1	50.4	55.1	63.8
สี (Su.)	น้ำเสีย	174.5	174.5	174.5	174.5
	น้ำออก	148.7	109.6	95.2	65.3
	% กำจัด	14.8	37.2	45.5	62.6
TKN (มก./ล.)	น้ำเสีย	617.7	617.7	617.7	617.7
	น้ำออก	38.9	36.6	42.1	30.5
	% กำจัด	93.7	94.1	93.2	95.1

4.3.1.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

จากตารางที่ 4-6 ผลของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นผงด่างในระบบ โดยที่ความเข้มข้นผงด่างเท่ากับ 0 5,000 10,000 และ 20,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 33.2 50.4 55.1 และ 63.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกับความเข้มข้นผงด่างแสดงได้ดังรูปที่ 4-6 โดยไม่นำข้อมูลของชุดการทดลองที่ 1 ที่เป็นชุดควบคุมเข้ามาแสดงความสัมพันธ์ด้วย

จากรูปที่ 4-6 ความสัมพันธ์นี้สามารถใช้ Linear Regression ในการประมาณกราฟ ซึ่งผลที่ได้แสดงออกมาเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ที่มีค่า R^2 (Coefficient of Determination) เท่ากับ 0.9994 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 มาก แสดงว่าความสัมพันธ์นี้สามารถแสดงออกมาเป็นสมการเส้นตรงได้ โดยสมการจากการประมาณนี้แสดงได้ดังสมการที่ 4.1

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี} = (0.0009 \times \text{ความเข้มข้นผงด่าง}) + 46.01 \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

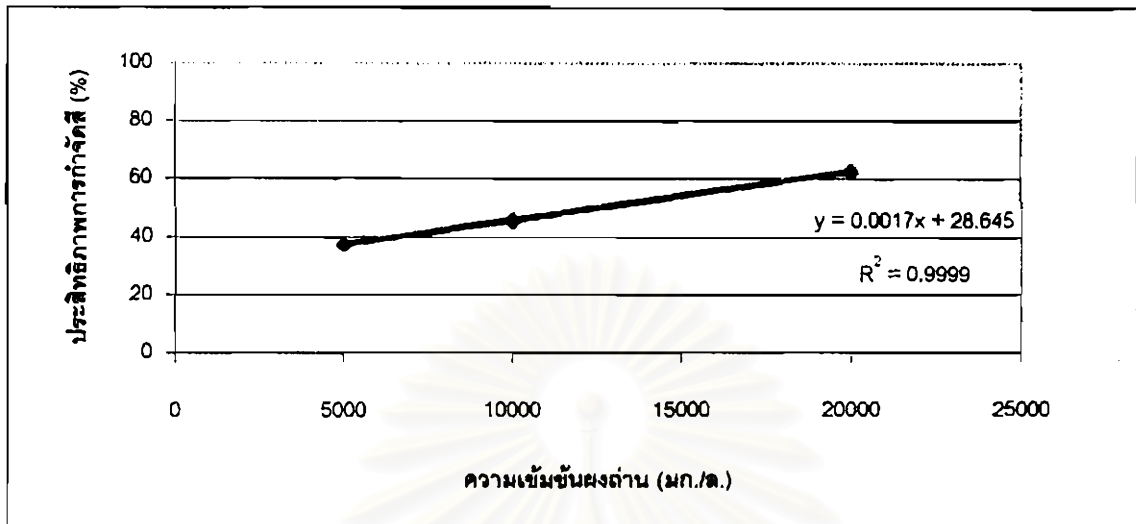


รูปที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติ กับความเข้มข้นผงถ่าน
ในระบบ BPAC-SBR

จากสมการที่ 4.1 ได้ความชันของเส้นกราฟเท่ากับ 0.0009 มีค่าคงที่เท่ากับ 46.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าคงที่นี้หมายถึงประสิทธิภาพของระบบ SBR ที่เป็นชุดควบคุมที่อ่านค่าได้จากกราฟ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติของชุดควบคุมจากการทดลองซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 41.1 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันเพียง 4.91 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติกับความเข้มข้นผงถ่านที่เติมลงในระบบ BPAC-SBR มีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง

4.3.1.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสี

จากตารางที่ 4-6 ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงขึ้นตามความเข้มข้นผงถ่านซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันกับการกำจัดซีโอติ คือที่ความเข้มข้นผงถ่านเท่ากับ 0 5,000 10,000 และ 20,000 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 14.8 37.2 45.5 และ 62.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พิจารณาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดสี กับความเข้มข้นผงถ่านในระบบ โดยไม่รวมข้อมูลของชุดควบคุม ด้วยการนำข้อมูลที่ได้ไปกำหนดในกราฟ และใช้ Linear Regression มาช่วยในการหาความสัมพันธ์ แสดงได้ในรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการกำจัดสี กับความเข้มข้นผงถ่าน
ในระบบ BPAC-SBR

จากรูป 4-7 เมื่อนำ Linear Regression มาทำการประมาณความสัมพันธ์ของข้อมูล ผลที่ได้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการกำจัดสีกับความเข้มข้นผงถ่านในระบบออกมาเป็นสมการเส้นตรง มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9999 ซึ่งเข้าใกล้ 1 มาก ความสัมพันธ์นี้จึงเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรง แสดงได้ดังสมการที่ 4.2

$$\text{ประสิทธิผลการกำจัดสี} = (0.0017 \times \text{ความเข้มข้นผงถ่าน}) + 28.65 \quad \dots\dots (4.2)$$

จากสมการที่ 4.2 ได้ความชันของเส้นกราฟเท่ากับ 0.0017 มีค่าคงที่เท่ากับ 28.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าคงที่นี้หมายถึงประสิทธิภาพของระบบ SBR ที่เป็นชุดควบคุมที่อ่านค่าได้จากกราฟ จากรูปที่ 4-6 และสมการ 4.2 สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิผลการกำจัดสีของระบบ BPAC-SBR เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นผงถ่านในระบบ และสามารถใช้สมการเส้นตรงเป็นตัวแทนถึงความสัมพันธ์ของประสิทธิผลการกำจัดสีกับความเข้มข้นของผงถ่านในระบบได้ แต่สมการ 4.2 จะมีข้อจำกัด คือ สามารถใช้ได้เฉพาะช่วงความเข้มข้นผงถ่าน 5,000 – 20,000 มก./ล. เท่านั้น

4.3.1.3 การเปรียบเทียบการกำจัดซีไอดี และสี ของระบบ BPAC-SBR

จากการประเมินประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสี ด้วย Linear Regression ในช่วงความเข้มข้นผงถ่าน 5,000 – 20,000 มก./ล. ซึ่งได้ผลดังสมการที่ 4.1 และ 4.2

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี (\%)} = (0.0009 \times \text{ความเข้มข้นผงถ่าน}) + 46.01 \dots\dots (4.1)$$

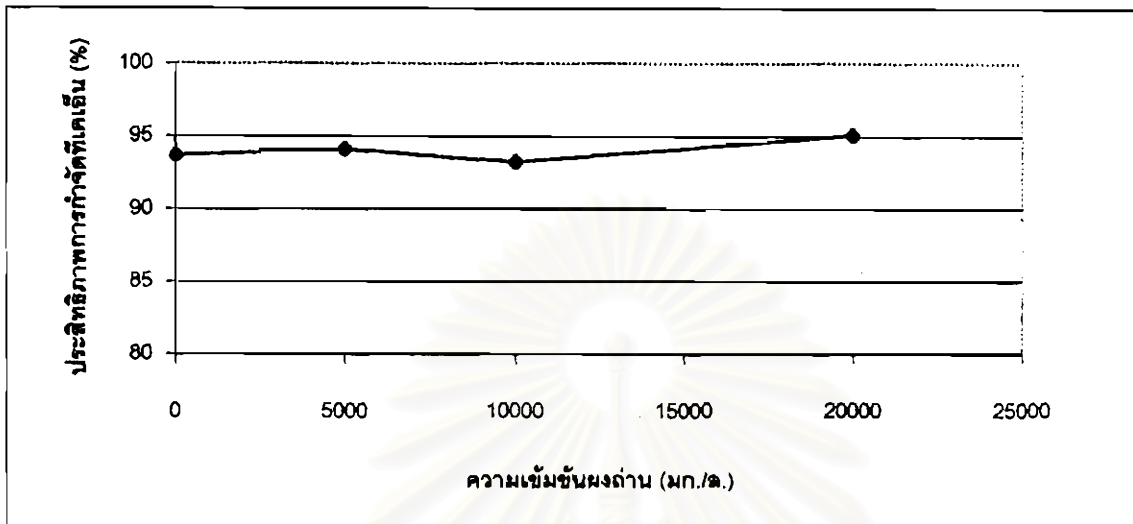
$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดสี (\%)} = (0.0017 \times \text{ความเข้มข้นผงถ่าน}) + 28.85 \dots\dots (4.2)$$

จากสมการที่ 4.1 และ 4.2 เห็นได้ว่าในระบบ SBR ที่ไม่มีการเติมผงถ่าน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูงกว่าการกำจัดสี คือมีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี 46.01 เปอร์เซ็นต์ และกำจัดสีได้ 28.85 เปอร์เซ็นต์ จากความแตกต่างนี้แสดงให้เห็นว่า ในน้ำชะมูลฝอยมีสารอินทรีย์ที่ไม่แสดงสีรวมอยู่ด้วย ซึ่งเซลล์แบคทีเรียจะสามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่ไม่แสดงสีเป็นส่วนใหญ่ และสารอินทรีย์กลุ่มที่แสดงสีส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้โดยง่าย แต่เมื่อมีการเติมผงถ่านเข้าสู่ระบบ ความชันของสมการประสิทธิภาพการกำจัดสีกลับมีมากกว่า แสดงว่าเมื่อมีการเติมผงถ่านเข้าสู่ระบบผงถ่านจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบ BPAC-SBR มากกว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีที่ความเข้มข้นผงถ่านในระบบเท่ากัน ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันกับผลการทำ Isotherm test ของผงถ่านธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงกว่าซีไอดีที่ความเข้มข้นผงถ่าน 5,000 10,000 และ 20,000 มก./ล.

4.3.1.4 ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็น

จากตารางที่ 4-6 ประสิทธิภาพในการกำจัดที่เคเอ็นของระบบมีค่าเท่ากับ 93.7 94.1 93.2 และ 95.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้นผงถ่านในระบบเท่ากับ 0 5,000 10,000 และ 20,000 มก./ล. ตามลำดับ จากผลของประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นที่ได้นี้ เห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดไม่เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของผงถ่านในระบบ ซึ่งแตกต่างจากผลของการกำจัดซีไอดี และสี โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของระบบที่ความเข้มข้นผงถ่านต่าง ๆ ได้ในรูปที่ 4-8

จากผลของประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นในการทดลองครั้งนี้ที่มีความใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการเติมผงถ่านเข้าสู่ระบบไม่ช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของระบบ BPAC-SBR สูงกว่าระบบ SBR ที่ไม่มีการเติมผงถ่าน



รูปที่ 4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น กับความเข้มข้นผงดำในระบบ

4.3.1.5 การคัดเลือกความเข้มข้นผงดำจากการทดลองในระบบ BPAC-SBR

ในการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปถึงความเข้มข้นผงดำกัมมันต์ที่จะนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี และสีจากน้ำชะมูลฝอย จากตารางที่ 4-6 เห็นได้ว่าที่ความเข้มข้นผงดำในระบบเท่ากับ 20,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งเป็นไปตามผลการทำ Isotherm test ที่ประสิทธิภาพจะเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นผงดำ ในการทดลองครั้งนี้ชุดการทดลองที่มีค่าความเข้มข้นผงดำ 5,000 และ 10,000 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีและสีต่ำกว่าชุดการทดลองที่มีค่าความเข้มข้นผงดำ 20,000 มก./ล. เท่ากับ 13.4 และ 8.7 เปอร์เซ็นต์ สำหรับซีไอดี และเท่ากับ 25.4 และ 17.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสี ตามลำดับ ดังนั้นการเลือกใช้ความเข้มข้นผงดำในการทดลองครั้งต่อไปจึงเลือกใช้ความเข้มข้นผงดำในระบบเท่ากับ 20,000 มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูงที่สุด

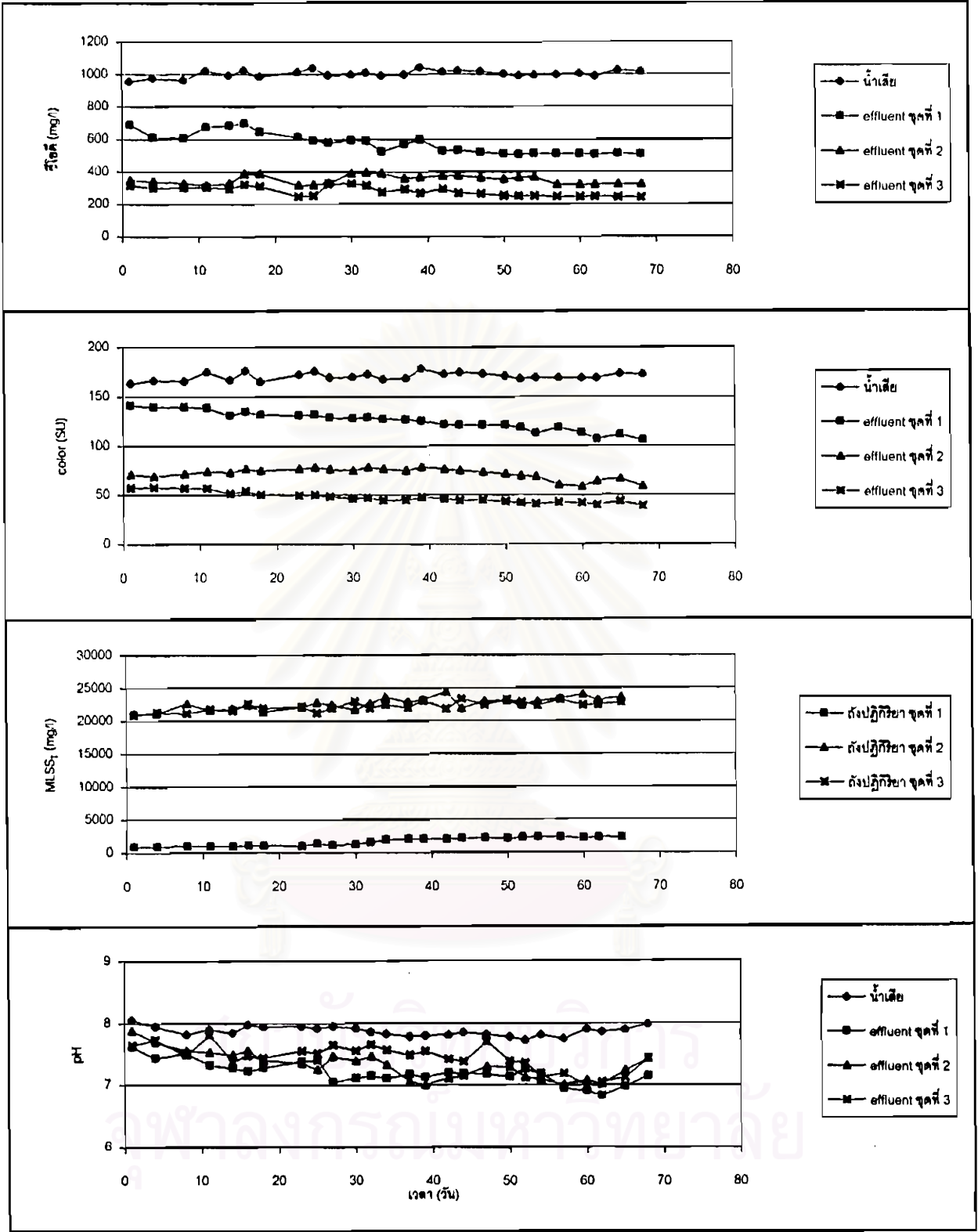
อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลซีไอดีในน้ำออกของชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนด พบว่าค่าซีไอดีน้ำออกของระบบมีค่าสูงกว่ามาตรฐานเท่ากับ 251.9 มก./ล. ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไป จึงทำการทดลองเพื่อหา สภาวะแวดล้อมในการบำบัดของระบบที่เหมาะสม โดยใช้ความเข้มข้นผงถ่านเดิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสี ให้สูงขึ้นต่อไป

4.3.2 การศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงอายุสลัดจ์ในระบบ BPAC-SBR

การศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอายุสลัดจ์ในระบบ BPAC-SBR เป็นการทดลองในครั้งที่ 2 โดยทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ซึ่งมีการทดลองชุดที่ 1 เป็นระบบ SBR ที่ไม่มีการเติมผงถ่าน เป็นชุดควบคุม ส่วนชุดที่ 2 และ 3 เป็นระบบ BPAC-SBR ที่มีการเติมผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล.ทำการควบคุมค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 30 วัน สำหรับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ส่วนชุดการทดลองที่ 3 ควบคุมให้มีค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 20 วัน โดยจุดประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสี ที่เปลี่ยนไปเมื่อระบบมีค่าอายุสลัดจ์สูงขึ้น

ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-9

การทดลองครั้งนี้ทำการทดลองต่อจากการทดลองครั้งที่ 1 โดยในชุดการทดลองที่ 3 มีค่าตัวแปรควบคุมเหมือนกับการทดลองในครั้งที่ 1 ทำให้ระบบมีความคงตัวอยู่แล้ว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับชุดการทดลองที่ 3 นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักตลอดระยะเวลาการทดลอง ส่วนในการทดลองชุดที่ 1 และ 2 มีการปรับเปลี่ยนค่าอายุสลัดจ์จาก 20 เป็น 30 วัน ดังนั้นการทำงานของระบบในระยะแรกจะมีการเปลี่ยนแปลงมาก โดยการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นจนเข้าสู่ภาวะคงตัว (steady state) มีดังนี้

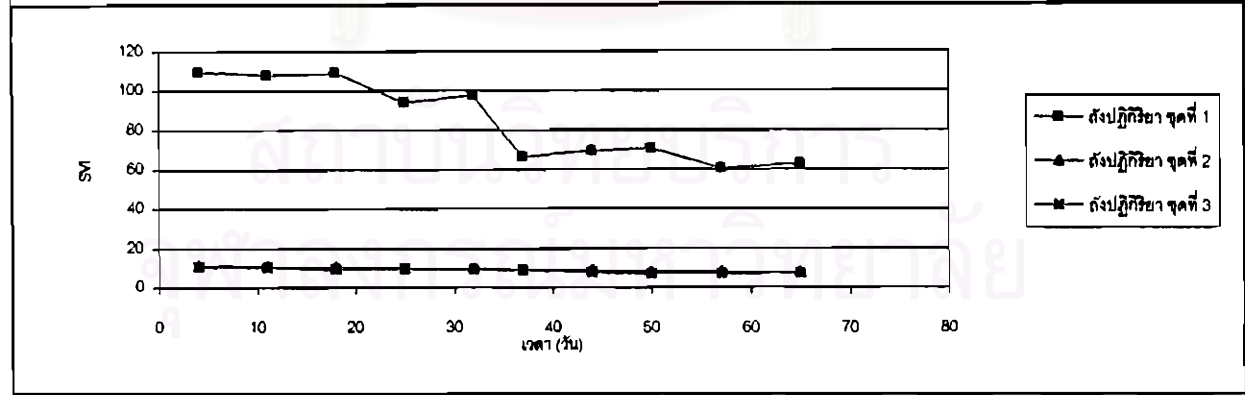
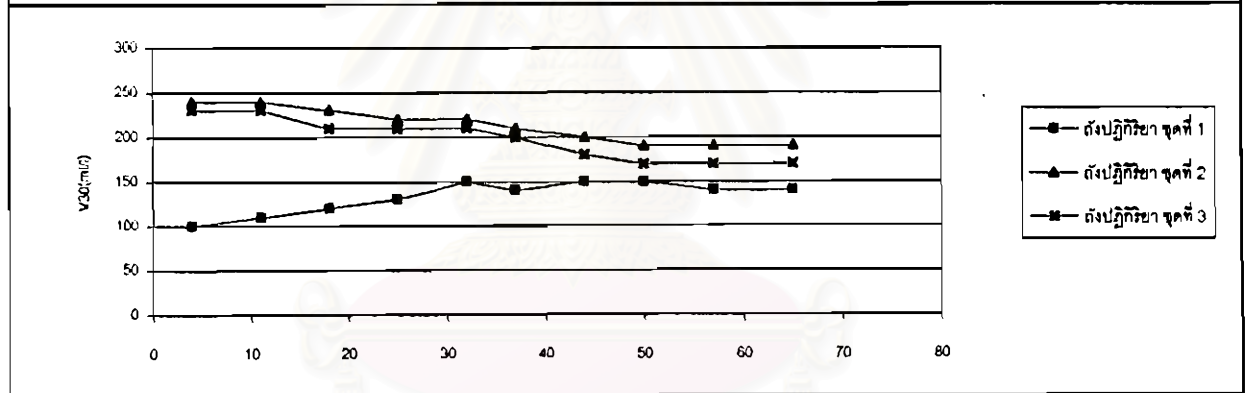
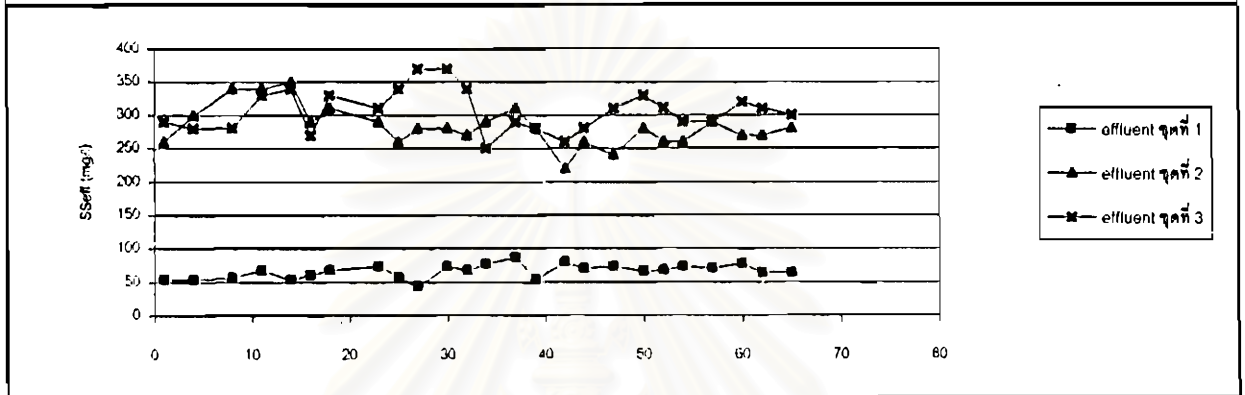
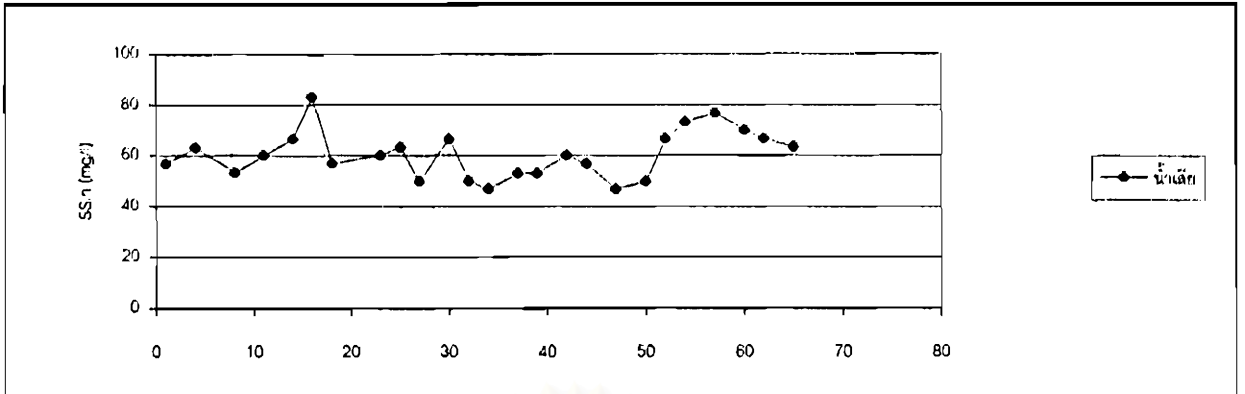


จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 30 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านซีมีชั้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 30 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านซีมีชั้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

รูปที่ 4-9 ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่อายุสัปดาห์ต่างกัน

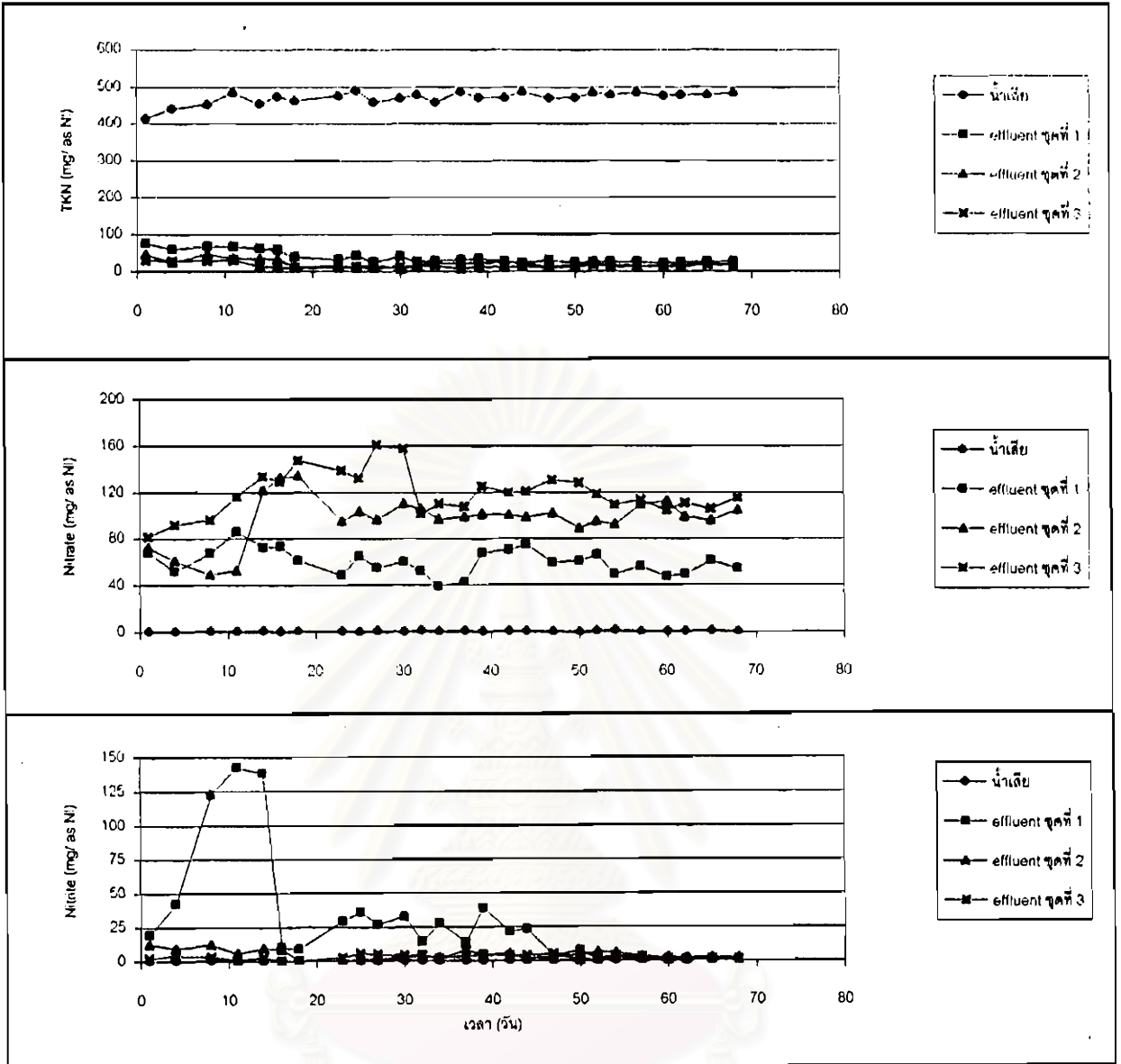


จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 30 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่ายซึมชั้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 30 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่ายซึมชั้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

รูปที่ 4-9 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่อายุสัปดาห์ต่างกัน



จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 30 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 30 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-9 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่อายุสัปดาห์ต่างกัน

- ซีโอดี และ สี (COD และ Color)

เนื่องจากการนำเซลล์แบคทีเรียจากการทดลองครั้งที่ 1 มาใช้ต่อ ดังนั้นเซลล์แบคทีเรียจึงชินกับน้ำเสียอยู่แล้ว ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยชุดการทดลองที่ 3 มีประสิทธิภาพดีกว่าตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการเติมผงถ่านกลับเข้าสู่ระบบต่อวันของชุดการทดลองที่ 3 มากกว่าชุดการทดลองที่ 2 โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ประมาณ 68 และ 76 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการกำจัดสีประมาณ 64 และ 76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพที่ดีขึ้นที่ลดน้อยจนคงที่ที่ประมาณ 49 และ 35 เปอร์เซ็นต์ สำหรับซีโอดี และสี ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีในการทดลองครั้งนี้ดีกว่าในการทดลองครั้งที่ 1

- ทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรท (TKN, NO_2^- และ NO_3^-)

การเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในทุกชุดการทดลอง โดยมีประสิทธิภาพในช่วงสภาวะคงตัวในช่วง 95 – 97 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเปลี่ยนแปลงไนเตรทในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีความแปรปรวนในระยะ 30 วันแรก และเริ่มคงที่ในระยะเวลาต่อมาโดยมีความเข้มข้นในช่วงสภาวะคงตัวประมาณ 104 และ 110 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 ความเข้มข้นไนเตรทในน้ำออกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยมีความเข้มข้นประมาณ 54 มก./ล. ในช่วงสภาวะคงตัว สำหรับการเปลี่ยนแปลงไนไตรท์ตลอดช่วงเวลาทำการทดลองครั้งนี้แทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลง มีเพียงในชุดการทดลองที่ 1 เท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงมากในระยะ 14 วันแรก โดยมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.8 – 2.4 มก./ล. ในช่วงสภาวะคงตัว

- MLSS, MLSS_r และ MLVSS

ในชุดการทดลองที่ 1 MLSS และ MLVSS มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอด จนเริ่มคงที่ที่ประมาณวันที่ 50 หลังจากเริ่มทำการทดลอง โดยมีความเข้มข้นในสภาวะคงตัวประมาณ 2,257 และ 1,790 มก./ล. ตามลำดับ มีอัตราส่วน MLVSS/MLSS ประมาณ 0.79 การเพิ่มขึ้นของ MLSS และ MLVSS นี้มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าอายุสัณฐานที่เพิ่มขึ้นจาก 20 วัน เป็น 30 วัน รวมทั้งองค์ประกอบของน้ำเสียที่ไม่เหมือนเดิม ซึ่งผลของ MLSS และ MLVSS ที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองครั้งที่ 1 นี้ สอดคล้องกับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีที่เพิ่มขึ้น ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 MLSS_r มีการเปลี่ยนแปลงในแนวโน้มที่สูงขึ้นเช่นกัน จนมีความเข้มข้นที่สภาวะคงตัวประมาณ 23,550 และ 22,695 มก./ล. ตามลำดับ ในช่วงสภาวะคงตัว ซึ่งเห็นได้ว่า MLSS_r ของชุดการทดลองที่ 2 มากกว่าในชุดการทดลองที่ 3 เนื่องจากมีอายุสัณฐานสูงกว่า

- SS น้ำออก

การเปลี่ยนแปลงของ SS ในน้ำออกของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อยู่ในช่วงประมาณ 220 – 340 มก./ล. และมีค่าประมาณ 270 และ 300 มก./ล. ในช่วงสภาวะคงตัว ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และมีค่าสูงกว่าในการทดลองครั้งที่ 1 เล็กน้อย โดยมีความเข้มข้นประมาณ 70 มก./ล.

- V_{30} และ SVI

ในชุดการทดลองที่ 1 V_{30} มีการเปลี่ยนแปลงในแนวโน้มที่สูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า SVI จะเห็นได้ว่าความสามารถในการตกตะกอนของระบบสูงขึ้น ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันกับผลการทดลองในครั้งที่ 1 และใกล้เคียงกันมาก และมีความสามารถในการตกตะกอนสูงกว่าในชุดการทดลองที่ 1

- พารามิเตอร์อื่น ๆ

พีเอช (pH) น้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงประมาณ 6.9 – 7.9 ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ทั้ง 3 ชุดการทดลอง

อุณหภูมิ (Temperature) น้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงประมาณ 28.5 – 29.5 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ทั้ง 3 ชุดการทดลอง

ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในชุดการทดลองทั้ง 3 ชุด มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.07 - 0.1 มก./ล. สำหรับช่วงแอนแอโรบิก และมีค่าอยู่ในช่วง 4.2 – 6.2 มก./ล. ในช่วงปลายแอโรบิก ส่วนในช่วงปลายแอนนออกซิกนั้นจะมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.04 - 0.08 มก./ล.

ค่าเฉลี่ย และประสิทธิภาพการทำงานของระบบในการกำจัดพารามิเตอร์ที่สนใจ ซึ่งได้แก่ ซีไอดี สี และทีเคเอ็น สรุปได้ดังตารางที่ 4-7 และ 4-8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state
ของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอายุสลัดจ์

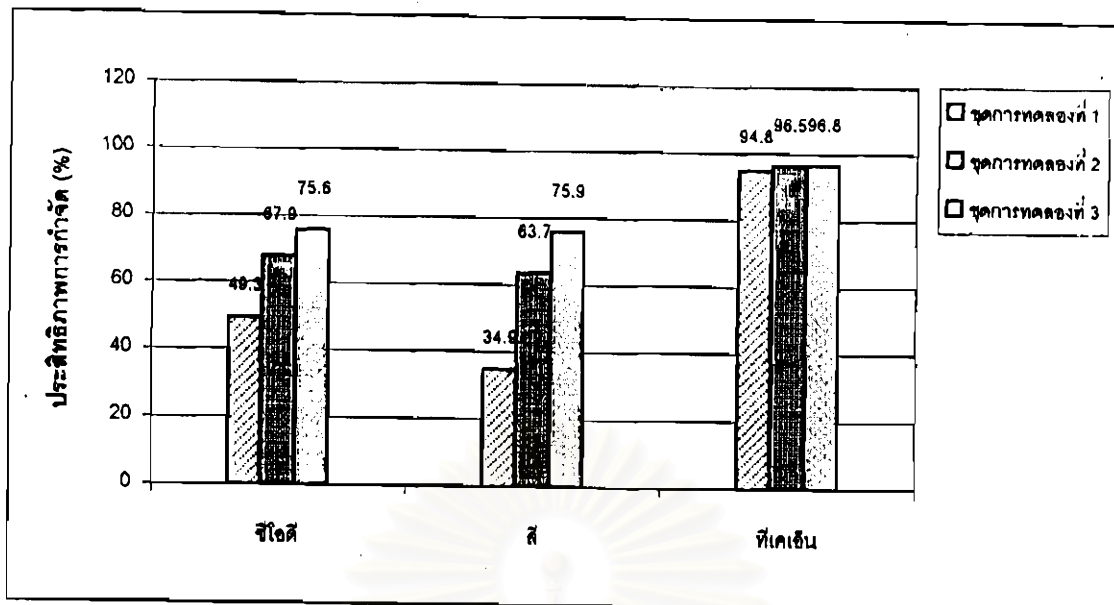
พารามิเตอร์ (มก./ล.)	น้ำเสีย**	น้ำออก ***		
		2-1 (อายุสลัดจ์ 30 วัน)	2-2 (อายุสลัดจ์ 30 วัน)	2-3 (อายุสลัดจ์ 20 วัน)
พีเอช*	7.88	6.96	7.16	7.16
ซีไอดี	1006.4	510.2	322.9	246.0
สี (Su.)****	170.7	118.6	69.9	42.1
TKN	480.6	25.0	16.8	15.2
Nitrite	0.18	0.75	2.35	1.13
Nitrate	0.86	53.8	104.3	109.9

หมายเหตุ : * พีเอชไม่มีหน่วย ** ไม่ผ่านกระดาษกรอง *** ผ่านกระดาษกรอง GF/C **** ผ่านแผ่นเมมเบรน

ตารางที่ 4-8 ประสิทธิภาพการกำจัดพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state
ของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอายุสลัดจ์

พารามิเตอร์		ผลการทดลอง		
		2-1 (อายุสลัดจ์ 30 วัน)	2-2 (อายุสลัดจ์ 30 วัน)	2-3 (อายุสลัดจ์ 20 วัน)
ซีไอดี (มก./ล.)	น้ำเสีย	1,006.4	1,006.4	1,006.4
	น้ำออก	510.1	322.9	246.0
	% กำจัด	49.3	67.9	75.6
สี (Su.)	น้ำเสีย	170.7	170.7	170.7
	น้ำออก	111.1	61.9	41.1
	% กำจัด	34.9	63.7	75.9
TKN (มก./ล.)	น้ำเสีย	480.6	480.6	480.6
	น้ำออก	24.9	16.8	15.2
	% กำจัด	94.8	96.5	96.8

จากตารางที่ 4-8 เขียนความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี สี และทีเคเอ็น
กับผลการทดลองต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 4-10



ชุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสลัดจ์ 30 วัน

ชุดที่ 2 ระบบ BPAAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสลัดจ์ 30 วัน

ชุดที่ 3 ระบบ BPAAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสลัดจ์ 20 วัน

รูปที่ 4-10 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอเอส และทีเคเอ็น ของชุดการทดลอง ที่มีค่าอายุสลัดจ์ต่างกัน

4.3.2.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอเอส

จากการทำงานในช่วง steady state ของระบบ ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอเอสของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 สูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 ที่เป็นชุดควบคุม เนื่องจากมีการเติมผงถ่านเข้าสู่ระบบ ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกันกับการศึกษาในหัวข้อที่ 4.3.1 อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 เมื่อเทียบกับชุดควบคุมนี้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในชุดการทดลองที่ 3 (อายุสลัดจ์ 20 วัน) มีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดการทดลองที่ 2 (อายุสลัดจ์ 30 วัน) ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณของผงถ่านที่เติมกลับเข้าสู่ระบบในแต่ละวันไม่เท่ากัน คือระบบที่มีค่าอายุสลัดจ์มากกว่าจะมีการเติมผงถ่านกลับเข้าสู่ระบบต่ำกว่า ทำให้มีปริมาณผงถ่านใหม่ที่มีประสิทธิภาพเต็มที่เข้าสู่ระบบน้อยกว่า ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลง ทั้งที่การเพิ่มค่าอายุสลัดจ์ทำให้สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากค้างอยู่ในถังปฏิบัติการได้นานขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอเอสจากกลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียน่าจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอเอสสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ที่ไม่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียที่นำมาใช้นี้ มีสารอินทรีย์ประเภทย่อยสลายยาก (refractory organic) เป็นส่วนใหญ่ (บีไอเอส/ซีไอเอสเท่ากับ 0.1) และกลไกการทำงานของแบคทีเรียไม่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ประเภทนี้ได้โดยง่าย ดังนั้นสารอินทรีย์ย่อยสลายยากที่มีอยู่ในน้ำเสียส่วนใหญ่จะถูกกำจัดด้วยกลไกการดูดติดของผงถ่านที่มีอยู่ในระบบ BPAAC-SBR

4.3.2.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสี

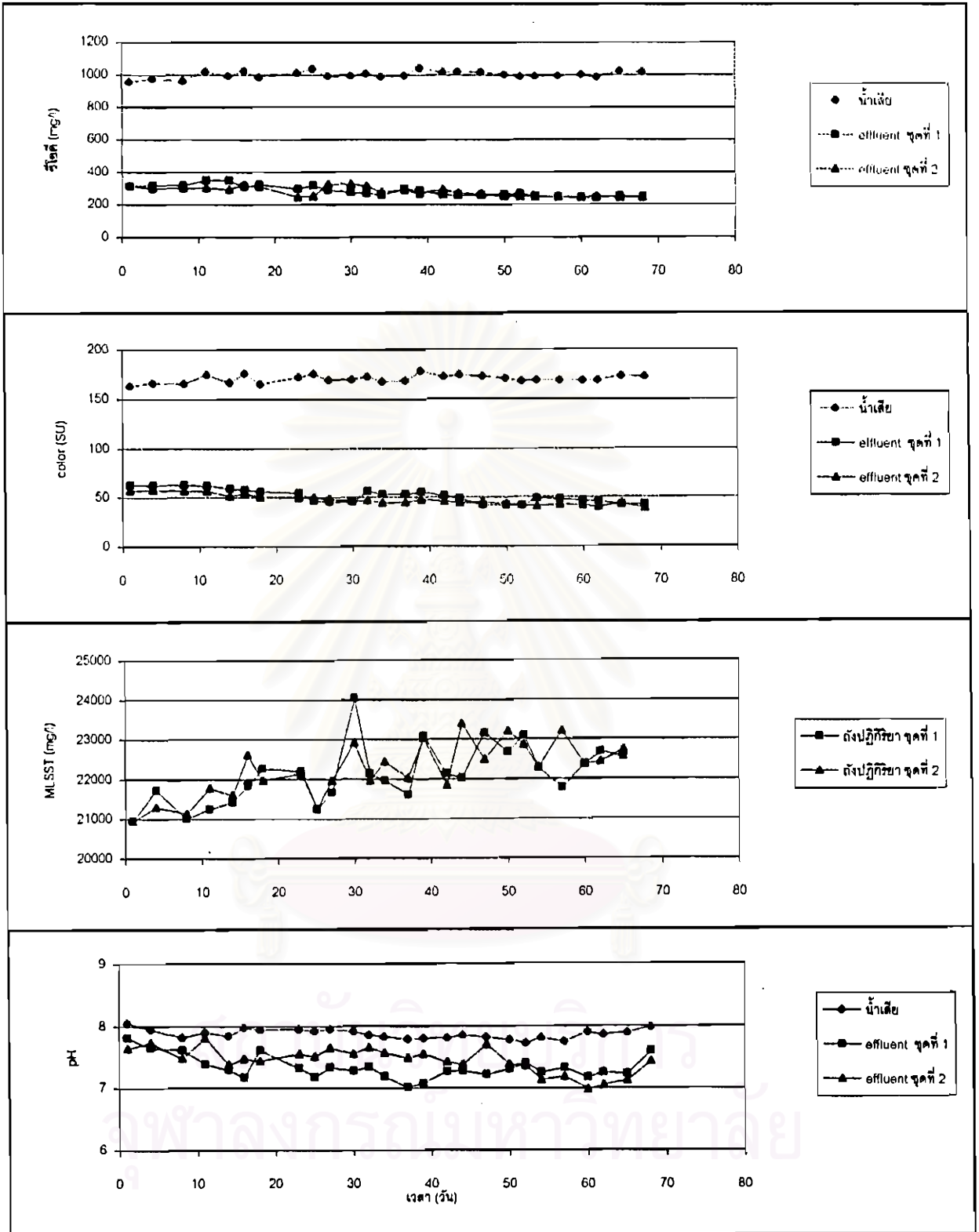
จากผลการทำงานของระบบในช่วง steady state ในตารางที่ 4-8 และรูปที่ 4-10 เห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบมีแนวโน้มเดียวกันกับการกำจัดซีไอดี นั่นคือ ประสิทธิภาพที่สูงกว่าของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 ที่เป็นชุดควบคุม เนื่องจากผลของการทำงานร่วมกันระหว่างกลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรีย และกลไกการดูดติดของผงถ่านกัมมันต์ที่มีอยู่ในระบบ และเมื่อควบคุมค่าอายุสลัดจ์สูงขึ้น ปริมาณการเติมผงถ่านกลับเข้าสู่ระบบในแต่ละวันจะน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของระบบต่ำลงตามไปด้วย เนื่องจากสารอินทรีย์ย่อยสลายยากจำพวกกรดฟัลลิกและกรดฮิวมิก ที่มีอยู่มากในน้ำระดมลอยที่มาจากบ่อฝังกลบที่มีอายุงาน (Tahobanoglous et al.,1993) เป็นสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสี ดังนั้นกลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงไม่สามารถย่อยสลายได้ จึงต้องใช้กลไกการดูดติดของผงถ่านที่มีอยู่ในระบบ และที่เติมกลับสู่ระบบในแต่ละวันเป็นกลไกหลัก

4.3.2.3 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น

ผลของประสิทธิภาพการทำงานของระบบในการทดลองครั้งนี้ มีแนวโน้มเดียวกันกับการศึกษาในหัวข้อ 4.3.1.3 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของทุกชุดการทดลองสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าความสามารถของแบคทีเรียที่มีอยู่ในระบบสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้เกือบทั้งหมด โดยผงถ่านมีอิทธิพลน้อยมากในการกำจัดทีเคเอ็น เมื่อเทียบกับแบคทีเรีย พิจารณาได้จากความสามารถในการกำจัดทีเคเอ็นของชุดการทดลองที่เป็นชุดควบคุม (SBR) ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่มีการเติมผงถ่านในระบบ (BPAC-SBR)

4.3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลา แอนแอโรบิก-แอโรบิก ต่อระบบ BPAC-SBR

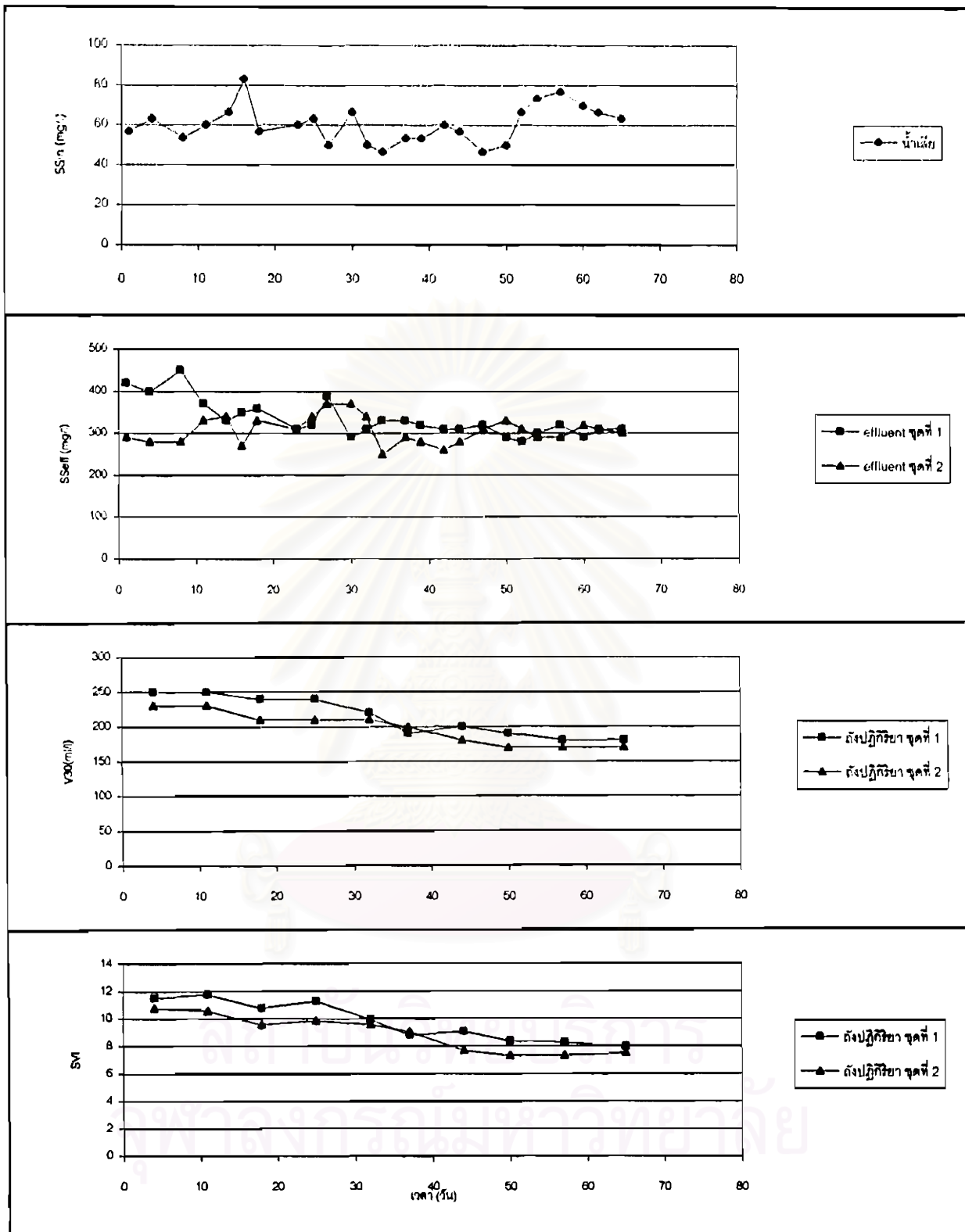
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิกของระบบ BPAC-SBR นี้ เป็นการทดลองในครั้งที่ 3 แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด เป็นการทดสอบการเพิ่มเวลาช่วงแอนแอโรบิกจาก 5.5 ชม. เป็น 8.5 ชม. ขณะที่เวลาของช่วงแอนแอโรบิกไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้ช่วงเวลาแอโรบิกลดลงจาก 12 ชม. เป็น 9 ชม. โดยความเข้มข้นผงถ่านและค่าอายุสลัดจ์ที่ใช้กำหนดให้คงที่เท่ากับ 20,000 มก./ล. และ 20 วัน ตามลำดับ ผลการทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 4-11



จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่ายแรมวัน 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 8.5-9-4.5 ชม., ใช้อุณหภูมิ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่ายแรมวัน 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 5.5-12-4.5 ชม., ใช้อุณหภูมิ 20 วัน

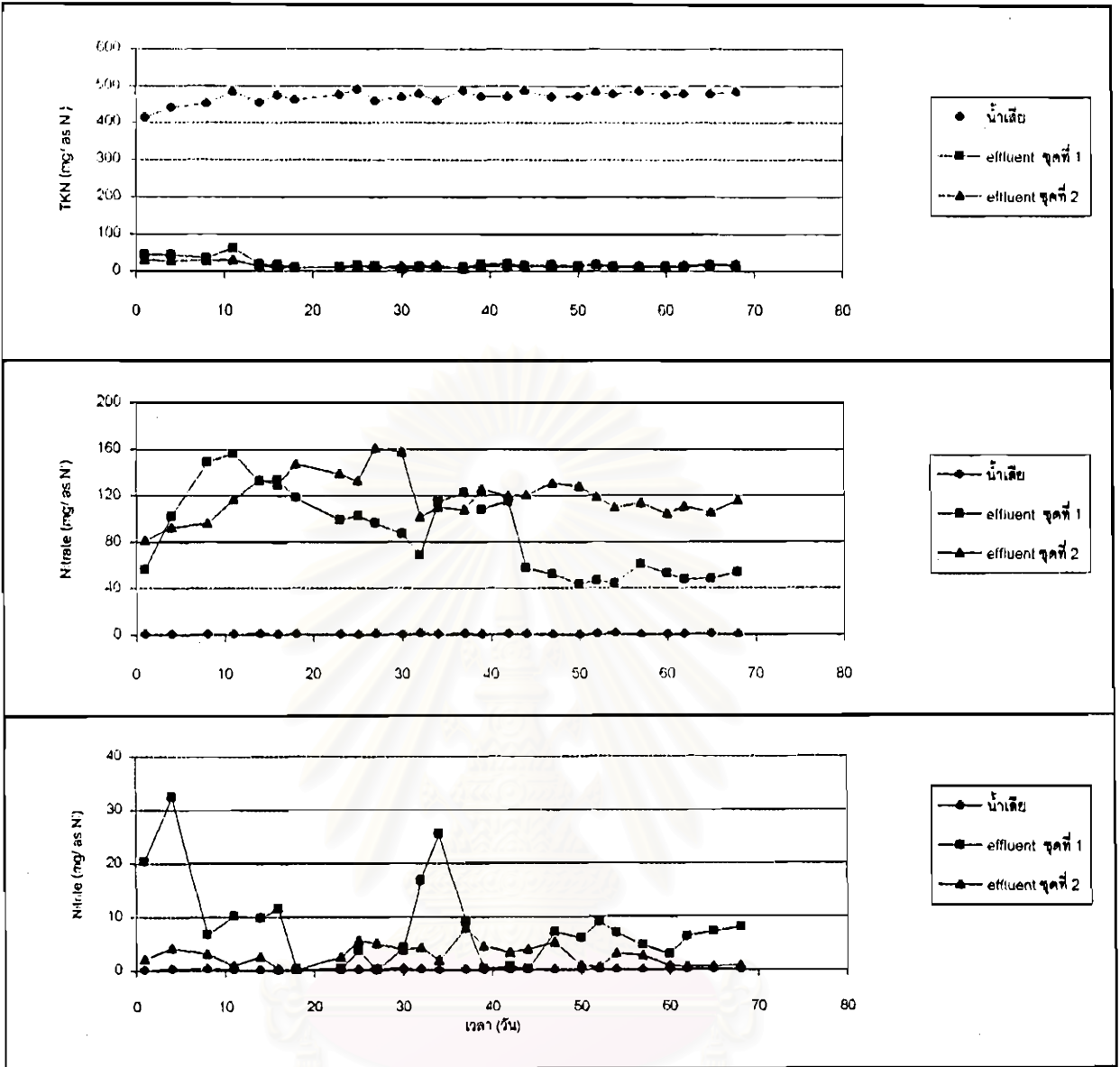
รูปที่ 4-11 ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
 ที่ช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิก ต่างกัน



จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านแฉิมจีน 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 8.5-9-4.5 ชม., ใช้อุณหภูมิ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านแฉิมจีน 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 5.5-12-4.5 ชม., ใช้อุณหภูมิ 20 วัน

รูปที่ 4-11 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่ช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิก ต่างกัน



จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR หน่วงถ่านร้มน้ขั้ว 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 8.5-9-4.5 ชม., ใช้อุสลิคค์ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR หน่วงถ่านร้มน้ขั้ว 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 5.5-12-4.5 ชม., ใช้อุสลิคค์ 20 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-11.(ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่ช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิก ต่างกัน (ต่อ)

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทำงานของระบบตลอดระยะเวลาการทดลอง มีดังนี้

- ซีไอดี และสี (COD และ Color)

การเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสี มีน้อยมาก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการทดลองครั้งที่ 1 (เทียบกับชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นผงดำนในระบบเท่ากัน) โดยทั้ง 2 ชุดการทดลองมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันมาก มีค่าประมาณ 75.6 เปอร์เซ็นต์ สำหรับซีไอดี และอยู่ในช่วง 73.7 – 75.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสี

- ทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรท (TKN, NO_2^- และ NO_3^-)

การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นมีน้อยมาก และมีประสิทธิภาพที่สภาวะคงตัวประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสองชุดการทดลอง สำหรับการเปลี่ยนแปลงไนเตรทในระยะแรกมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูง จนเริ่มคงที่เมื่อทำการทดลองผ่านไปประมาณ 42 วัน ทั้งสองชุดการทดลอง โดยมีความเข้มข้นในน้ำออกประมาณ 53 และ 110 มก./ล. ในช่วงสภาวะคงตัว ส่วนการเปลี่ยนแปลงไนไตรท์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากสำหรับชุดการทดลองที่ 2 ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงมากในระยะแรก เนื่องจากเป็นระยะปรับตัวของระบบ และเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 วัน นับจากเริ่มต้นการทดลอง โดยมีความเข้มข้นไนไตรท์ในน้ำออกประมาณ 5.9 และ 1.1 มก./ล. ในช่วงสภาวะคงตัว สำหรับชุดการทดลองที่ 1 และ 2

- MLSS

การเปลี่ยนแปลงเซลล์แบคทีเรียของชุดการทดลองที่ 1 และ 2 นี้ จะเป็นการเปลี่ยนแปลงของ MLSS_c ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 22,390 และ 22,695 มก./ล. ซึ่งเห็นได้ว่ามีความใกล้เคียงกันมาก

- SS น้ำออก

การเปลี่ยนแปลงของ SS ในน้ำออกของชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อยู่ในช่วงประมาณ 280 – 420 มก./ล. และมีค่าประมาณ 300 มก./ล. ในช่วงสภาวะคงตัวทั้งสองชุดการทดลอง

- V_{30} และ SVI

การเปลี่ยนแปลงทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มเดียวกันตลอดระยะเวลาทำการทดลอง และมีค่าใกล้เคียงกัน หมายถึงความสามารถในการตกตะกอนของระบบใกล้เคียงกัน

- พารามิเตอร์อื่น ๆ

พีเอช (pH) น้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงประมาณ 7.0 – 7.8 ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ทั้ง 2 ชุดการทดลอง

อุณหภูมิ (Temperature) น้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงประมาณ 28.5 – 29.5 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ทั้ง 2 ชุดการทดลอง

ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในชุดการทดลองทั้ง 2 ชุด มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.07 - 0.11 มก./ล. สำหรับช่วงแอนแอโรบิก และมีค่าอยู่ในช่วง 4.2 – 6.2 มก./ล. ในช่วงปลายแอโรบิก ส่วนในช่วงปลายแอนนออกซิกนั้นจะมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.04 - 0.08 มก./ล.

ค่าเฉลี่ย และประสิทธิภาพการทำงานของระบบในการกำจัดพารามิเตอร์ที่สนใจ ซึ่งได้แก่ ซีโอดี ซี และทีเคเอ็น สรุปได้ดังตารางที่ 4-9 และ 4-10

ตารางที่ 4-9 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ที่ช่วงเวลาแอนแอโรบิก – แอโรบิก ต่างกัน

พารามิเตอร์ (มก./ล.)	น้ำเสีย**	น้ำออก***	
		3-1 (8.5-9-4.5 ชม.)	3-2 (5.5-12-4.5 ชม.)
พีเอช*	7.88	7.12	7.27
ซีโอดี	1006.4	245.4	246.0
ซี (Su.)****	170.7	44.8	41.1
TKN	480.6	13.1	15.2
Nitrite	0.18	5.86	1.13
Nitrate	0.86	52.6	109.9

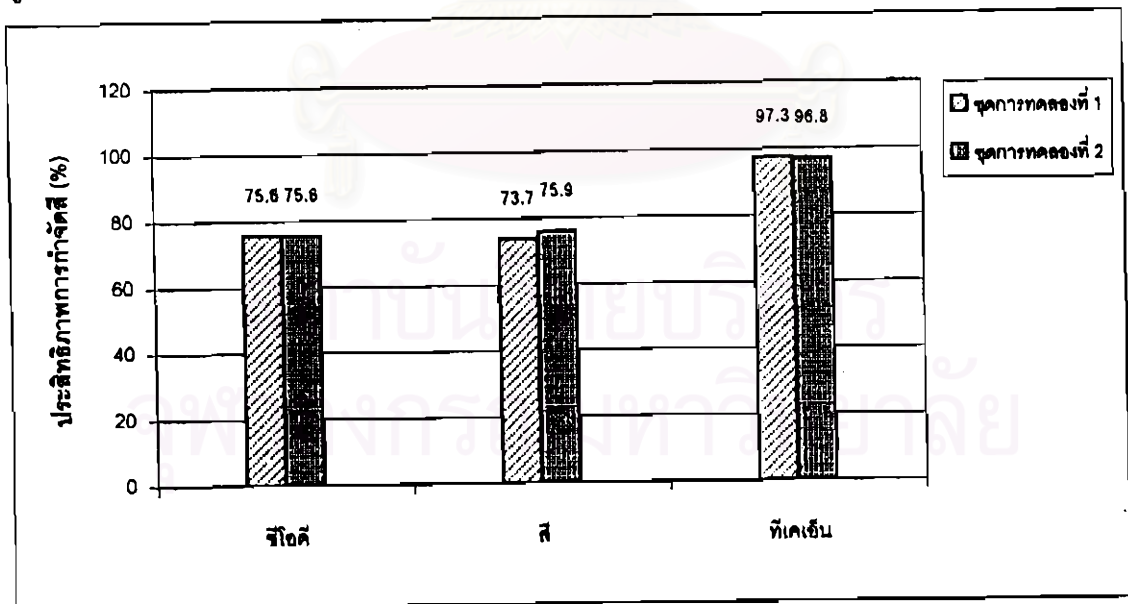
หมายเหตุ : * พีเอชไม่มีหน่วย ** ไม่ผ่านกระดาษกรอง *** ผ่านกระดาษกรอง GF/C **** ผ่านแผ่นเมมเบรน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-10 ประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ต่างๆ
ที่ช่วงเวลา แอนแอโรบิก-แอโรบิก ต่างกัน

พารามิเตอร์		ชุดการทดลอง	
		3-1 (8.5-9-4.5 ชม.)	3-2 (5.5-12-4.5 ชม.)
ซีโอดี (มก./ล.)	น้ำเสีย	1,006.4	1,006.4
	น้ำออก	245.2	246.0
	% กำจัด	75.6	75.6
สี (Su.)	น้ำเสีย	170.7	170.7
	น้ำออก	44.8	41.1
	% กำจัด	73.7	75.9
TKN (มก./ล.)	น้ำเสีย	480.6	480.6
	น้ำออก	13.1	15.2
	% กำจัด	97.3	96.8

จากตารางที่ 4-10 สามารถแสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สี และทีเคเอ็น
เทียบกันระหว่างชุดการทดลองที่มีระยะเวลา แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิกต่างกัน ได้ดัง
รูปที่ 4-12



ชุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 8.5-9-4.5 ชม., ใช้อุณหภูมิ 20 วัน

ชุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 5.5-12-4.5 ชม., ใช้อุณหภูมิ 20 วัน

รูปที่ 4-12 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สี และทีเคเอ็น ของชุดการทดลอง
ที่มีระยะเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก ต่างกัน

4.3.3.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี

จากตารางที่ 4-9 และรูปที่ 4-12 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลา แอนแอโรบิก - แอโรบิก ที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบโดยประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบมีค่าเท่ากับ 75.6% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบขึ้นอยู่กับช่วงเวลาแอโรบิกเป็นสำคัญ และช่วงเวลาแอโรบิกน้อยสุดที่ใช้ซึ่งมีเวลา 9 ชม. อาจมากเพียงพอแล้วที่ระบบจะสามารถกำจัดซีไอดีได้ ดังนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีของระบบที่เวลาแอนแอโรบิก 5.5 ชม.-แอโรบิก 12 ชม. และที่เวลาแอนแอโรบิก 8.5 ชม.-แอโรบิก 9 ชม. จึงมีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือ การกำจัดซีไอดีในน้ำเสียสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ นั้น ซีไอดีที่ใช้เป็นซีไอดีประเภทที่ย่อยสลายได้ยากเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีจึงขึ้นกับกลไกการดูดติดของผงถ่าน ในการทดลองครั้งนี้ได้ควบคุมให้มีค่าอายุสลัดจ์เท่ากันที่ 20 วัน และความเข้มข้นผงถ่านในระบบเท่ากันที่ 20,000 มก./ล. ทำให้มีการเติมผงถ่านกลับเข้าสู่ระบบในปริมาณต่อวันเท่ากัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีในภาพรวมของระบบไม่แตกต่างกัน

4.3.3.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสี

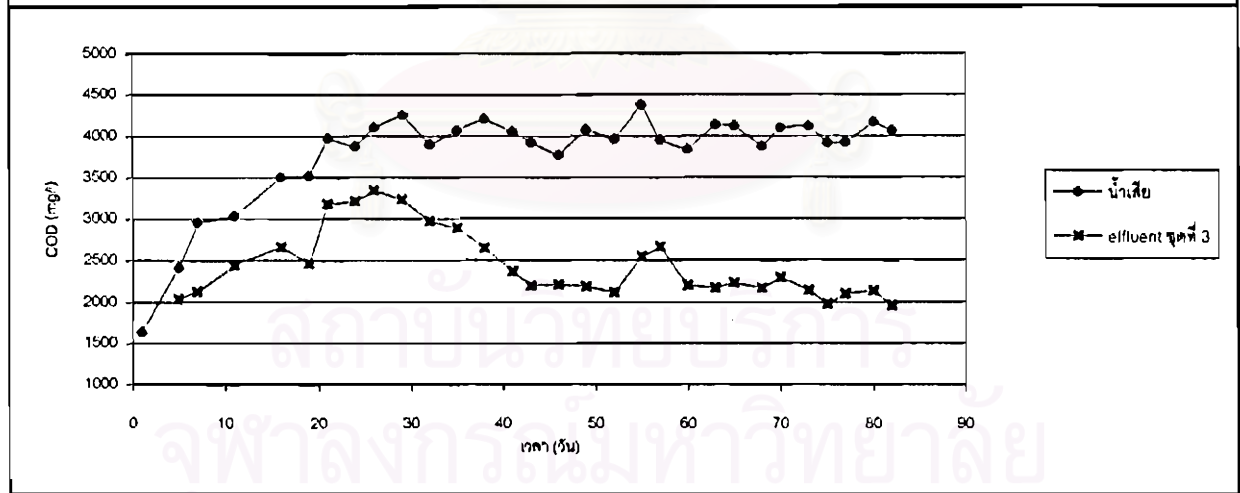
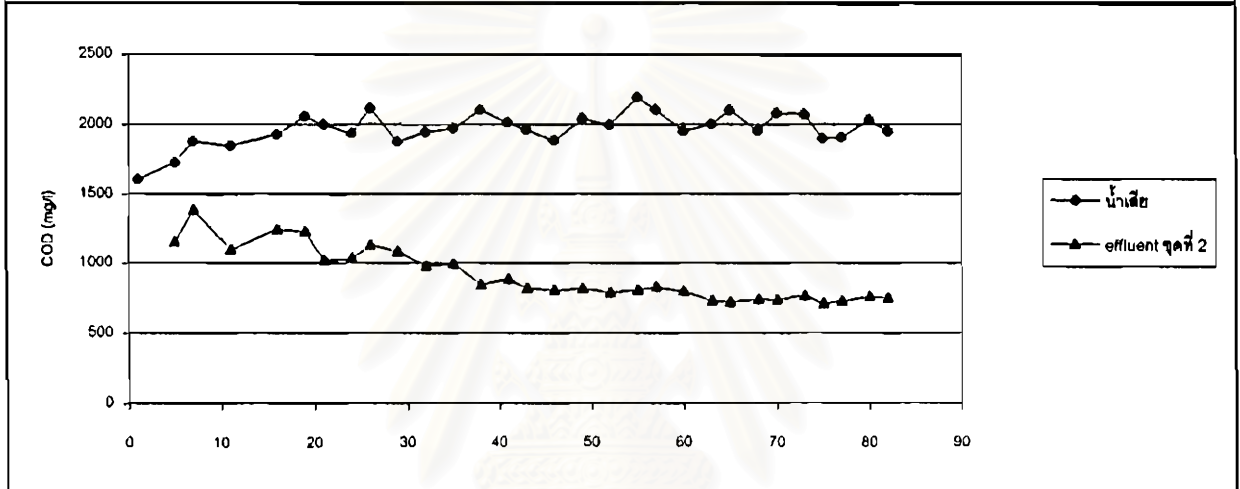
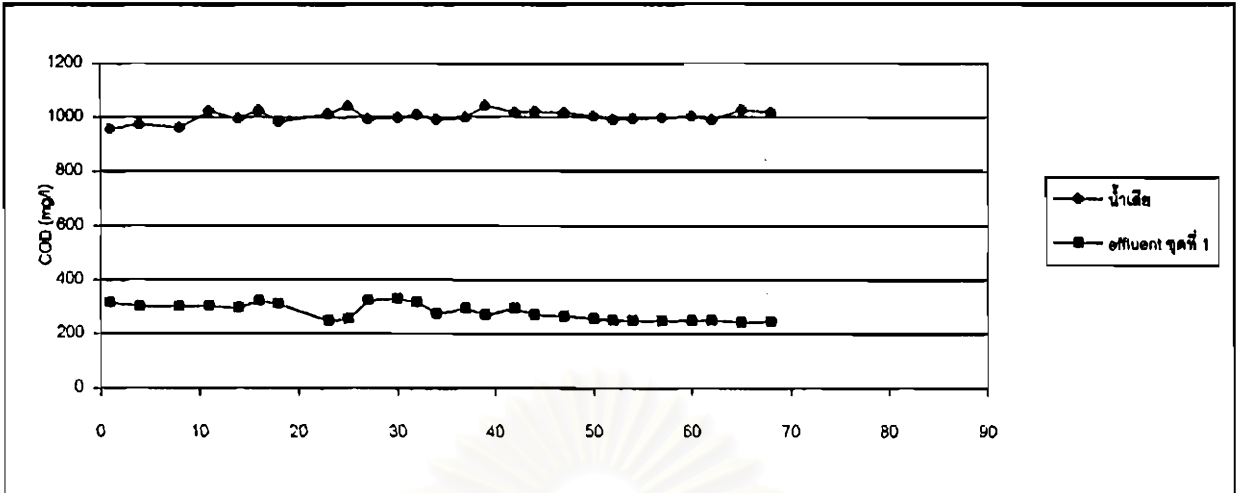
การเพิ่มเวลาแอนแอโรบิกมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบที่คาดว่าจะสูงขึ้น จากกลไกการทำงานของเซลล์แบคทีเรีย อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่า การเพิ่มเวลาในช่วงแอนแอโรบิกและลดช่วงเวลาแอโรบิกที่ใช้ในงานวิจัยกลับทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีลดลงจาก 75.9 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 73.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันเพียง 2.2 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มช่วงเวลาของแอนแอโรบิก และลดช่วงเวลาของแอโรบิกลงนั้นไม่ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบเปลี่ยนไป กลไกหลักของการลดสียังเป็นกลไกการดูดติดของผงถ่านเช่นเดิม อันเป็นผลมาจากน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำที่ผ่านกระบวนการหมักจากบ่อฝักรวมมาแล้ว ทำให้สีที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายกว่าถูกกระบวนการหมักย่อยสลายไปบางส่วน สีที่เหลือจึงเป็นสีที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ง่ายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เช่น กรดฟัลลิก กรดฮิวมิก ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ย่อยสลายยากที่ก่อให้เกิดสีในน้ำเสีย ดังนั้นเซลล์แบคทีเรียในระบบ BPAC-SBR จึงมีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ย่อยสลายยากที่ก่อให้เกิดสีได้น้อย

4.3.3.3 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น

จากตารางที่ 4-9 และรูปที่ 4-12 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาแอนแอโรบิกสูงขึ้นและลดเวลาแอโรบิกที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ควรส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของระบบลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของระบบขึ้นอยู่กับช่วงเวลาแอโรบิกเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของระบบกลับมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 96.8 เปอร์เซ็นต์เป็น 97.3 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนถึงผลการทดลองในลักษณะดังกล่าว แต่การที่ระบบสามารถกำจัดทีเคเอ็นจนได้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วงสูง น่าจะเกิดจากช่วงเวลาแอโรบิกที่ต้องการสำหรับการเปลี่ยนทีเคเอ็น ให้เป็นไนไตรท์ และไนเตรท ต้องการเวลาไม่เกินช่วงเวลาแอโรบิกที่กำหนดไว้ 9 ชม. ดังนั้นระบบจึงสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้เกือบทั้งหมด

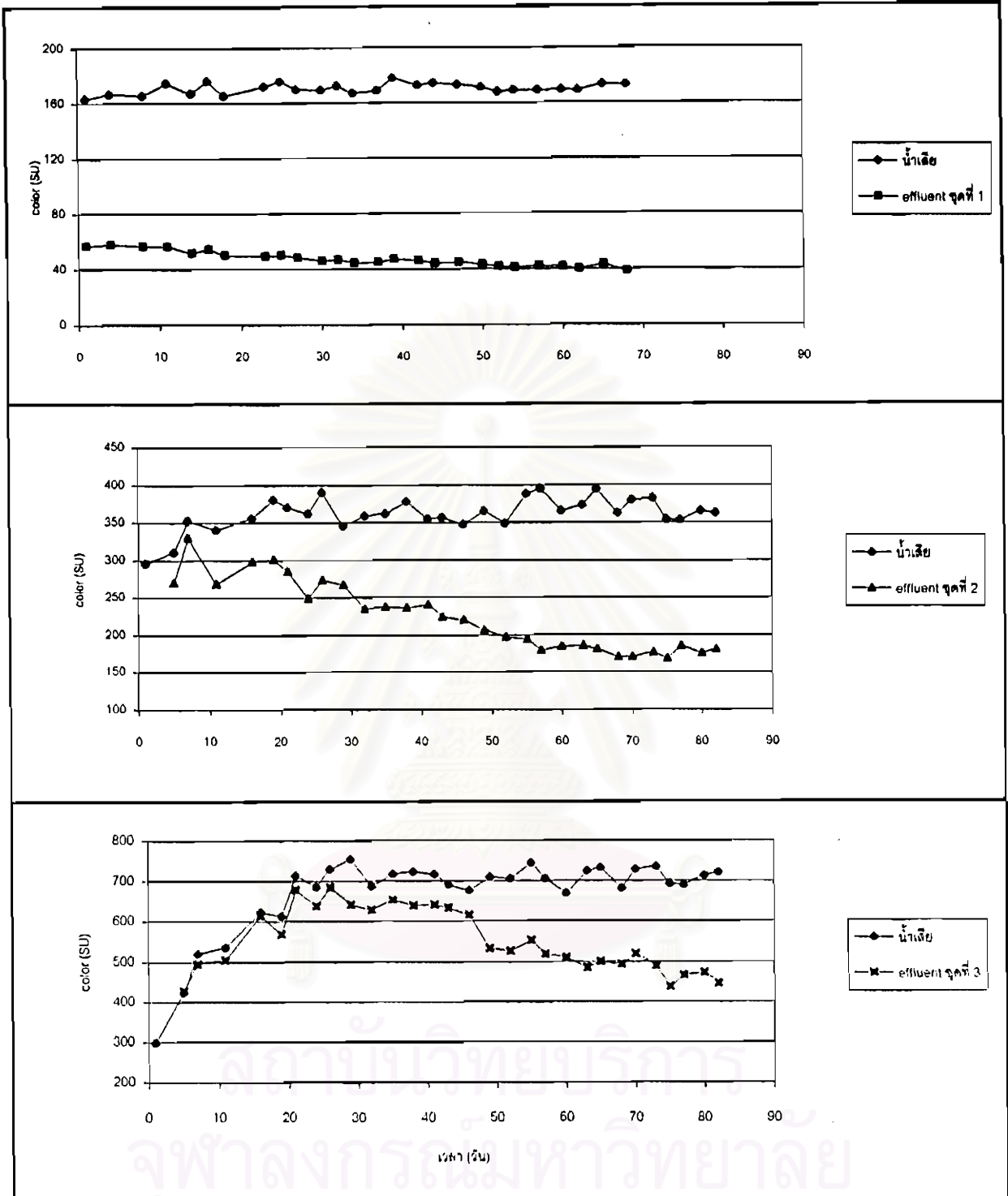
4.3.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงภาระบรทุกสารอินทรีย์ต่อระบบ BPAC-SBR

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงภาระบรทุกสารอินทรีย์ต่อระบบ BPAC-SBR ที่ทดลอง เป็น การศึกษานผลการทำงานของระบบที่ค่าภาระบรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ จาก 0.571, 1.143 และ 2.286 กก./ลบ.ม.-วัน ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าภาระบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 200 และ 400 เปอร์เซ็นต์ จากค่า 0.571 กก./ลบ.ม.-วัน โดยความเข้มข้นผงถ่าน, ค่าอายุตะกอน และช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก ที่ใช้ กำหนดให้คงที่เท่ากับ 20,000 มก./ล. , 20 วัน และ 5.5-12-4.5 ชม. ตามลำดับ ผลการทดลองตลอดระยะเวลาแสดงไว้ในรูปที่ 4-13 โดยข้อมูลผลการทำงานของระบบ ที่สนใจ คือ ความเข้มข้นซีโอดี, ความเข้มข้น และ ความเข้มข้นทีเคเอ็น สามารถสรุปค่าเฉลี่ยแสดง ในตารางที่ 4-11 และประสิทธิภาพการกำจัดในตารางที่ 4-12 โดยนำข้อมูลชุดการทดลองที่ 3 ของ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก มาเปรียบเทียบกับ



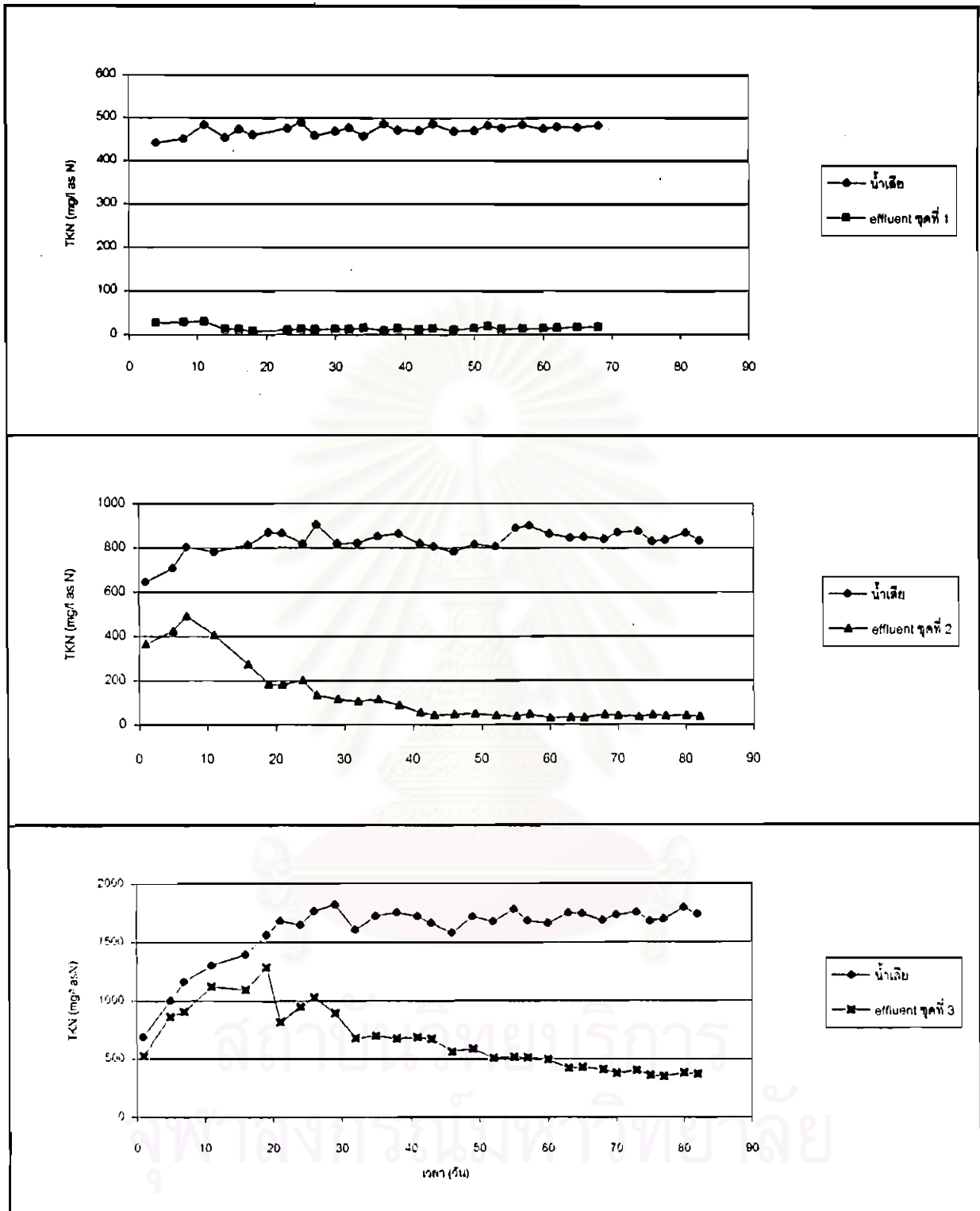
- จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 1,000 มก./ล.
- จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 2,000 มก./ล.
- จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 4,000 มก./ล.

รูปที่ 4-13 ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่มีภาระบรทุกสารอินทรีย์ต่างกัน



- จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีไอติน้ำระมัดปล่อยเข้า 1,000 มก./ล.
- จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีไอติน้ำระมัดปล่อยเข้า 2,000 มก./ล.
- จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีไอติน้ำระมัดปล่อยเข้า 4,000 มก./ล.

รูปที่ 4-13 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่มีภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ต่างกัน

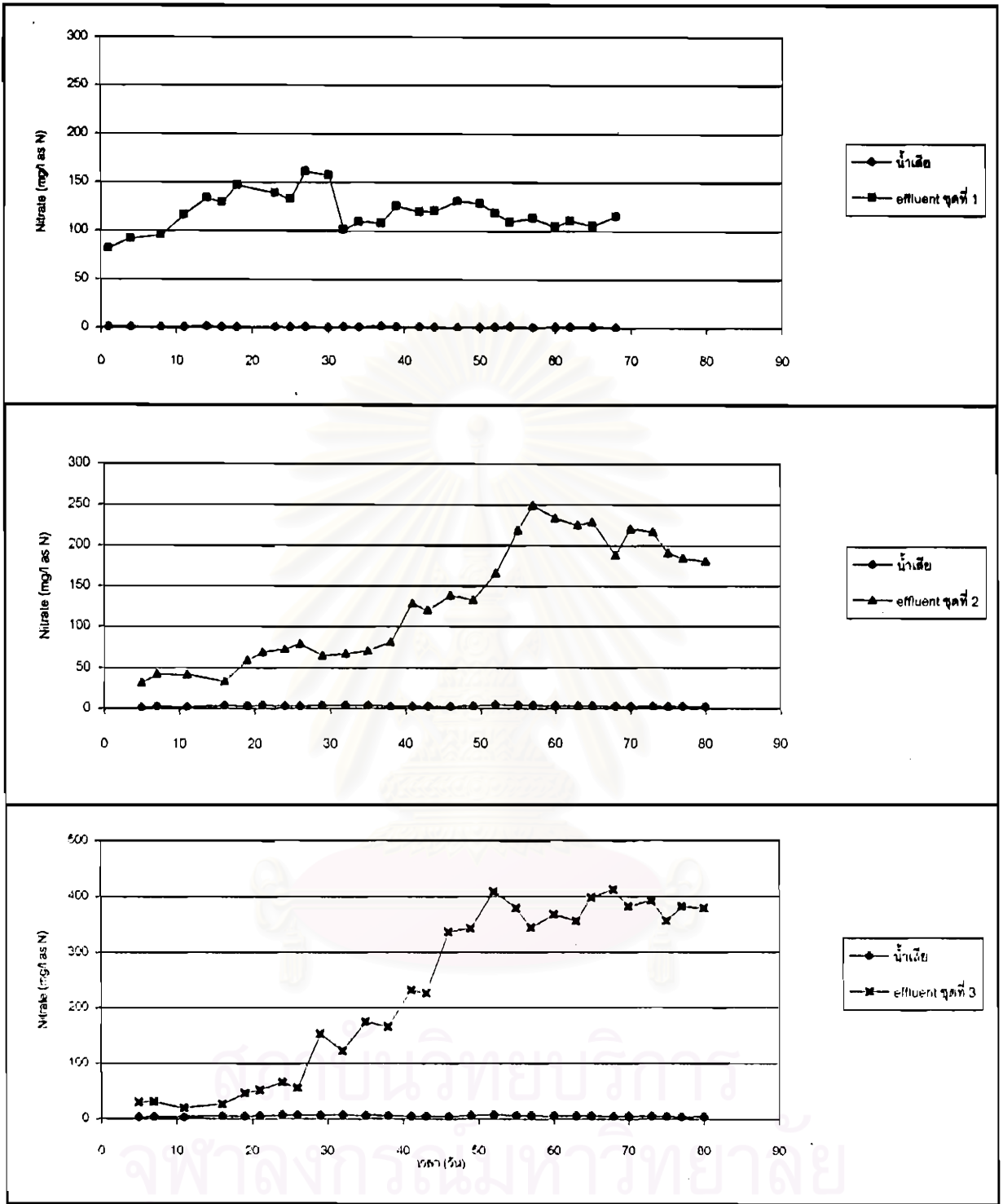


จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้าระมุดผอยเข้า 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้าระมุดผอยเข้า 2,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้าระมุดผอยเข้า 4,000 มก./ล.

รูปที่ 4-13 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่มีภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ต่างกัน

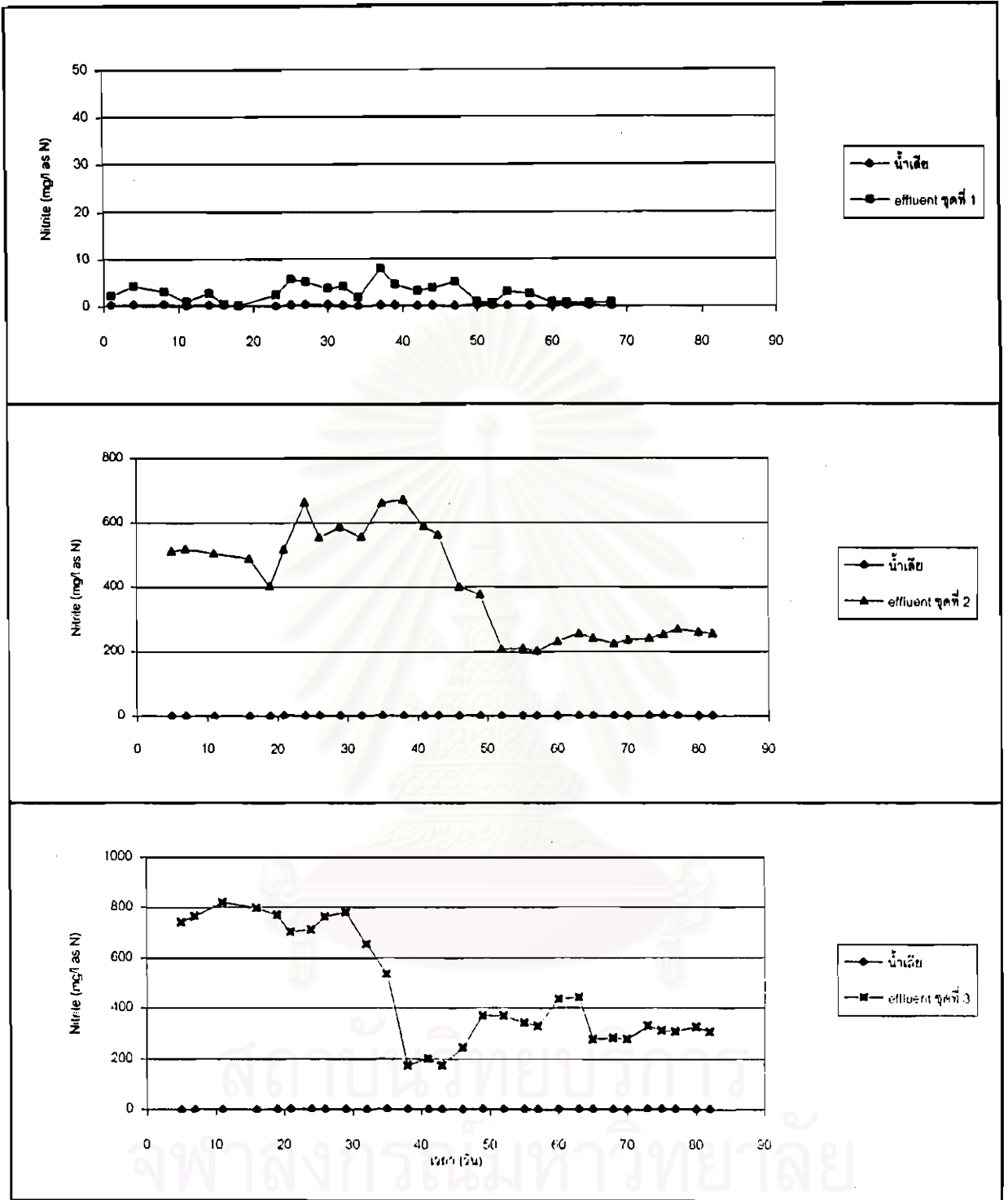


จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีนำระมัดผอยเข้า 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีนำระมัดผอยเข้า 2,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีนำระมัดผอยเข้า 4,000 มก./ล.

รูปที่ 4-13 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่มีภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ต่างกัน

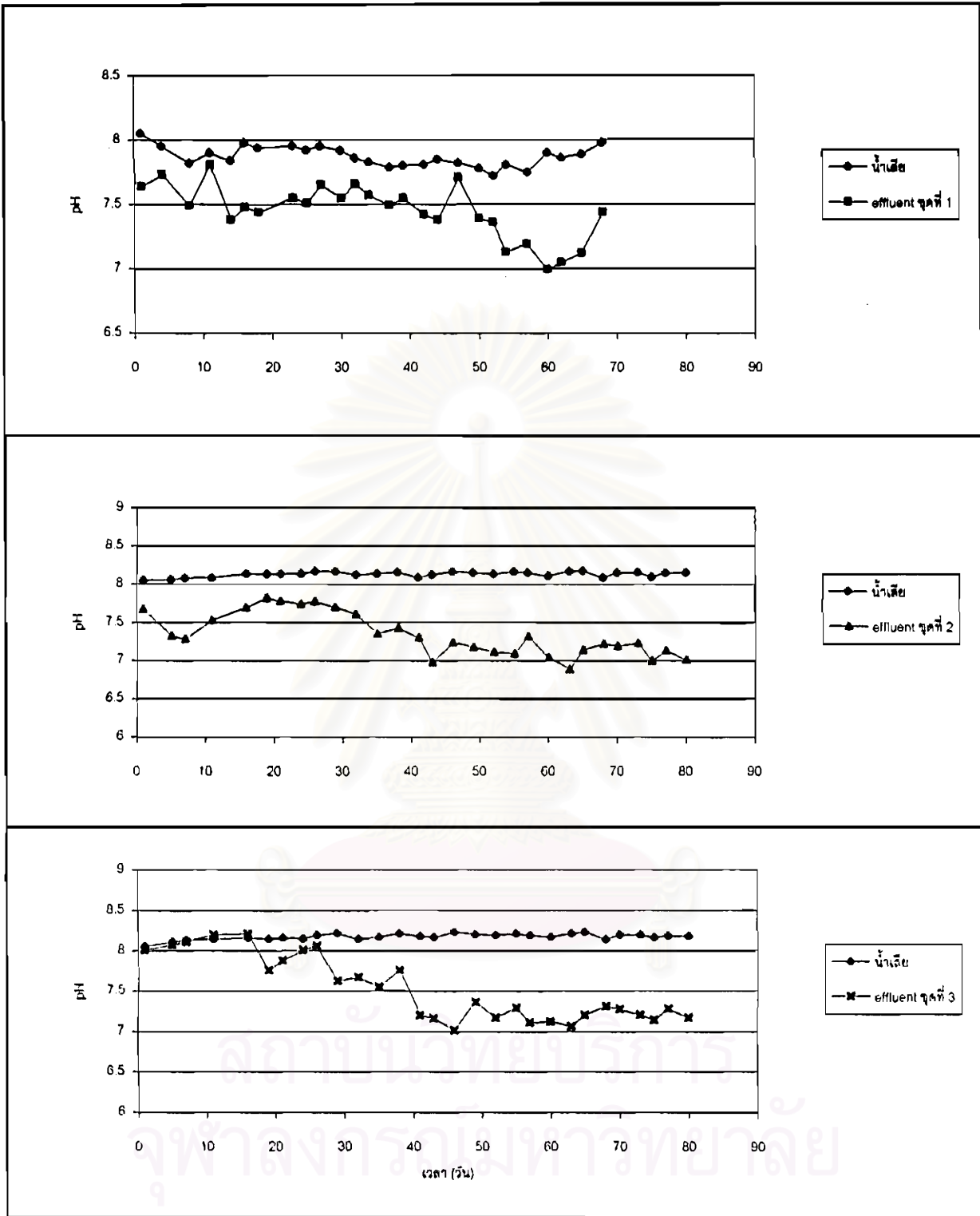


จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 2,000 มก./ล.

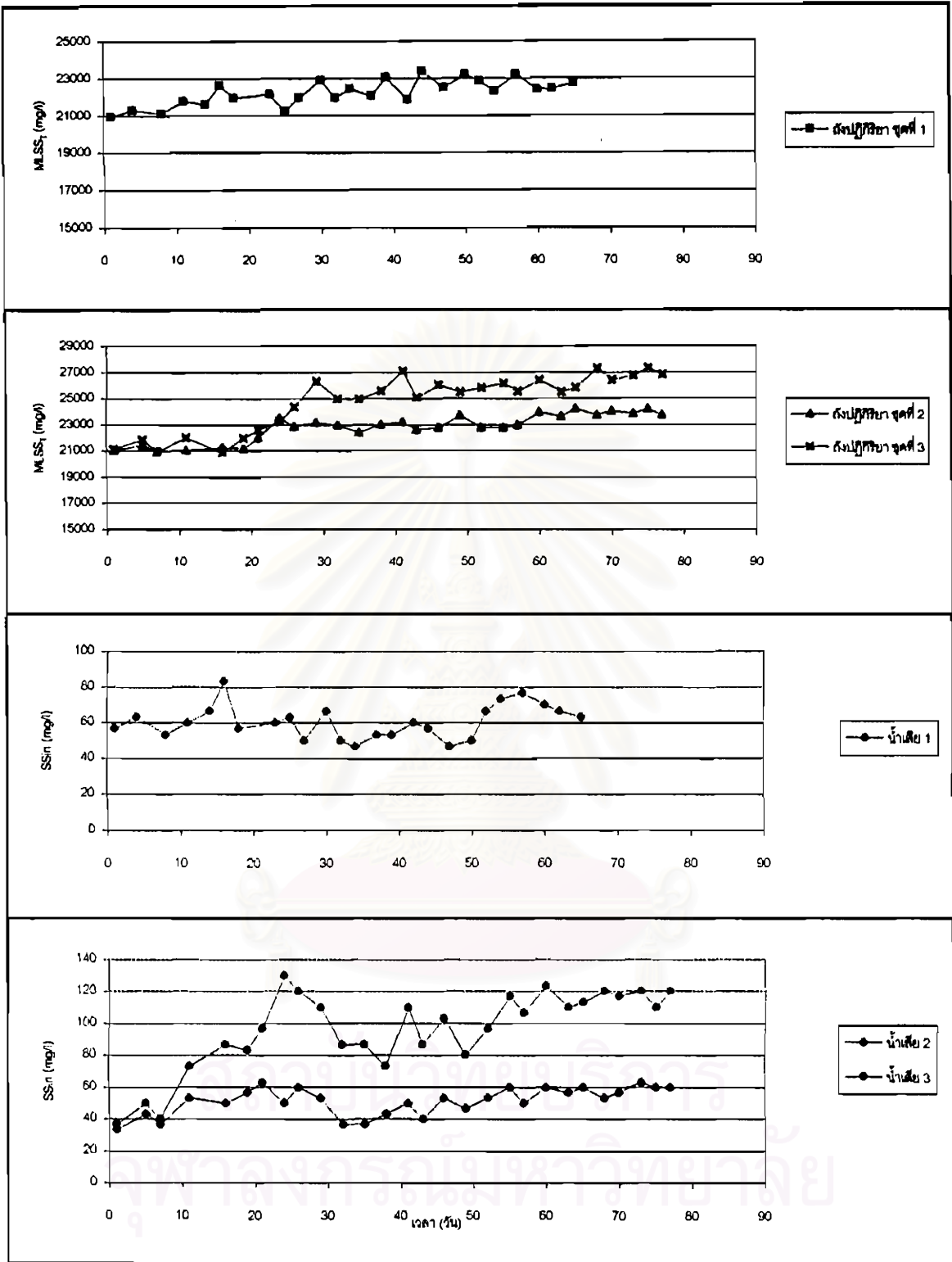
จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 4,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-13 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่มีภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ต่างกัน**



- จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR หน่วงเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีไอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 1,000 มก./ล.
- จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR หน่วงเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีไอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 2,000 มก./ล.
- จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR หน่วงเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีไอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 4,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-13 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่มีภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ต่างกัน**

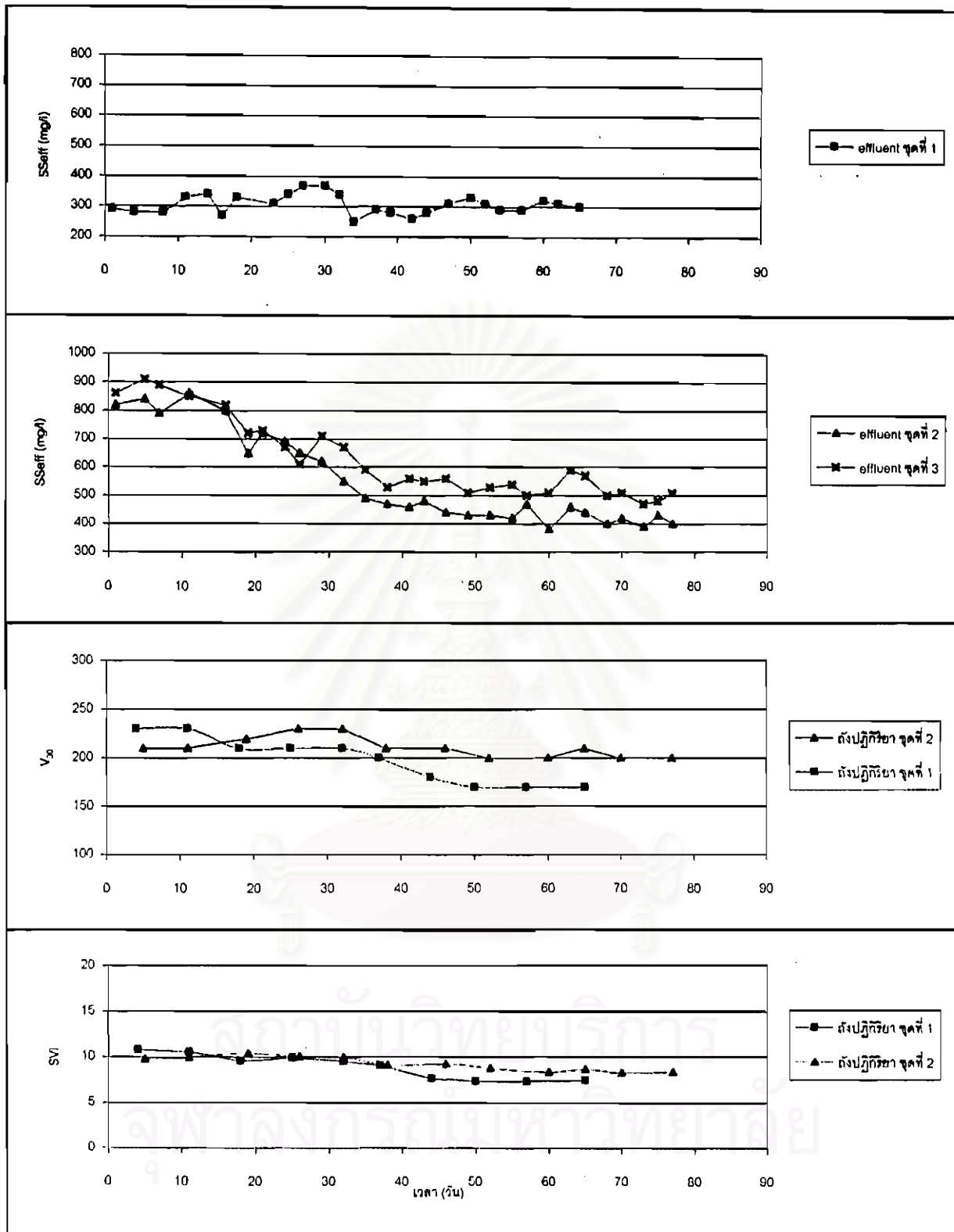


จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดิน้ำระบุมลพิษเข้า 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดิน้ำระบุมลพิษเข้า 2,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ฝังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดิน้ำระบุมลพิษเข้า 4,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-13 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่มีภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ต่างกัน**



จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 2,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอยเจ้า 4,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-13 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
ที่มีภาวะบรรทุสารอินทรีย์ต่างกัน**

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้เซลล์แบคทีเรียเดิมที่มีอยู่ในระบบจากการทดลองครั้งก่อน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานของระบบจะเปลี่ยนแปลงไปค่อนข้างสูง และจะกล่าวถึงเฉพาะชุดการทดลองที่ 2 และ 3 เท่านั้น เนื่องจากในชุดการทดลองที่ 1 เป็นการนำผลการทดลองในชุดการทดลองที่ 2-3 มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด เพื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของระบบเมื่อมีการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีดังนี้

- ซีไอดี และ สี (COD และ Color)

ในการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจากเดิม 2 และ 4 เท่า ในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 นั้น ในระยะแรกจะทำการเพิ่มภาระบรรทุกอินทรีย์ทีละน้อยจนถึงค่าที่กำหนด และการเพิ่มภาระบรรทุกอินทรีย์จะส่งผลให้ความเข้มข้นในน้ำเข้าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย การเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพในชุดการทดลองที่ 2 ในระยะแรกจะมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากอยู่ในช่วงปรับตัวของระบบ เมื่อระบบปรับตัวเข้ากับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นนี้ได้ ประสิทธิภาพของระบบเริ่มสูงขึ้นทีละน้อยจนเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสีประมาณ 63 และ 51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในชุดการทดลองที่ 3 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของระบบเหมือนกับชุดการทดลองที่ 2 โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสีในช่วงสภาวะคงตัวประมาณ 49 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเทียบกับผลการทดลองในชุดที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพของระบบลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นแนวโน้มโดยทั่วไปที่เมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง การลดลงเป็นผลมาจากในน้ำเสียมีความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายยากอยู่สูง รวมทั้งมีความเข้มข้นของสารประกอบที่เป็นพิษต่อเซลล์แบคทีเรียเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่มีความเข้มข้นของผงถ่านในระบบเท่าเดิม ดังนั้นประสิทธิภาพของผงถ่าน และเซลล์แบคทีเรียในระบบจึงลดลง

- ทีเคเอ็น ไนโตรท์ และไนเตรท (TKN, NO_2^- และ NO_3^-)

ความเข้มข้นทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้าระบบเพิ่มขึ้นประมาณ 2 และ 4 เท่าสำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ตามภาระบรรทุกอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพทีเคเอ็นในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ในระยะแรกมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากการปรับตัวของระบบ และเพิ่มสูงขึ้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยมีประสิทธิภาพประมาณ 95 และ 79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนโตรท์ และไนเตรทในน้ำออกของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มที่เหมือนกันตลอดระยะเวลาทำการทดลอง โดยในระยะแรกความเข้มข้นไนโตรท์ในระบบจะมีค่าสูงมาก และลดต่ำลงเมื่อระยะเวลาการทดลองผ่านไปประมาณวันที่ 40 - 50 จน

เข้าสู่สภาวะคงตัว ที่ความเข้มข้นประมาณ 257 และ 316 มก./ล. ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในเตรทในน้ำออกจะมีแนวโน้มที่ตรงกันข้ามกับไนโตรที่ทั้ง 2 ชุดการทดลอง โดยในระยะแรกจะมีค่าต่ำ และเพิ่มสูงขึ้นจนเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ความเข้มข้นประมาณ 194 และ 376 มก./ล. การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นในเตรทนี้เนื่องจากในน้ำเข้ามีทีเคเอ็นสูงขึ้นไป ดังนั้นการเกิดในเตรทจากกระบวนการไนตริฟิเคชันจึงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนไนโตรที่มีค่าเพิ่มขึ้นนี้อาจเป็นผลมาจากระยะเวลาในการเปลี่ยนไนโตร ให้เป็นในเตรทในกระบวนการไนตริฟิเคชันไม่เพียงพอ

- MLSS

เป็นการเปลี่ยนแปลงในรูปของ $MLSS_c$ ในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน คือค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ประมาณ 23,916 และ 26,928 มก./ล. ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของ $MLSS_c$ นี้เป็นผลมาจากการเพิ่มสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ ทำให้เซลล์แบคทีเรียที่มีอยู่ในระบบสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

- SS น้ำออก

การเปลี่ยนแปลงของ SS ในน้ำออกของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน คือในระยะแรกมีความเข้มข้น SS ในน้ำออกสูง เนื่องจากในระยะแรกระบบยังไม่สามารถปรับตัวเข้ากับภาระอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นได้ จนเมื่อระบบเริ่มปรับตัวได้ความเข้มข้นของ SS น้ำออก จึงลดลงตามไปด้วย โดยมีค่าประมาณ 410 และ 490 มก./ล. ในช่วงสภาวะคงตัว ตามลำดับ

- V_{30} และ SVI

ค่า V_{30} ในชุดการทดลองที่ 3 ไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากน้ำเสียเข้ามีความเข้มข้นสูง ทำให้ในการวัดค่า V_{30} ที่ต้องใช้สายตาในการอ่านค่าการตกตะกอนไม่สามารถแยกส่วนที่เป็นน้ำใสกับตะกอนที่ตกลงมาได้ จึงไม่สามารถอ่านค่าได้ ส่งผลให้ไม่สามารถหาค่า SVI ได้ตามไปด้วย สำหรับการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการตกตะกอนสำหรับชุดการทดลองที่ 2 มีแนวโน้มดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับในระยะแรกของการทดลองครั้งนี้

- พารามิเตอร์อื่น ๆ

พีเอช (pH) น้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงประมาณ 6.9 – 7.8 สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และอยู่ในช่วง 7 – 8.2 สำหรับในชุดการทดลองที่ 3 ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

อุณหภูมิ (Temperature) น้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงประมาณ 25.8 – 29.5 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ทั้ง 3 ชุดการทดลอง

ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในชุดการทดลองทั้ง 2 ชุด มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.06 - 0.1 มก./ล. สำหรับช่วงแอนแอโรบิก และมีค่าอยู่ในช่วง 4.2 – 6.2 มก./ล. ในช่วงปลายแอโรบิก ส่วนในช่วงปลายแอนแอโรบิกนั้นจะมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.04 - 0.07 มก./ล.

ค่าเฉลี่ย และประสิทธิภาพการทำงานของระบบในการกำจัดพารามิเตอร์ที่สนใจ ซึ่งได้แก่ ซีไอดี ซี และทีเคเอ็น สรุปได้ดังตารางที่ 4-11 และ 4-12

ตารางที่ 4-11 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ที่ภาระบรทุกอินทรีย์ต่างกัน

พารามิเตอร์ (มก./ล.)	น้ำเสีย**			น้ำออก***		
	4-1 (0.571 กก./ ลบ.ม.-วัน)	4-2 (1.143 กก./ ลบ.ม.-วัน)	4-3 (2.286 กก./ ลบ.ม.-วัน)	4-1 (0.571 กก./ ลบ.ม.-วัน)	4-2 (1.143 กก./ ลบ.ม.-วัน)	4-3 (2.286 กก./ ลบ.ม.-วัน)
พีเอช*	7.88	8.15	8.18	7.27	7.11	7.21
ซีไอดี	1006.4	1,917.3	4,036.8	246.0	743.1	2,058.8
ซี (Su.)****	170.7	365.4	710.5	41.1	177.3	462.2
TKN	480.6	849.7	1,734.8	15.5	39.5	373.4
Nitrite	0.18	1.44	2.69	1.13	256.6	316.0
Nitrate	0.86	2.51	4.62	109.9	193.6	375.6

หมายเหตุ : * พีเอชไม่มีหน่วย ** ไม่ผ่านกระดาษกรอง *** ผ่านกระดาษกรอง GF/C **** ผ่านแผ่นมมเบรน

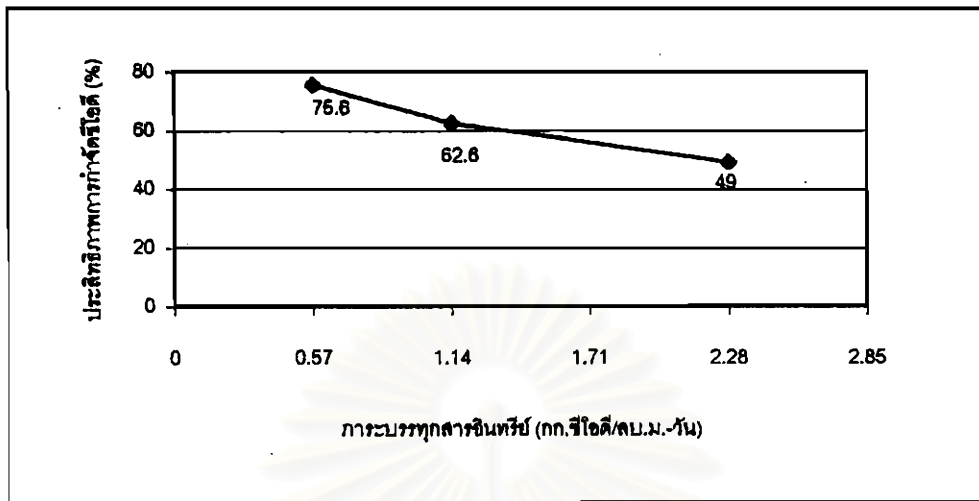
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-12 ประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ภาระบรรทุกอินทรีย์ต่าง ๆ
ในช่วง steady state

พารามิเตอร์		ชุดการทดลอง		
		4-1 (0.571 กก./ลบ.ม.-วัน)	4-1 (1.143 กก./ลบ.ม.-วัน)	4-2 (2.286 กก./ลบ.ม.-วัน)
ซีไอดี (มก./ล.)	น้ำเสีย	1,006.4	1,971.3	4,036.8
	น้ำออก	246.0	737.1	2058.8
	% กำจัด	75.6	62.6	49.0
สี (Su.)	น้ำเสีย	170.7	363.4	710.5
	น้ำออก	41.1	177.3	462.2
	% กำจัด	75.4	51.2	34.9
TKN (มก./ล.)	น้ำเสีย	480.6	849.7	1,734.8
	น้ำออก	15.2	39.54	373.4
	% กำจัด	96.8	95.4	78.5

4.3.4.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี

จากตารางที่ 4-12 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบอย่างชัดเจนโดยประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบลดลงจาก 75.6 เปอร์เซ็นต์ เป็น 62.6 เปอร์เซ็นต์ และ 49.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้นจาก 0.571 เป็น 1.143 และ 2.286 กก./ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นแนวโน้มปกติเมื่อค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบจะมีแนวโน้มลดลง นอกจากนั้นแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวเลขที่น่าสนใจ โดยการเพิ่มค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2 และ 4 เท่า แต่ประสิทธิภาพของระบบที่ลดลงกลับมีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ คือลดลงเพียง 13 และ 26.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นผลของความสามารถในการดูดติดของผงถ่านที่มีอยู่ในระบบที่เท่ากับ 20,000 มก./ล. ทุกชุดการทดลอง โดยความสามารถในการดูดติดสารอินทรีย์ของผงถ่านที่มีอยู่สามารถดูดติดสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เพียงบางกลุ่ม และสามารถดูดติดได้ในปริมาณที่เท่าเดิม ดังนั้น ในชุดการทดลองที่เพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์จะมีสารอินทรีย์ที่สามารถดูดติดได้ และไม่สามารถดูดติดได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่ความสามารถในการดูดติดสารอินทรีย์ของผงถ่านมีจำกัด จึงไม่สามารถดูดติดสารอินทรีย์กลุ่มที่สามารถดูดติดได้ทั้งหมด ทำให้ความเข้มข้นซีไอดีน้ำออกของชุดการทดลองที่เพิ่มภาระบรรทุกอินทรีย์เป็น 2 และ 4 เท่า เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์แสดงในรูปที่ 4-14

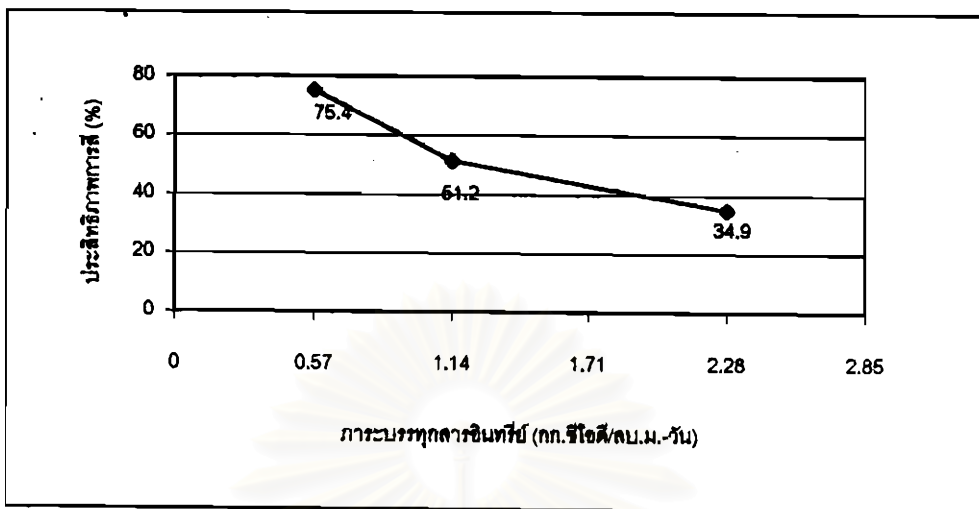


รูปที่ 4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบ BPAC-SBR กับการบำบัดทุกสารอินทรีย์

4.3.4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี

จากตารางที่ 4-12 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการบำบัดทุกสารอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบรุนแรงที่สุดโดยประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบลดลงจาก 75.4 เปอร์เซ็นต์ เป็น 51.2 เปอร์เซ็นต์ และ 34.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อค่าการบำบัดทุกสารอินทรีย์สูงขึ้นจาก 0.571 เป็น 1.143 และ 2.286 กก./ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ประสิทธิภาพลดลงเท่ากับ 24.2 และ 40.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการลดลงของประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีนี้สามารถอธิบายได้ในหลักการเดียวกับการลดลงของประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี โดยความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกับการบำบัดทุกอินทรีย์แสดงในรูปที่ 4-15

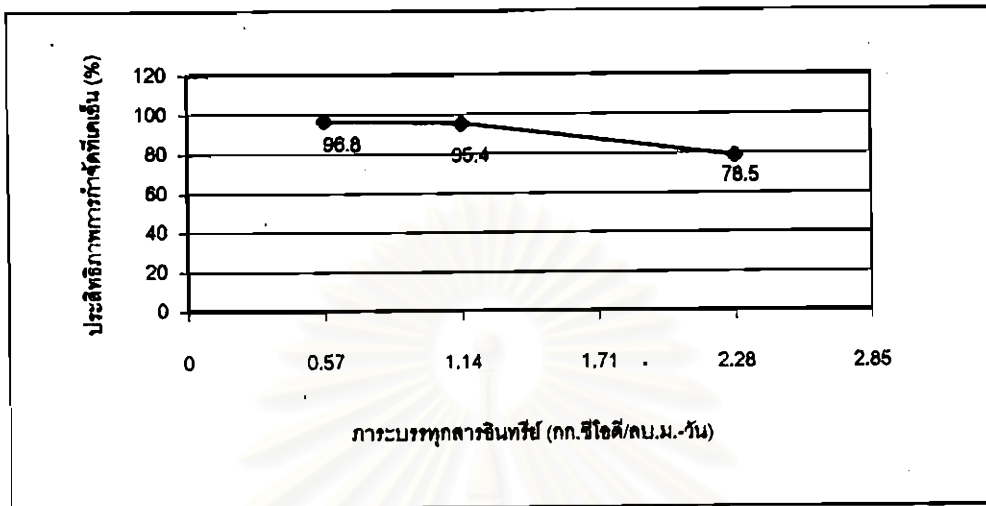
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบ BPAC-SBR กับภาวะบรรทุกสารอินทรีย์

4.3.4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็น

จากตารางที่ 4-12 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของระบบอย่างเด่นชัดเช่นกัน โดยประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของระบบลดลงจาก 96.8 เปอร์เซ็นต์เป็น 95.4 เปอร์เซ็นต์และ 78.5 เปอร์เซ็นต์เมื่อค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้นจาก 0.571 เป็น 1.143 และ 2.286 กก./ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นแนวโน้มปกติเมื่อค่าภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยรวมลดลง รวมทั้งประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามมีข้อแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็น และประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกับสีที่น่าสนใจคือ ถึงแม้ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ และความเข้มข้นที่เคเอ็นเพิ่มขึ้นถึง 4 แต่ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นก็ยังมีค่าในช่วงสูงถึง 78.5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การเพิ่มของภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น 2 เท่าจาก 0.571 เป็น 1.143 กก./ลบ.ม.-วัน แต่ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็น แทบจะไม่ได้รับผลกระทบเลย ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นกับภาวะบรรทุกสารอินทรีย์แสดงในรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็น BPAC-SBR กับภาวะบรรทุกสารอินทรีย์

4.3.5 การศึกษาผลของการนำกระบวนการโคเมตาโบลีซึ่มมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR

ในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองศึกษาถึงผลของประสิทธิภาพที่เปลี่ยนไปของระบบ เมื่อมีการนำแนวคิดของกระบวนการโคเมตาโบลีซึ่มมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR โดยในการทดลองครั้งนี้มีทั้งสิ้น 4 ชุดการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 เป็นการทดลองในระบบ SBR ปกติ มีค่าอายุสลัดจ์ 20 วัน และไม่มีการเติมผงถ่าน ความเข้มข้นซีไอดีน้ำเสียเท่ากับ 1,000 มก./ล. (จากผลการทดลองครั้งที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1)

- ชุดการทดลองที่ 2 เป็นการทดลองในระบบ BPAC-SBR ที่มีค่าอายุสลัดจ์ 20 วัน และมีความเข้มข้นผงถ่านในระบบเท่ากับ 20,000 มก./ล. ความเข้มข้นซีไอดีน้ำเสีย 1,000 มก./ล. (จากผลการทดลองครั้งที่ 2 ชุดการทดลองที่ 3)

- ชุดการทดลองที่ 3 เป็นระบบ SBR ปกติ มีค่าอายุสลัดจ์ 20 วัน ไม่เติมผงถ่าน และใช้น้ำตาลทรายเป็นแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายง่าย มีความเข้มข้นเทียบเท่าซีไอดี

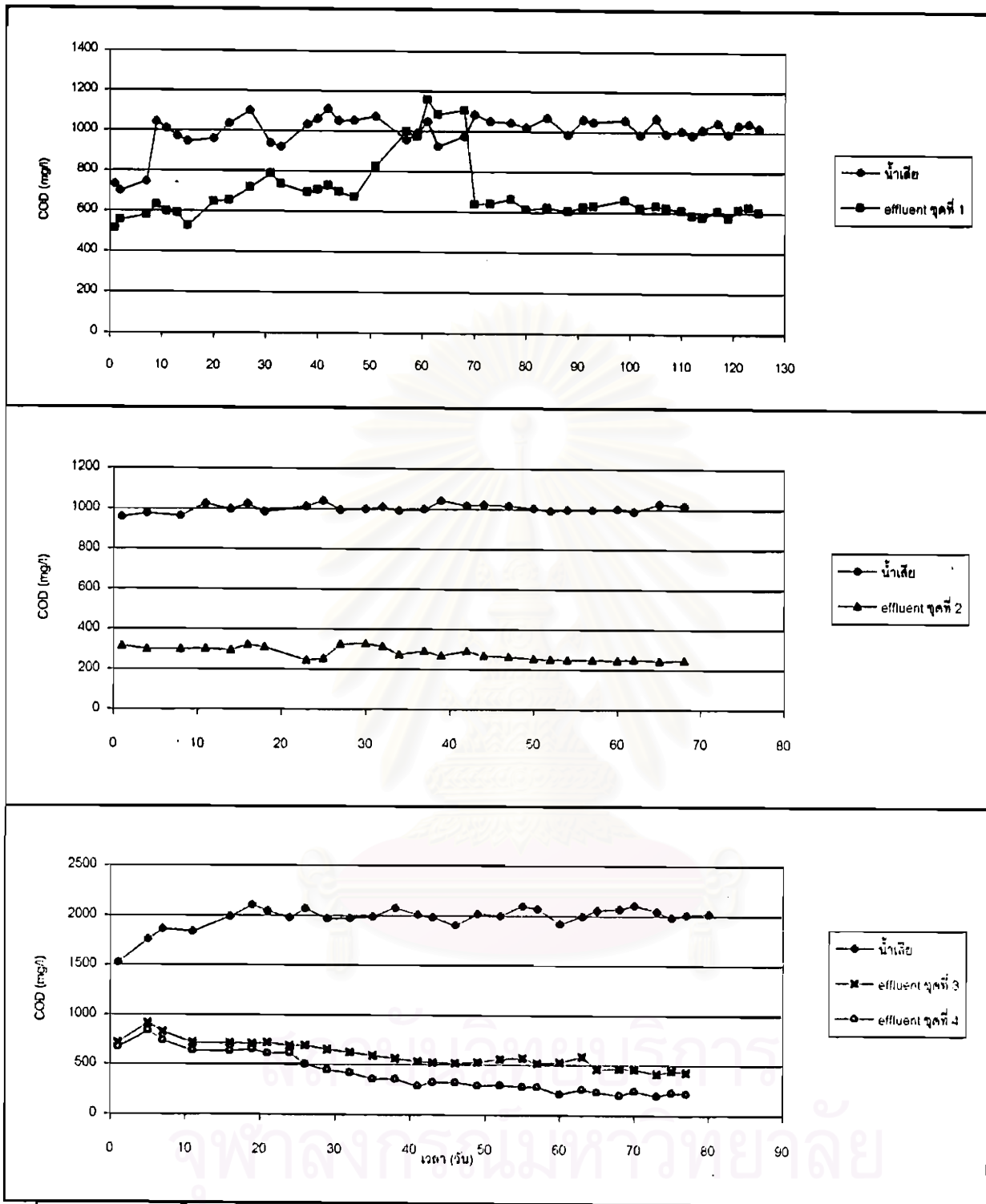
1,000 มก./ล. เพิ่มจากความเข้มข้นซีไอดี 1,000 มก./ล. ของน้ำเสียโดยอาศัยแนวคิดของกระบวนการโคเมตาโบลีซิม

- ชุดการทดลองที่ 4 เป็นระบบ BPAC-SBR มีค่าอายุสลัดจ์ 20 วัน มีความเข้มข้นผงถ่านในระบบเท่ากับ 20,000 มก./ล. และใช้น้ำตาลทรายเป็นแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายง่าย มีความเข้มข้นเทียบเท่าซีไอดี 1,000 มก./ล. เพิ่มจากความเข้มข้นซีไอดี 1,000 มก./ล. ของน้ำเสีย โดยอาศัยแนวคิดของกระบวนการโคเมตาโบลีซิม ผลการทดลองตลอดระยะเวลาการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 4-17

ในการทดลองครั้งนี้ดำเนินการทดลองพร้อมกับการทดลองครั้งที่ 4 การเพิ่มสารอินทรีย์ย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายเข้าสู่ระบบ และเป็นการเพิ่มภาระบรรทุกอินทรีย์ขึ้นมาจากเดิม 2 เท่า คือมีความเข้มข้นซีไอดีรวมในน้ำเสียเข้าประมาณ 2,000 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของระบบ โดยจะกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงเฉพาะชุดการทดลองที่ 3 และ 4 เท่านั้น ส่วนในชุดการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 เป็นผลการทดลองที่ได้จากการทดลองในชุดที่ 1-1 และ 2-3 ซึ่งได้นำผลการทำงานของระบบมาเปรียบเทียบ เพื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของระบบเมื่อมีการเติมสารอินทรีย์ย่อยสลายง่ายเข้าสู่ระบบ การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำออกตลอดระยะเวลาทำการทดลองของชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีดังนี้

- ซีไอดี และ สี (COD และ Color)

การเพิ่มสารอินทรีย์ย่อยสลายง่ายเข้าสู่ระบบในครั้งนี้เป็นการเติมน้ำตาลทรายเข้าสู่ระบบ โดยเพิ่มขึ้นจากความเข้มข้นซีไอดีของน้ำชะมูลฝอยเดิม โดยในระยะแรกทำการเพิ่มทีละน้อยจนมีอัตราส่วนซีไอดีน้ำตาลต่อน้ำชะมูลฝอยเท่ากันที่ 1,000 : 1,000 มก./ล. ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และสี ในระยะแรกมีประสิทธิภาพต่ำทั้ง 2 ชุดการทดลอง เนื่องจากระบบมีการปรับตัวให้เข้ากับภาระบรรทุกอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อระบบสามารถปรับตัวได้ประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนเข้าสู่สภาวะคงตัว สังเกตได้ชัดเจนจากประสิทธิภาพการกำจัดสีที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ที่สภาวะคงตัวประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีประมาณ 78 และ 89 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการกำจัดสีประมาณ 45 และ 86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพของระบบที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากระบบได้รับสารอินทรีย์ย่อยสลายง่ายเพิ่มขึ้น ทำให้เซลล์แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้น เมื่อนำมาเทียบกับผลการทดลองในชุดที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่ามีประสิทธิภาพของชุดการทดลองที่มีการเติมน้ำตาลทรายดีกว่ามากโดยเฉพาะการกำจัดสี



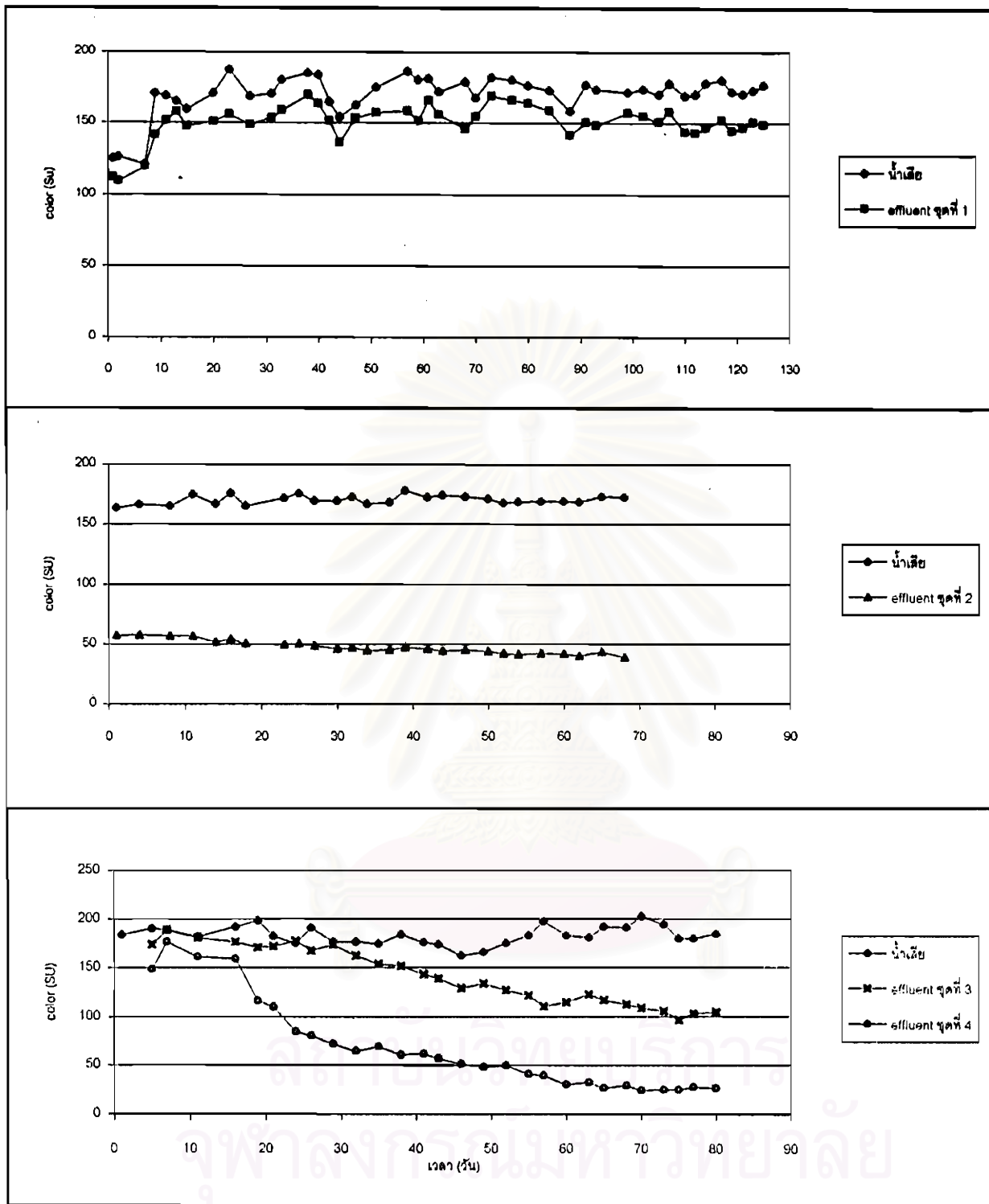
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระมูลฝอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมูลฝอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคมเมตาโบลิซึม ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระมูลฝอย ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคมเมตาโบลิซึม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระมูลฝอย ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-17 ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
เมื่อนำกระบวนการโคเมตาโบลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR**



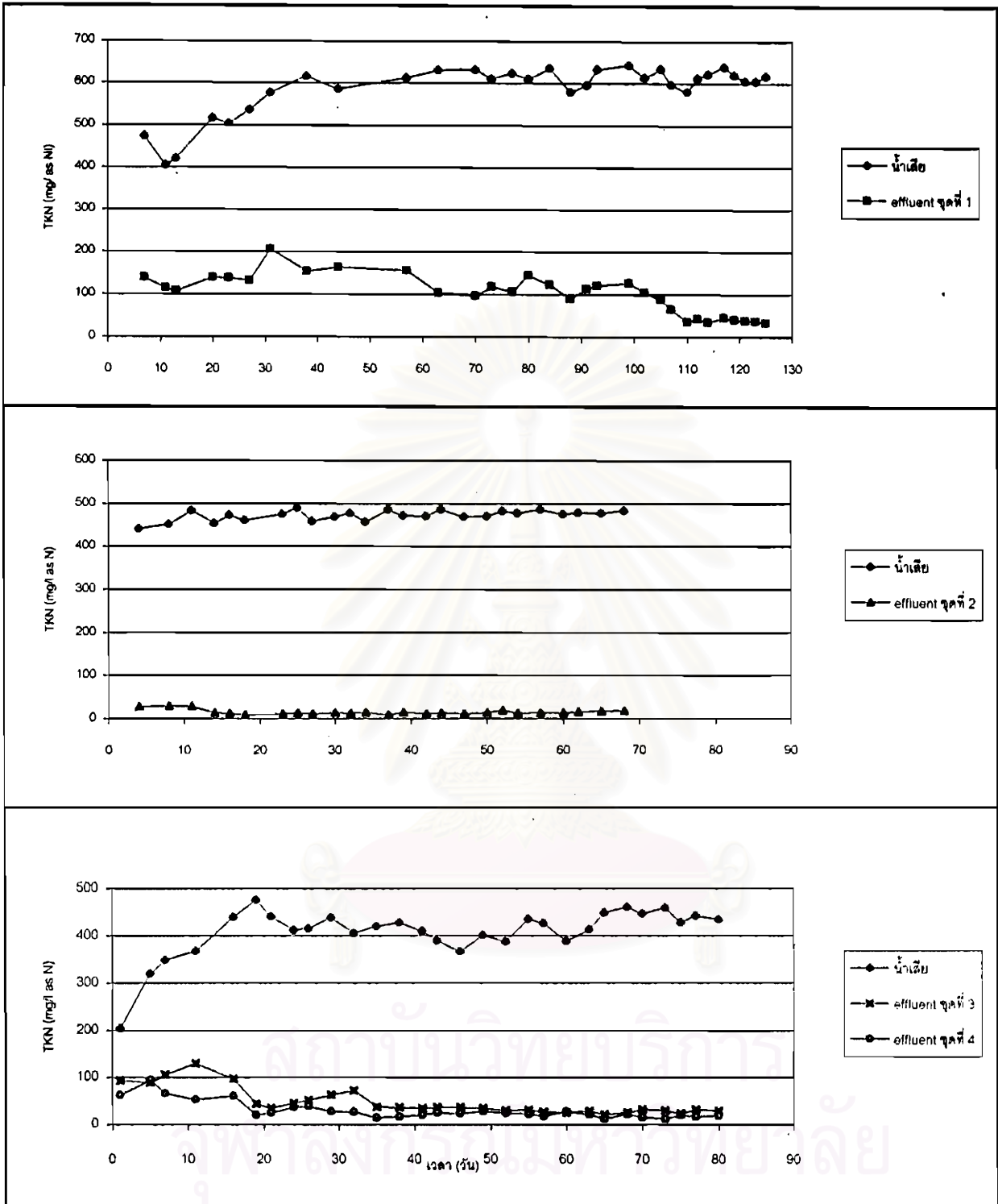
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระบุด้อย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระบุด้อย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคมตาบอลิซึม ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระบุด้อย ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคมตาบอลิซึม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระบุด้อย ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
เมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR**



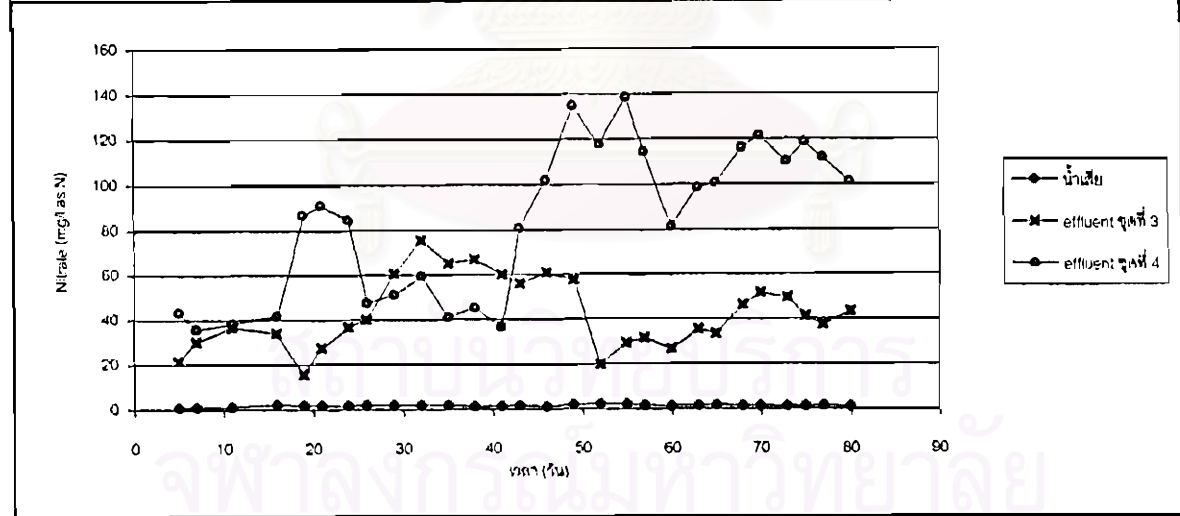
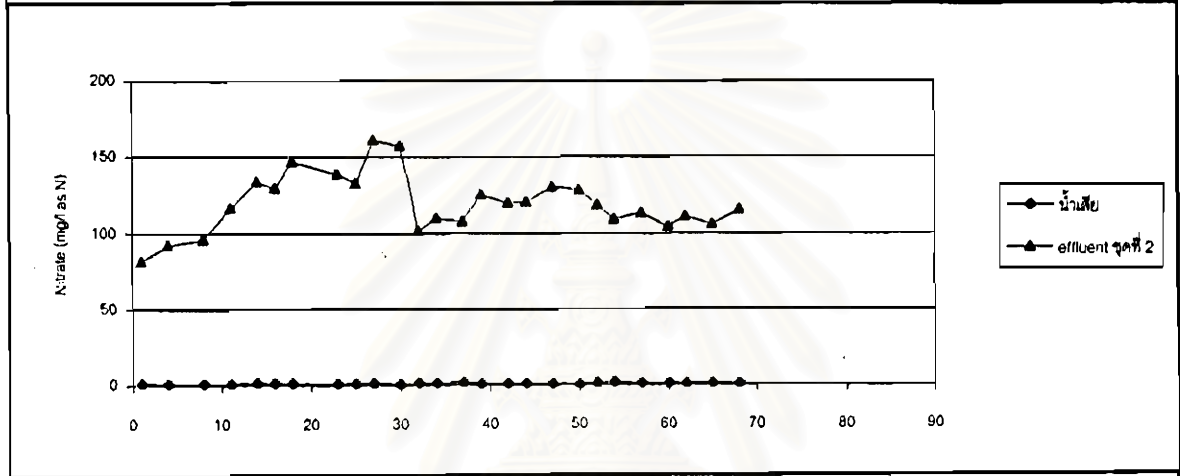
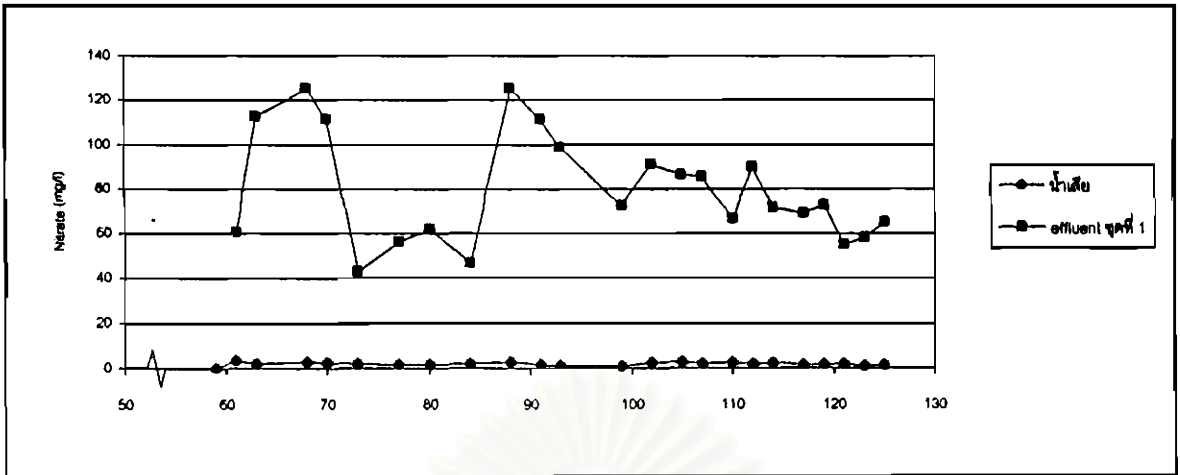
จุดที่ 1 ระบบ SBR จีไอดีน้ำระฆังผอม 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. จีไอดีน้ำระฆังผอม 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โดเมตาโบลิซึม จีไอดีน้ำตาล : จีไอดีน้ำระฆังผอม ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โดเมตาโบลิซึม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. จีไอดีน้ำตาล : จีไอดีน้ำระฆังผอม ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง เมื่อนำกระบวนการโดเมตาโบลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR



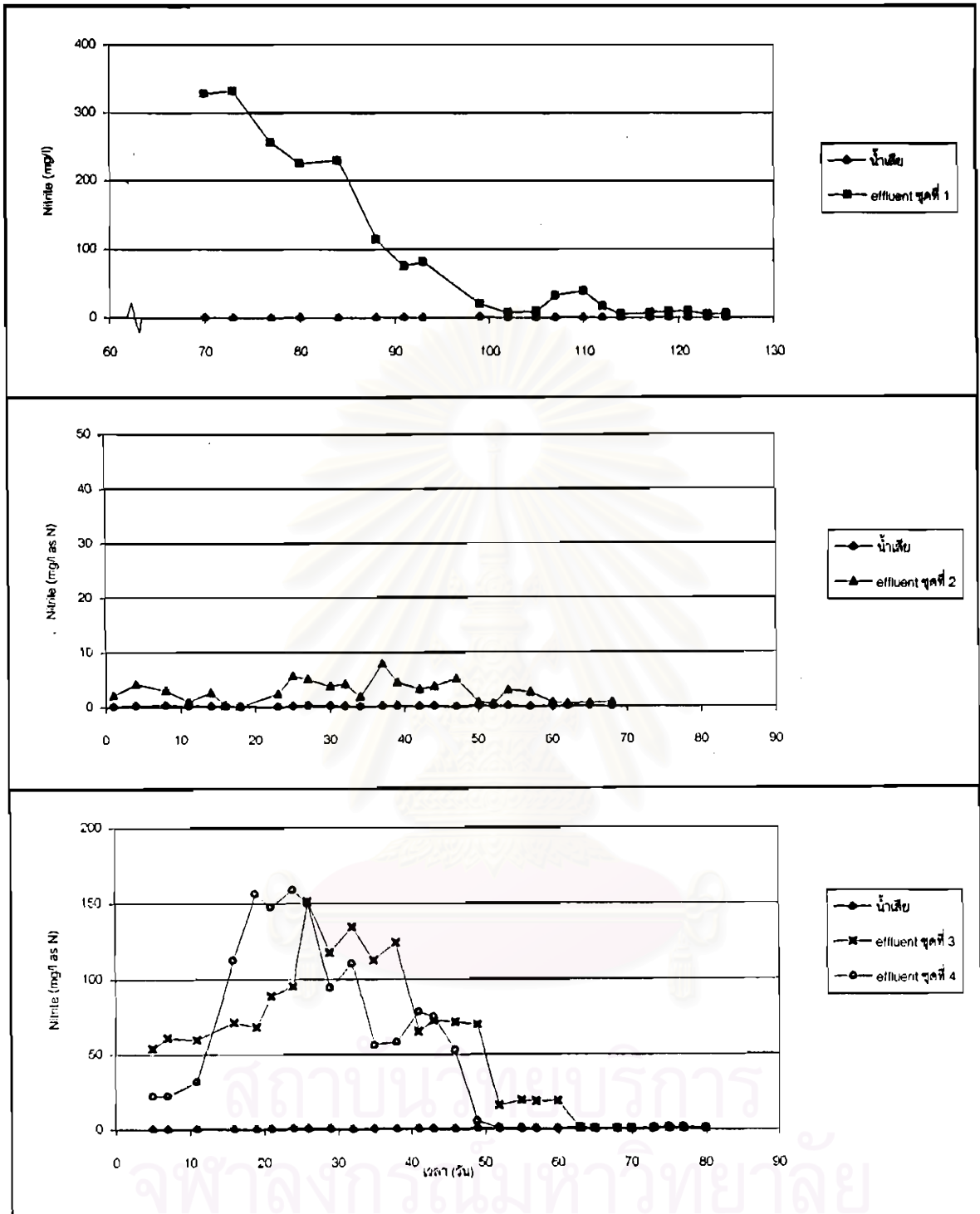
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระมุดผอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมุดผอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคเมตาโบลิซึม ซีโอดีน้ำตาก: ซีโอดีน้ำระมุดผอย; 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคเมตาโบลิซึม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาก: ซีโอดีน้ำระมุดผอย; 1,000 : 1,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
เมื่อนำกระบวนการโคเมตาโบลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR**



ชุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระบุดม 1,000 มก./ล.

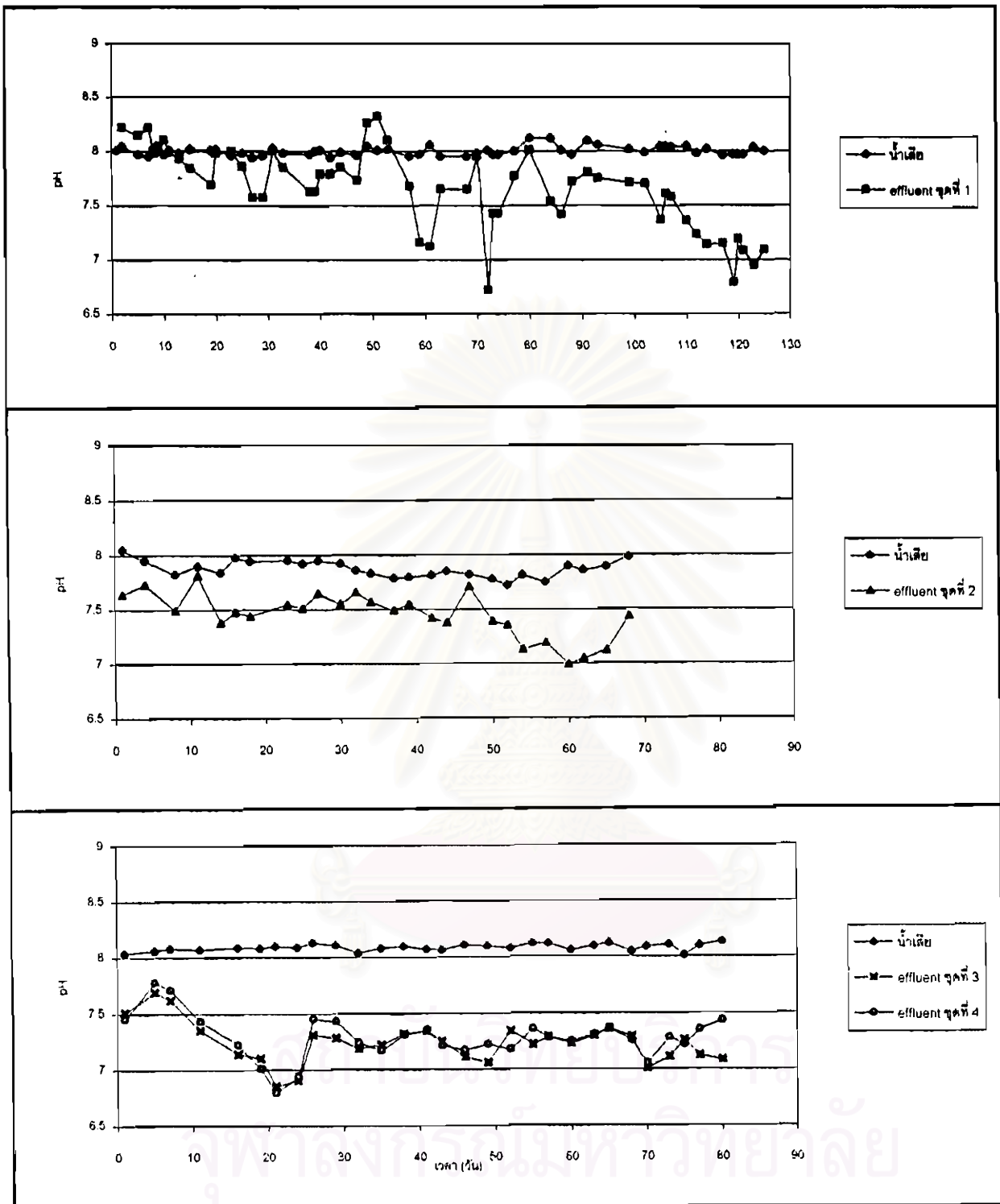
ชุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระบุดม 1,000 มก./ล.

ชุดที่ 3 ระบบ SBR + โคเมตาบอลิซึม ซีโอดีน้ำตาก : ซีโอดีน้ำระบุดม ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

ชุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคเมตาบอลิซึม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาก : ซีโอดีน้ำระบุดม ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง

เมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR



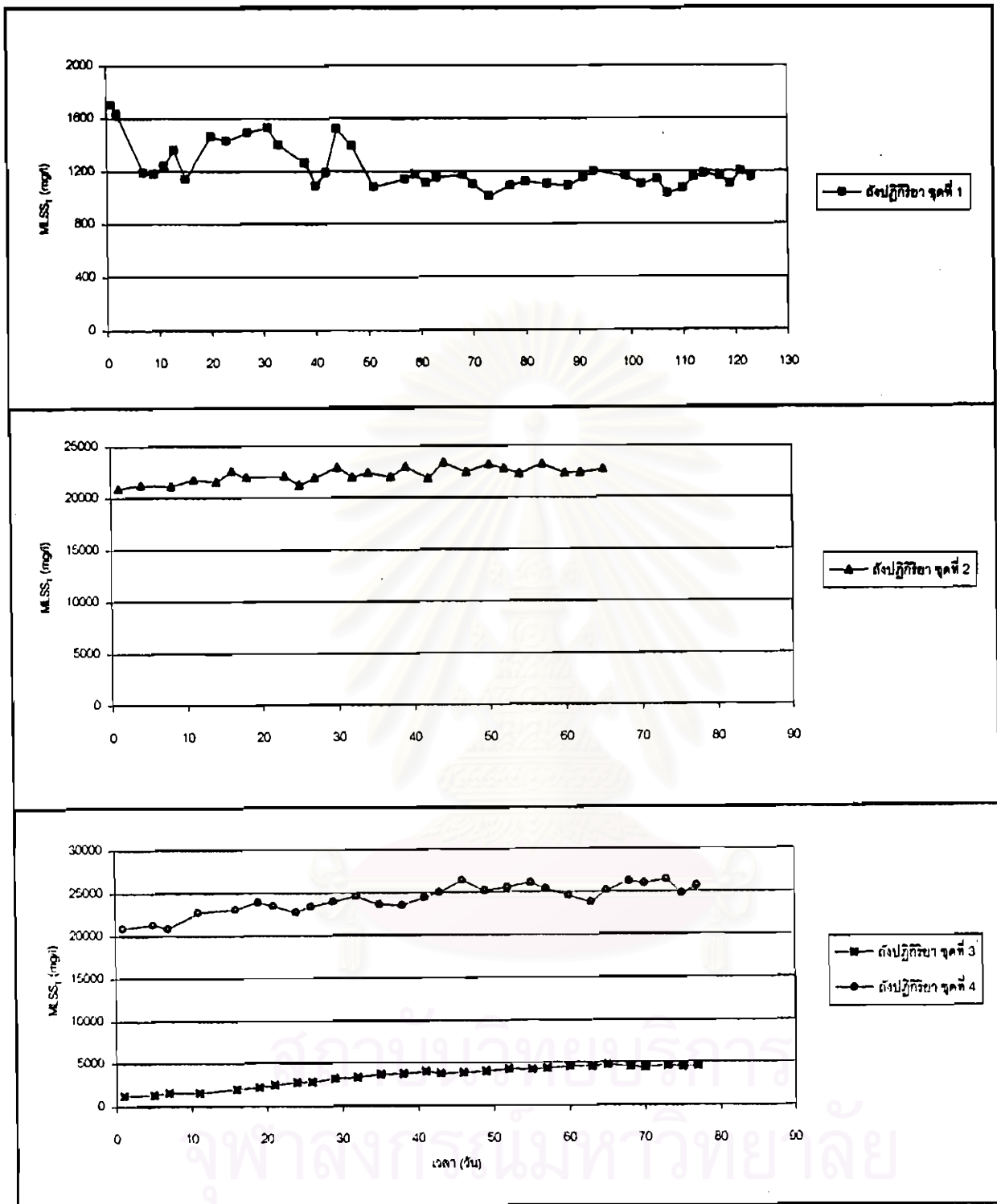
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอติน้ำระฆังผลย่อย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอติน้ำระฆังผลย่อย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โดเมตาโบลิซึม ซีโอติน้ำตาล : ซีโอติน้ำระฆังผลย่อย : 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โดเมตาโบลิซึม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอติน้ำตาล : ซีโอติน้ำระฆังผลย่อย : 1,000 : 1,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
เมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR**



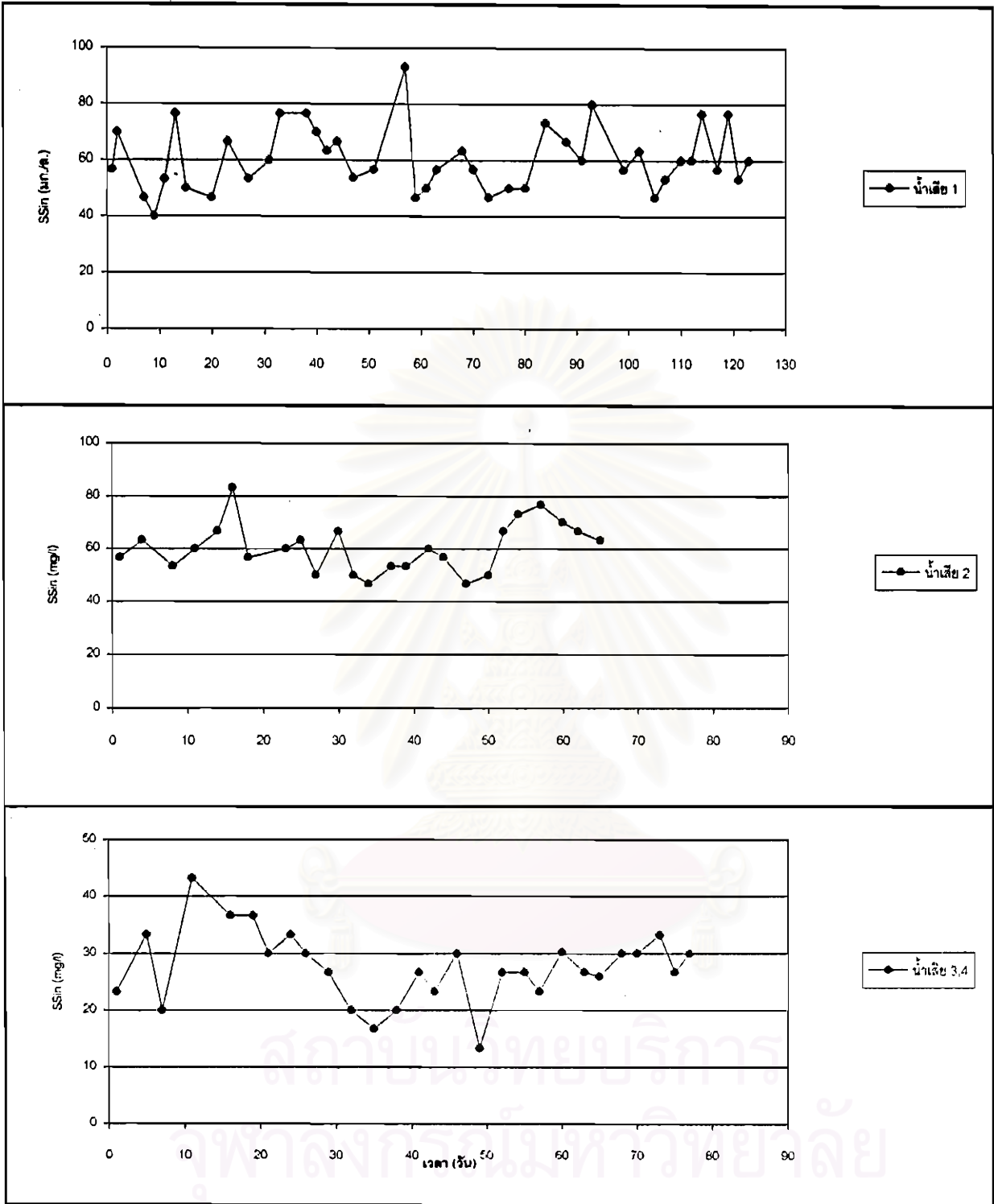
จุดที่ 1 ระบบ SBR จีไอดีน้ำระมัดปล่อย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นขังถ่าน 20,000 มก./ล. จีไอดีน้ำระมัดปล่อย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคมคายโบลิซิม จีไอดีน้ำศาล : จีไอดีน้ำระมัดปล่อย : 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคมคายโบลิซิม ความเข้มข้นขังถ่าน 20,000 มก./ล. จีไอดีน้ำศาล : จีไอดีน้ำระมัดปล่อย : 1,000 : 1,000 มก./ล.

รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
เมื่อนำกระบวนการโคเมคายโบลิซิมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR



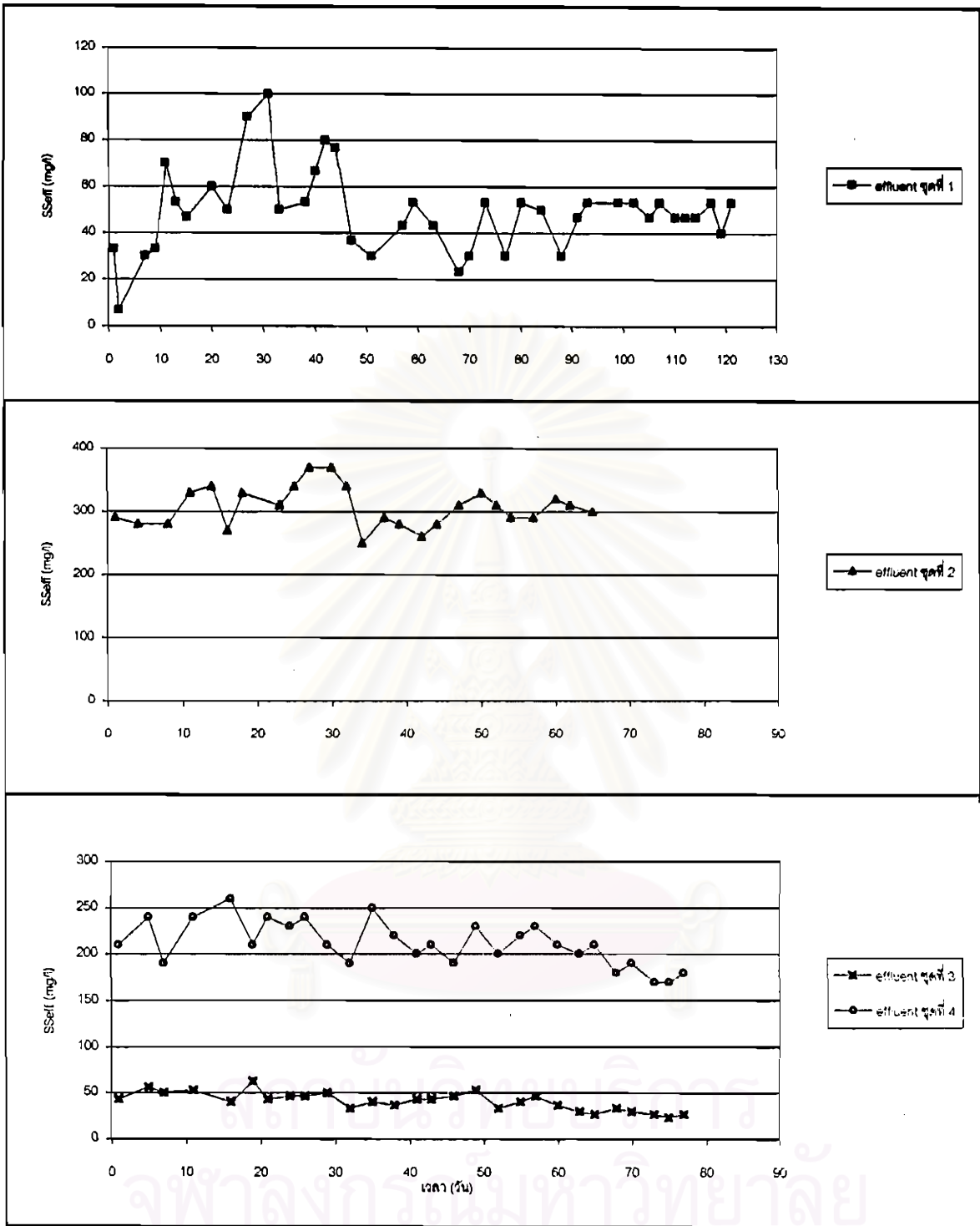
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอติน้ำระมัดผอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอติน้ำระมัดผอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคมิตาโบลีซิม ซีโอติน้ำตาล : ซีโอติน้ำระมัดผอย ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคมิตาโบลีซิม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอติน้ำตาล : ซีโอติน้ำระมัดผอย ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
เมื่อนำกระบวนการโคเมตาโบลีซิมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR**



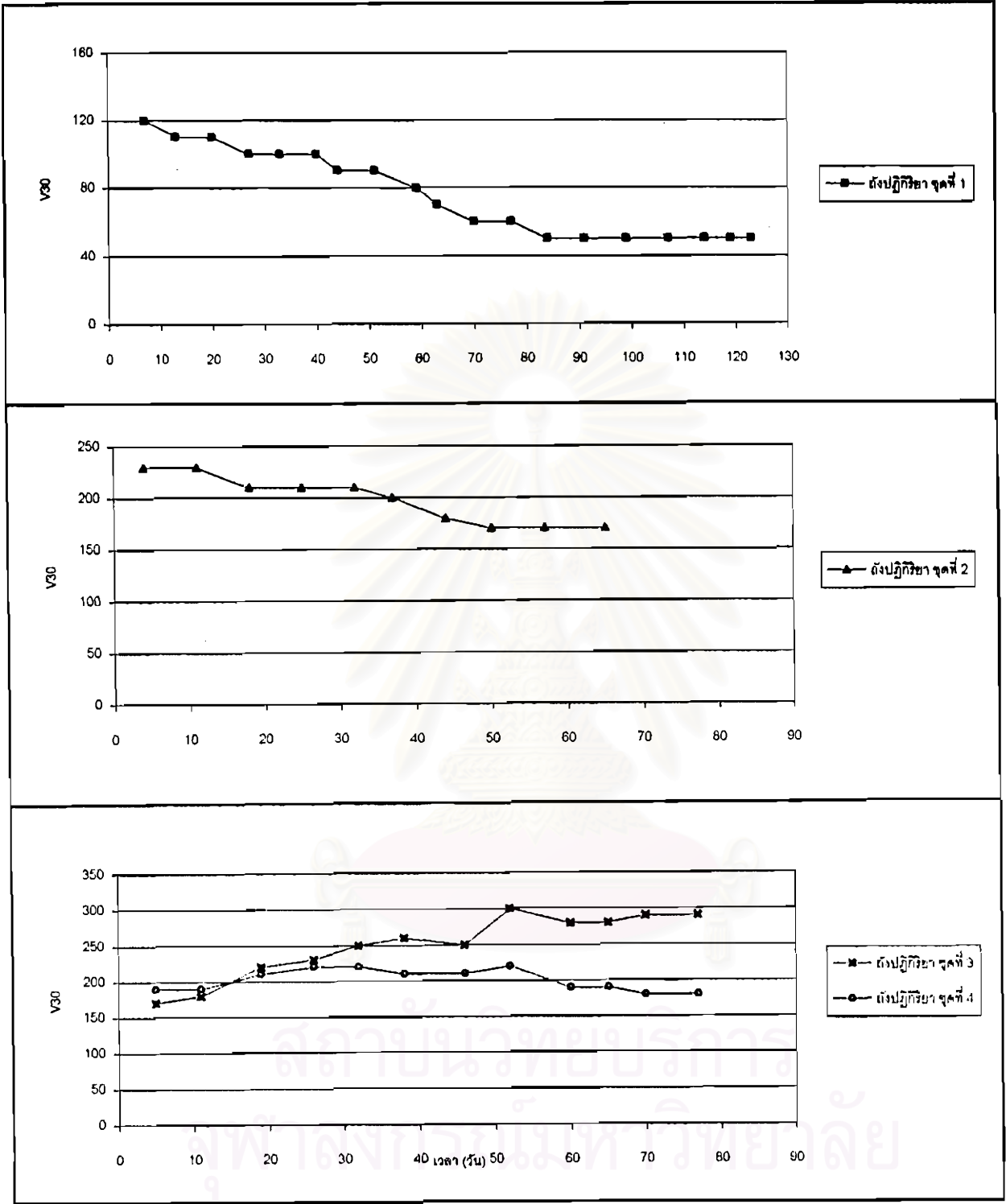
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดิน้ำระฆังผอม 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดิน้ำระฆังผอม 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคเมตาบอลิซึม ซีโอดิน้ำตาล : ซีโอดิน้ำระฆังผอม ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคเมตาบอลิซึม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดิน้ำตาล : ซีโอดิน้ำระฆังผอม ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
เมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR**



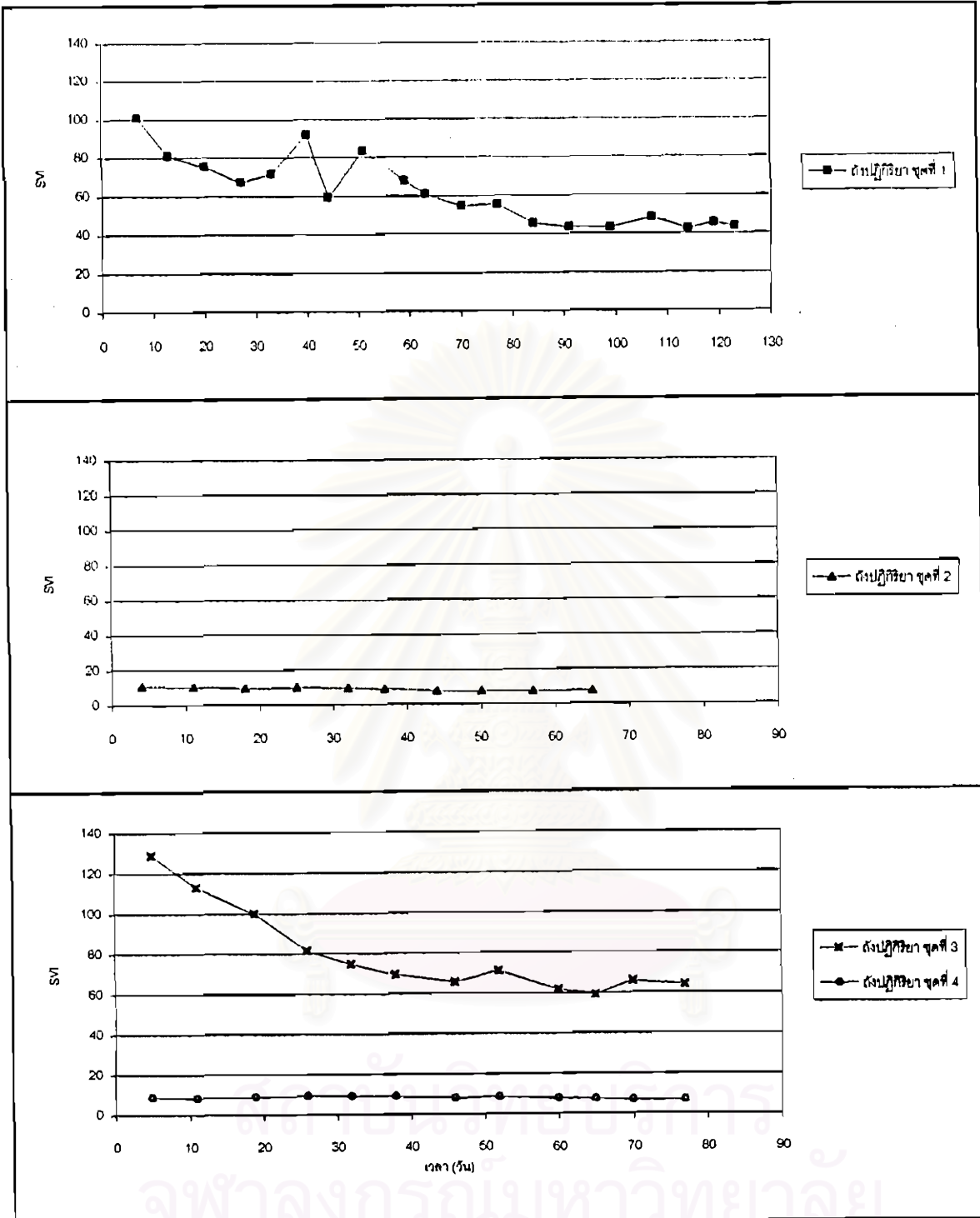
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระมุลผอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมุลผอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โดเมตาโบลิซึม ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระมุลผอย ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โดเมตาโบลิซึม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระมุลผอย ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง เมื่อนำกระบวนการโคเมตาโบลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR



จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระขุมดผ่อย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระขุมดผ่อย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคเมตาโบลีซิม ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระขุมดผ่อย : 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคเมตาโบลีซิม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระขุมดผ่อย : 1,000 : 1,000 มก./ล.

**รูปที่ 4-17 (ต่อ) ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง
เมื่อนำกระบวนการโคเมตาโบลีซิมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR**

- ทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรท (TKN, NO_2^- และ NO_3^-)

ในระยะแรกของการทดลองประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 วัน โดยมีประสิทธิภาพในช่วงสภาวะคงตัวประมาณ 93.5 -96 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 2 ชุดการทดลอง ส่วนความเข้มข้นไนเตรทและไนไตรท์ในน้ำออกมีการเปลี่ยนแปลงมากในระยะแรก ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับตัวของเซลล์แบคทีเรียในระบบทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันในช่วงสภาวะเต็มอากาศมีการเปลี่ยนแปลงสูง จนเมื่อเซลล์แบคทีเรียปรับตัวเข้ากับน้ำเสียได้ประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชันจึงเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยมีความเข้มข้นไนไตรท์ที่สภาวะคงตัวประมาณ 45 และ 113 มก./ล. และมีความเข้มข้นไนเตรท์ 0.4 และ 1.2 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

- MLSS และ MLVSS

การเปลี่ยนแปลง MLSS และ MLVSS ของชุดการทดลองที่ 3 เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากระบบได้รับแหล่งคาร์บอนอินทรีย์ย่อยสลายง่ายเพิ่มมากขึ้น ทำให้เซลล์แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้น โดย MLSS และ MLVSS ของชุดการทดลองที่ 3 ที่สภาวะคงตัวมีค่าประมาณ 4,500 และ 3,767 มก./ล. มีอัตราส่วน MLVSS/MLSS เท่ากับ 84 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในชุดการทดลองที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน คือเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเข้าสู่สภาวะคงตัว และมีค่า MLSS_r ที่สภาวะคงตัวประมาณ 25,764 มก./ล.

- SS น้ำออก

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น SS น้ำออกไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักโดยทั้ง 2 ชุดการทดลอง โดยมีความเข้มข้น SS น้ำออกในช่วงสภาวะคงตัวประมาณ 26.7 และ 178 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 3 และ 4

- V_{30} และ SVI

ความสามารถในการตกตะกอนของชุดการทดลองที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ จนเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลาผ่านไปประมาณ 30 วัน ส่วนในชุดการทดลองที่ 4 เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

- พารามิเตอร์อื่น ๆ

พีเอช (pH) น้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงประมาณ 6.8 – 7.8 ตลอดระยะเวลาทำการทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง

อุณหภูมิ (Temperature) น้ำออกจากระบบอยู่ในช่วงประมาณ 25.8 – 29.5 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ทั้ง 2 ชุดการทดลอง

ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในชุดการทดลองทั้ง 2 ชุด มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.06 - 0.09 มก./ล. สำหรับช่วงแอนแอโรบิก และมีค่าอยู่ในช่วง 4.2 – 6.2 มก./ล. ในช่วงปลายแอโรบิก ส่วนในช่วงปลายแอนอโรบิกนั้นจะมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.04 - 0.07 มก./ล.

ค่าเฉลี่ย และประสิทธิภาพการทำงานของระบบในการกำจัดพารามิเตอร์ที่สนใจ ซึ่งได้แก่ ซีโอดี ซี และทีเคเอ็น สรุปได้ดังตารางที่ 4-13 และ 4-14

ตารางที่ 4-13 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state เมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบBPAC-SBR

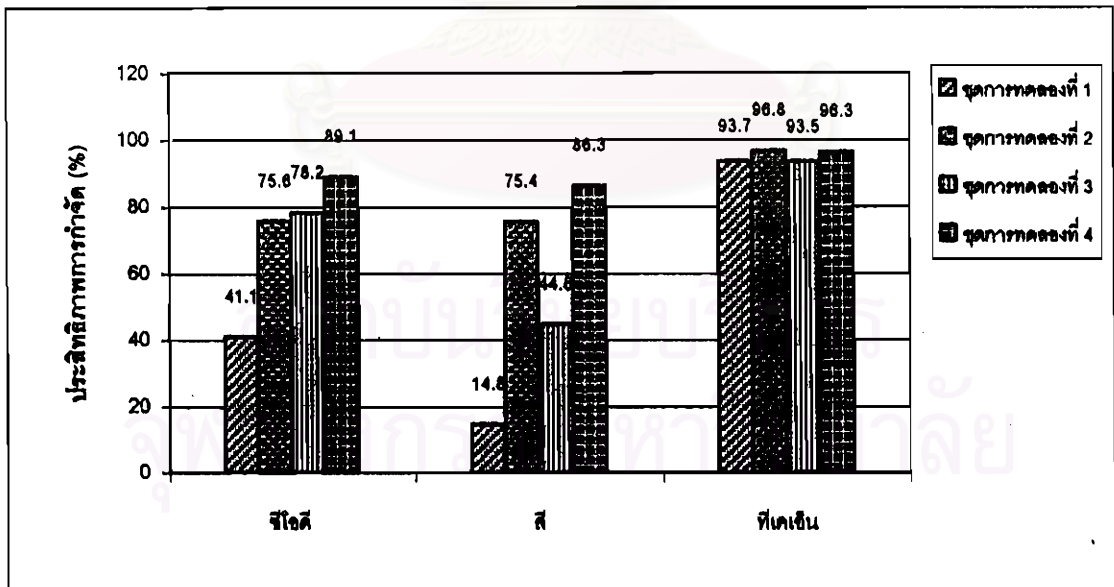
พารามิเตอร์ (มก./ล.)	น้ำเสีย**			น้ำออก***			
	5-1 (SBR)	5-2 (BPAC-SBR)	5-3,5-4 (BPAC-SBR + cometabolism)	5-1 (SBR)	5-2 (BPAC-SBR)	5-3 (SBR+ cometabolism)	5-4 (BPAC-SBR + cometabolism)
พีเอช*	7.99	7.88	8.09	7.02	7.16	7.12	7.27
ซีโอดี	1027.4	1006.4	2,032.1	605.4	246.0	441.5	217.2
ซี (Su.)****	174.5	170.7	188.3	148.7	41.1	103.8	25.8
TKN	617.7	480.6	441.5	38.9	15.5	28.8	16.4
Nitrite	0.13	0.18	0.73	7.3	1.13	0.42	1.17
Nitrate	1.63	0.86	1.30	160.1	109.9	44.8	112.5

หมายเหตุ : * พีเอชไม่มีหน่วย ** ไม่ผ่านกระดาษกรอง *** ผ่านกระดาษกรอง GF/C **** ผ่านแผ่นเมมเบรน

ตารางที่ 4-14 ประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในช่วง steady state เมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบBPAC-SBR

พารามิเตอร์		ชุดการทดลอง			
		5-1 (SBR)	5-2 (BPAC-SBR)	5-3 (SBR+cometa bolism)	5-4 (BPAC-SBR + cometabolism)
ซีไอดี (มก./ล.)	น้ำเสีย	1,027.4	1,006.4	2,032.1	2,032.1
	น้ำออก	605.4	246.0	443.5	221.2
	% กำจัด	41.1	75.6	78.2	89.1
สี (Su.)	น้ำเสีย	174.5	170.7	188.3	188.3
	น้ำออก	148.7	41.1	103.8	25.8
	% กำจัด	14.8	75.4	44.8	86.3
TKN (มก./ล.)	น้ำเสีย	617.7	480.6	441.5	441.5
	น้ำออก	38.9	15.2	28.8	16.4
	% กำจัด	93.7	96.8	93.5	96.3

จากตารางที่ 4-14 สามารถนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี สี และทีเคเอ็น ของชุดการทดลองต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 4-18



ชุดการทดลองที่ 1 : ระบบ SBR

ชุดการทดลองที่ 3 : ระบบ SBR + โคเมตาบอลิซึม

ชุดการทดลองที่ 2 : ระบบ BPAC-SBR

ชุดการทดลองที่ 4 : ระบบ BPAC-SBR + โคเมตาบอลิซึม

รูปที่ 4-18 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี สี และทีเคเอ็น ของชุดการทดลอง ที่มีกระบวนการบำบัดต่างกัน

4.3.5.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี

จากตารางที่ 4-14 และรูปที่ 4-18 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกระบวนการบำบัดที่เลือกใช้มีมากขึ้น นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการลักษณะคล้ายกันจะพบว่ากระบวนการที่ใช้แนวคิด co-metabolism โดยใช้น้ำตาลทรายเป็นแหล่งคาร์บอนอินทรีย์ย่อยง่าย ประสิทธิภาพของระบบจะมีค่าสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนั้น ยังพบว่าสามารถช่วยให้ความเข้มข้นซีไอดีน้ำออกมีค่าต่ำกว่าการทดลองที่ไม่เติมน้ำตาลทราย นั่นคือการเติมน้ำตาลทรายให้กับระบบตามแนวคิด co-metabolism มีส่วนช่วยให้การย่อยสลายค่าซีไอดีของระบบมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยอาจทำให้แบคทีเรียมีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ย่อยยากได้ดีขึ้น สามารถพิจารณาได้จากความเข้มข้นของซีไอดีในน้ำออก ถ้าตั้งสมมติฐานว่าระบบสามารถกำจัดซีไอดีที่เกิดจากน้ำตาลได้หมดร้อยละ 100 ดังนั้นความเข้มข้นซีไอดีในน้ำออกจะเป็นของสารอินทรีย์ย่อยยากของน้ำชะมูลฝอยทั้งหมด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมน้ำตาลทรายแล้ว พบว่ามีค่าความเข้มข้นซีไอดีที่ต่ำกว่า ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมผงถ่าน ที่มีซีไอดีในน้ำออกของระบบที่มีการเติมน้ำตาลทรายเท่ากับ 441.5 มก./ล. ขณะที่ซีไอดีน้ำออกของระบบที่ไม่เติมน้ำตาลทรายเท่ากับ 605.4 มก./ล.

4.3.5.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสี

จากตารางที่ 4-14 และรูปที่ 4-18 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกระบวนการบำบัดที่เลือกใช้มีมากขึ้น โดยในชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมผงถ่านประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อมีการเติมน้ำตาลทรายตามแนวคิด co-metabolism และผลของประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มเดียวกันในชุดการทดลองที่มีการเติมผงถ่าน จากผลของประสิทธิภาพที่สูงขึ้นนี้ อาจสรุปได้ว่าการเติมน้ำตาลทรายเข้าสู่ระบบทำให้เซลล์แบคทีเรียสามารถกำจัดซีไอดี และสี ในส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ย่อยสลายยากได้สูงขึ้นตามทฤษฎีของกระบวนการ co-metabolism ในเรื่องของสารอาหารปฐมภูมิ และทุติยภูมิที่ว่า เมื่อระบบมีสารอาหารปฐมภูมิที่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายทางชีวภาพมากขึ้น เซลล์แบคทีเรียจะใช้สารอาหารในกลุ่มนี้เป็นแหล่งอาหารและพลังงาน และจะผลิตเอนไซม์และโคแฟกเตอร์ขึ้นซึ่งเอนไซม์ และโคแฟกเตอร์เหล่านี้บางชนิดสามารถเปลี่ยนรูปแบบทางชีวภาพของสารอินทรีย์ย่อยสลายยากให้กลายเป็นสารอินทรีย์ย่อยง่ายได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี และสีของระบบเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

4.3.5.3 ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็น

จากตารางที่ 4-14 และรูปที่ 4-18 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็น ไม่ได้รับผลกระทบมากนัก เมื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบกระบวนการบำบัดที่เลือกใช้ โดยมีค่าสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในทุก ๆ รูปแบบกระบวนการบำบัดที่เลือกใช้ ซึ่งแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับข้อมูลผลประสิทธิภาพการกำจัดสี และซีไอดี โดยภาพรวมสำหรับการกำจัดที่เคเอ็นของน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการบำบัดที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นไปได้ว่า รูปแบบของที่เคเอ็นในน้ำชะมูลฝอยที่ใช้ในงานวิจัยอยู่ในรูปของสารที่ย่อยสลายได้ง่ายทางชีววิทยา

4.4 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ในช่วงระยะเวลา 1 วงจร

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบจะเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาของ แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนน็อกซิก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ช่วงแอนแอโรบิก กระบวนการหลักที่เกิดขึ้นมีดังนี้

- กระบวนการสร้างเซลล์ใหม่ของแบคทีเรีย เป็นกระบวนการที่เซลล์แบคทีเรียต้องการคาร์บอนอินทรีย์ ที่เคเอ็น ฟอสฟอรัส และสารอาหารที่จำเป็นอื่น ๆ สำหรับการสร้างเซลล์ใหม่
- กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (กรณีที่มีไนเตรทเหลือค้างถึง) เป็นกระบวนการที่ลดรูปของไนเตรทไนโตรเจนให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนด้วยแบคทีเรียประเภทเฮเทอโรโทรฟ ซึ่งกระบวนการนี้ต้องการคาร์บอนอินทรีย์จากน้ำเสียที่เติมเข้าสู่ระบบ และสร้างสภาพต่างชั้นทำให้ระบบมีพีเอชสูงขึ้น
- กระบวนการดูดติดของผงถ่านกัมมันต์ สามารถดูดติดสารประกอบอินทรีย์ และอนินทรีย์จากน้ำเสียได้อย่างรวดเร็ว และเป็นช่วงที่มีอัตราการดูดติดของผงถ่านสูงที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงเวลาเริ่มต้นมีการเติมผงถ่านใหม่กลับเข้าสู่ระบบซึ่งผงถ่านเหล่านี้มีพื้นที่สำหรับการดูดติดเต็มที่ทำให้มีอัตราการดูดติดสูง

ช่วงแอโรบิก กระบวนการหลักที่เกิดขึ้นมีดังนี้

- กระบวนการสร้างเซลล์ใหม่ของแบคทีเรีย
- กระบวนการไนตริฟิเคชัน เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนรูปแอมโมเนียไนโตรเจนให้กลายเป็นไนไตรท์ ด้วยแบคทีเรียประเภทไนโตรซิมอนัส และเปลี่ยนรูปไนไตรท์เป็นไนเตรทด้วยแบคทีเรียประเภทไนโตรแบคเตอร์ ซึ่งในกระบวนการจะมีการใช้สภาพต่างทำให้ระบบมีพีเอชลดลง

- กระบวนการดูดติดของผงถ่านกัมมันต์ อัตราการดูดติดของผงถ่านในช่วงนี้จะลดต่ำลงกว่าในช่วงแอนแอโรบิก เนื่องจากพื้นที่ในการดูดติดของผงถ่านเหลือน้อยกว่าในช่วงแอนแอโรบิก

ช่วงแอนออกซิก กระบวนการหลักที่ควรที่จะเกิดขึ้นในช่วงแอนออกซิกได้แก่กระบวนการสร้างเซลล์ใหม่ของแบคทีเรีย กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และกระบวนการดูดติดของผงถ่านกัมมันต์ แต่เนื่องจากในช่วงแอนออกซิกเป็นช่วงที่อยู่หลังช่วงเวลาแอโรบิก ทำให้แหล่งคาร์บอนอินทรีย์ในระบบเหลือน้อยมาก ส่วนที่เหลืออยู่เป็นสารอินทรีย์ประเภทย่อยสลายยาก (refractory organic matters) เซลล์แบคทีเรียไม่สามารถนำไปใช้ได้ ดังนั้นในช่วงเวลานี้การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จึงเกิดขึ้นน้อยมาก

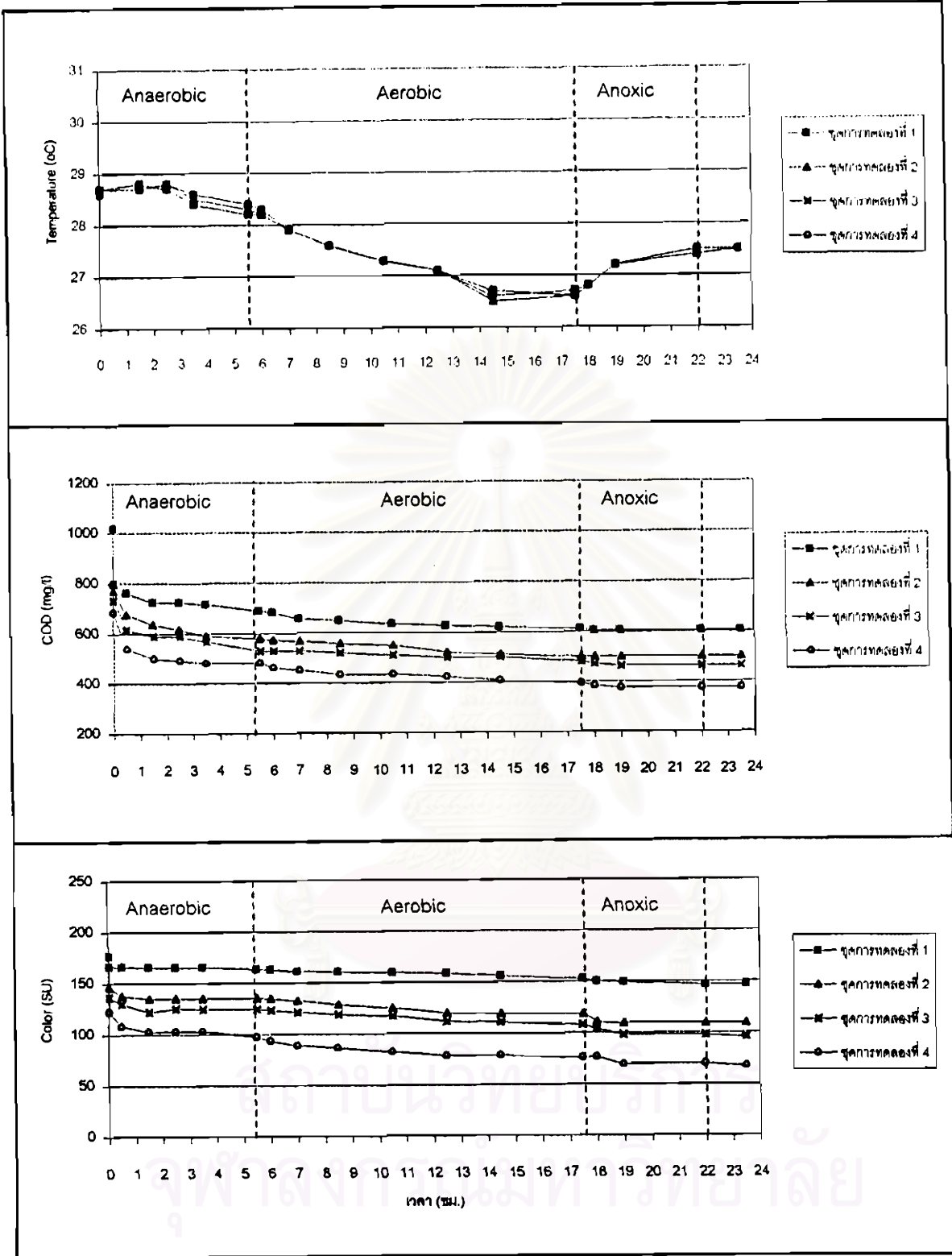
4.4.1 การทดลองครั้งที่ 1

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาจริงตามช่วงเวลา แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนออกซิก (5.5-12-4.5 ชั่วโมง) ของการทดลองครั้งที่ 1 แสดงดังรูปที่ 4-19 โดยมีระยะเวลาตกตะกอนเท่ากับ 1.5 ชั่วโมง และเวลาถ่ายน้ำใสรวมกับเวลาเติมน้ำเสียเท่ากับ 0.5 ชั่วโมง ความเข้มข้นผงถ่านในระบบเท่ากับ 5,000 10,000 และ 20,000 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 ไม่มีการเติมผงถ่าน

จากรูปที่ 4-19 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดการทดลองทั้ง 4 มีดังนี้

1) ซีโอดี (COD ; มก./ล.)

ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบทั้ง 4 ชุดการทดลองเท่ากับ 1,020 มก./ล. เมื่อเติมเข้าสู่ระบบความเข้มข้นซีโอดีจะถูกเจือจางด้วยน้ำส่วนที่เหลือในระบบ โดยมีความเข้มข้นสำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 เท่ากับ 798 772 733 และ 685 มก./ล. และลดลงอย่างรวดเร็วสำหรับชุดการทดลองที่มีการเติมผงถ่านโดยมีความเข้มข้นซีโอดีที่ปลายแอนแอโรบิกเท่ากับ 679 578 529 และ 481 มก./ล. จากกระบวนการสร้างเซลล์ใหม่ของแบคทีเรีย และกระบวนการดูดติดของผงถ่าน ส่วนความเข้มข้นที่ปลายแอโรบิกเท่ากับ 611 500 481 และ 394 มก./ล. และมีความเข้มข้นที่ปลายแอนออกซิกเท่ากับ 603 500 461 และ 374 มก./ล. ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากสารอินทรีย์ที่เหลือหลังจากผ่านช่วงแอโรบิกมาแล้วนั้นเป็นสารอินทรีย์ประเภทย่อยสลายยาก เซลล์แบคทีเรียไม่สามารถนำมาใช้ได้ รวมทั้งผงถ่านไม่สามารถดูดติดได้เพิ่มขึ้นได้อีกในระยะเวลาอันจำกัด การเปลี่ยนแปลงของซีโอดีในการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าขึ้นกับความเข้มข้นผงถ่านที่มีอยู่ในระบบ และปริมาณผงถ่านที่เติมกลับเข้าสู่ระบบในแต่ละวงจร คือความสามารถในการกำจัดซีโอดีของระบบจะขึ้นกับความเข้มข้นของผงถ่านในระบบ



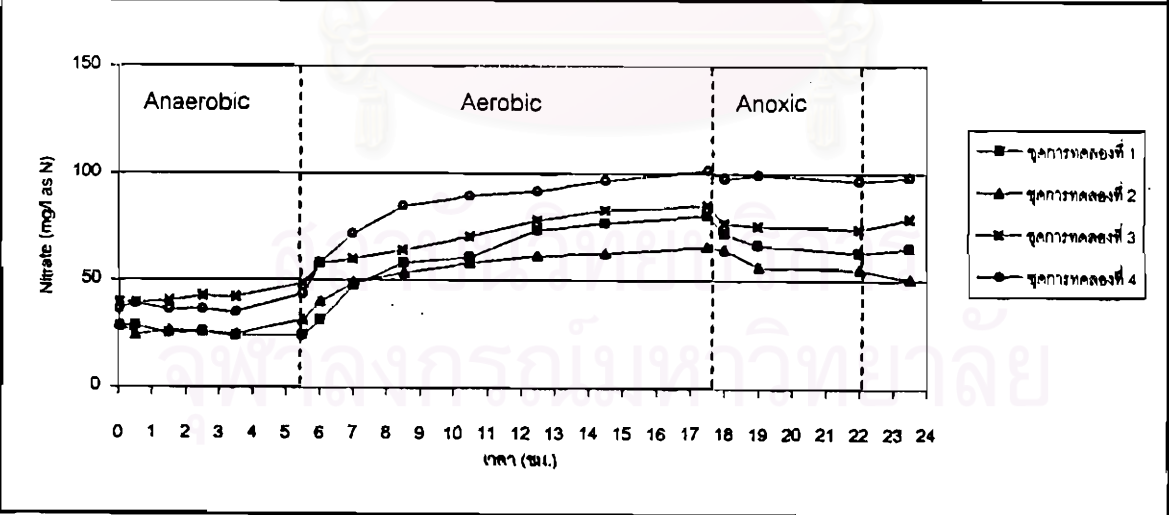
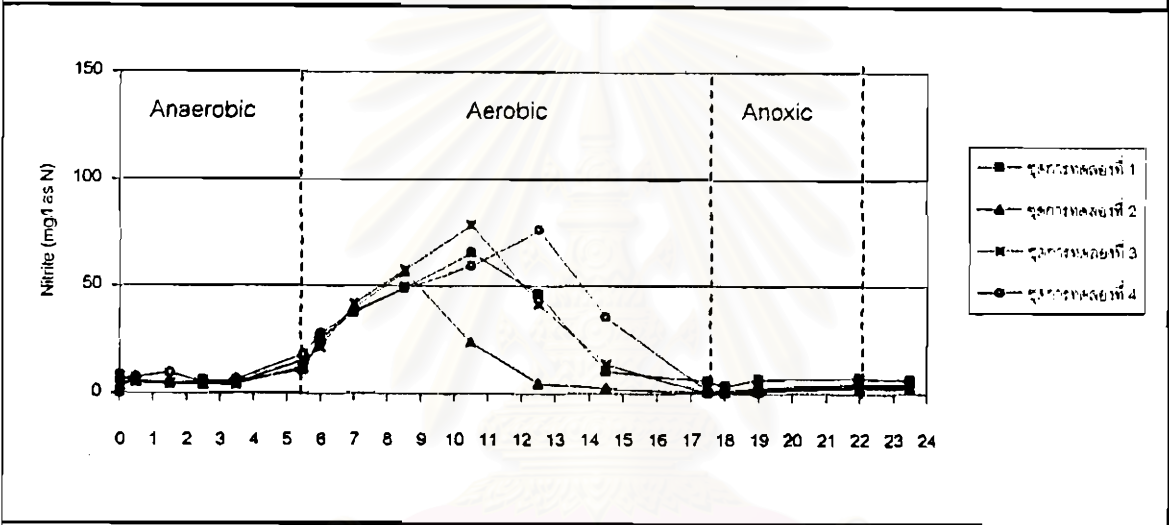
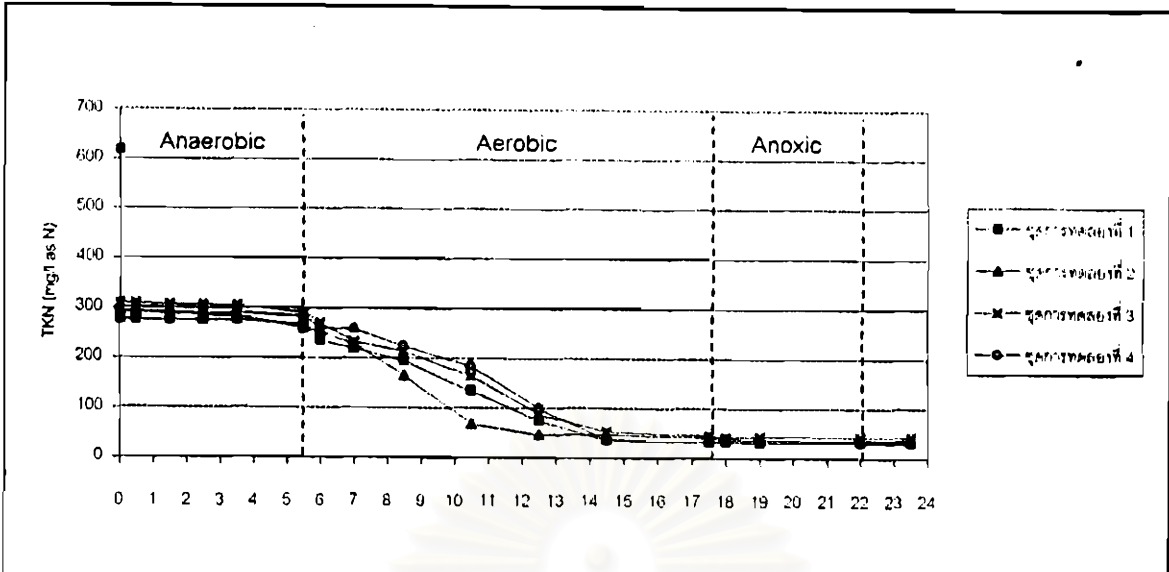
จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 10,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 5,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

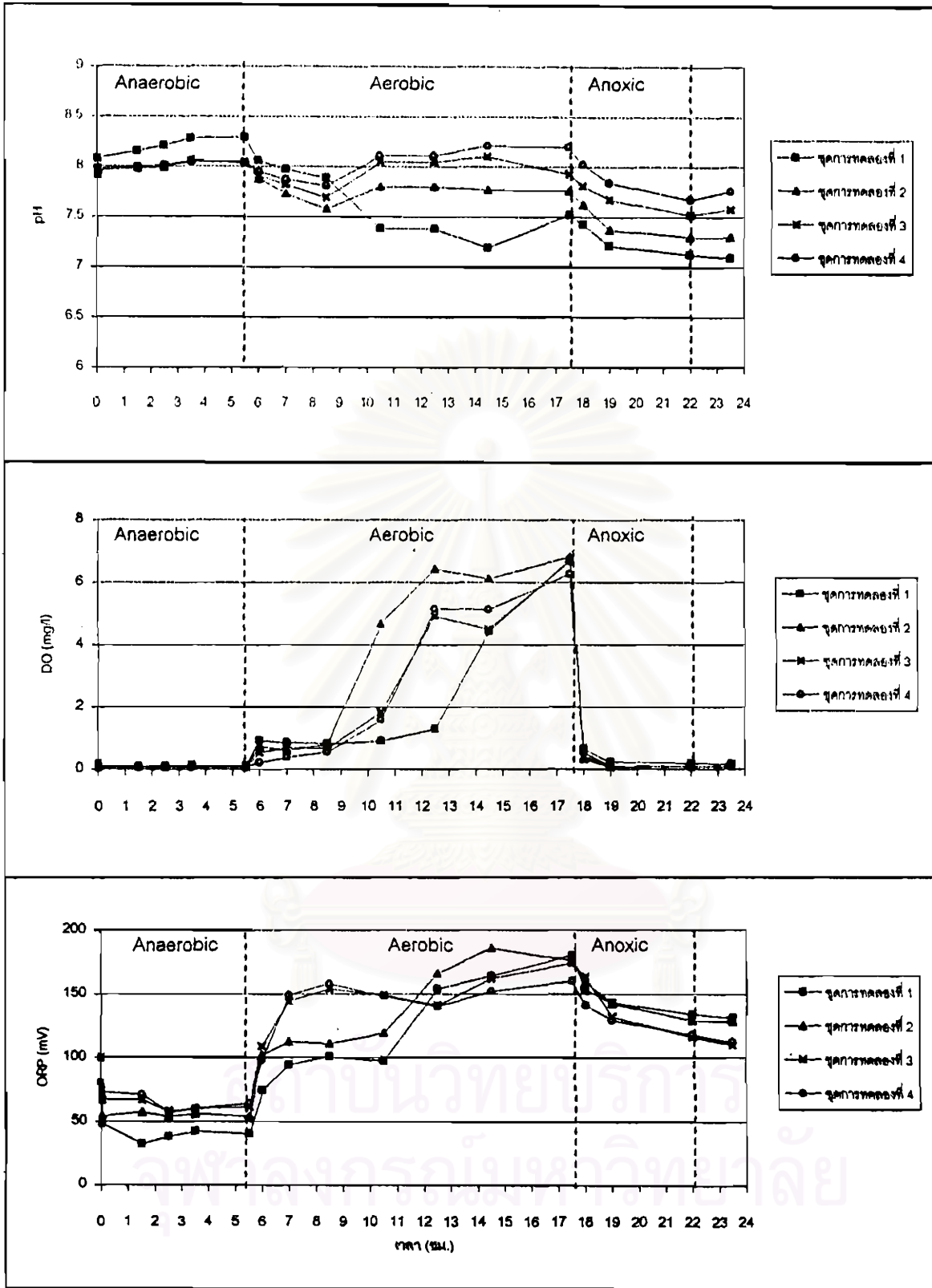
จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR ผงถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

รูปที่ 4-19 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 1



จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุคลัสต์ 20 วัน จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR มงกานัมน้ำหนัก 10,000 มก./ล. อายุคลัสต์ 20 วัน
 จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มงกานัมน้ำหนัก 5,000 มก./ล. อายุคลัสต์ 20 วัน จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR มงกานัมน้ำหนัก 20,000 มก./ล. อายุคลัสต์ 20 วัน

รูปที่ 4-19 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 1



จุดที่ 1 ระบบ SBR ชาญสิทธิ์ 20 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR หน่วงน้ำเข้มข้น 10,000 มก./ล. ชาญสิทธิ์ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR หน่วงน้ำเข้มข้น 5,000 มก./ล. ชาญสิทธิ์ 20 วัน

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR หน่วงน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. ชาญสิทธิ์ 20 วัน

รูปที่ 4-19 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 1

2) สี (Color ; Su.)

ความเข้มสีในน้ำเสียเข้าระบบทั้ง 4 ชุดการทดลองเท่ากับ 177 Su. และมีความเข้มลดลงเท่ากับ 167 146 137 และ 123 Su. เมื่อมีการเจือจางกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ความเข้มสีลดลงเหลือ 164 135 124 และ 97 Su. เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอมโรบิก หลังจากนั้นความเข้มสีที่ปลายแอนแอมโรบิกจะลดลงเหลือ 152 118 108 และ 76 Su. และลดลงอีกเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนออกซิกซึ่งมีความเข้มสีเท่ากับ 146 109 97 และ 69 Su. เห็นได้ว่าการลดลงของความเข้มสีมีแนวโน้มเดียวกันกับการลดลงของความเข้มข้นซีไอดี คือขึ้นกับความเข้มข้นผงถ่านที่มีอยู่ในระบบ

3) ทีเคเอ็น (TKN ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 617 มก./ล. และลดลงเหลือ 277 292 309 และ 292 มก./ล. หลังจากการเจือจางกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบสำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ และลดลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอมโรบิกจากการถูกดูดซึมเข้าเซลล์ของแบคทีเรียในกระบวนการสร้างเซลล์ใหม่ โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 267 261 291 และ 283 มก./ล. ความเข้มข้นทีเคเอ็นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่ช่วงแอนโรบิกจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยมีความเข้มข้นที่ปลายแอนโรบิกเท่ากับ 33 41 46 และ 33 มก./ล. และลดลงเล็กน้อยเท่ากับ 33 36 43 และ 32 มก./ล. ที่ช่วงปลาย แอนออกซิก ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเติมผงถ่านเข้าสู่ระบบไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น

4) ไนเตรท (NO_3^- ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนเตรทมีน้อยมากในน้ำเสียเข้าระบบ โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.7 มก./ล. และมีความเข้มข้นเท่ากับ 29 29 40 และ 37 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อมีการผสมรวมกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ และความเข้มข้นไนเตรทลดลงเล็กน้อยที่ช่วงปลายแอนแอมโรบิกซึ่งเท่ากับ 24 25 42 และ 36 มก./ล. จากกระบวนการไนตริฟิเคชัน การเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซไนโตรเจนได้ออกไซด์นี้ เนื่องจากในน้ำเสียมีซีไอดีส่วนที่ย่อยสลายง่ายอยู่ในปริมาณน้อย (บีไอดีต่อซีไอดี เท่ากับ 0.1) และส่วนใหญ่จะถูกดูดติดด้วยผงถ่านที่เติมเข้าไปอย่างรวดเร็ว ซีไอดีส่วนที่เหลือเป็นส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก แบคทีเรียไม่สามารถนำไปใช้งานได้เต็มที่ ดังนั้นกระบวนการไนตริฟิเคชันจึงเกิดขึ้นน้อย ทำให้ไนเตรทไม่สามารถถูกออกซิไดซ์เป็นก๊าซไนโตรเจนได้หมดในช่วงปลายแอนแอมโรบิก

เมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนจากกระบวนการไนตริฟิเคชันที่ โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 70 66 86 และ 102 มก./ล. และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนน็อกซิกเท่ากับ 63 55 74 และ 97 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ การเปลี่ยนรูปไนเตรทไปเป็นก๊าซไนโตรเจนในช่วงแอนน็อกซิกด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันแทบจะไม่เกิดขึ้น เนื่องจากช่วงปลายแอโรบิกคาร์บอนอินทรีย์ที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเหลือน้อย และส่วนที่เหลืออยู่เป็นสารอินทรีย์ประเภทย่อยสลายยากซึ่งแบคทีเรียไม่สามารถนำมาใช้ได้ทำให้กระบวนการดีไนตริฟิเคชันในการทดลองครั้งนี้ไม่เกิดขึ้น

5) ไนไตรท์ (NO_2^- ; มก./ล. – ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนไตรท์ในน้ำเสียเข้าระบบมีน้อยมาก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.03 มก./ล. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 7.7 3.5 4.6 และ 5.9 มก./ล. หลังจากผสมรวมกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิกความเข้มข้นไนไตรท์มีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย มีความเข้มข้นเท่ากับ 5.4 4.2 4.7 และ 6.1 มก./ล. ความเข้มข้นของไนไตรท์เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกในระยะแรกจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน และลดลงในช่วงปลายแอโรบิกเช่นกันโดยมีค่าสูงสุดในช่วงแอโรบิกเท่ากับ 66 57 79 และ 76 มก./ล. และมีความเข้มข้นในช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 5.7 1.7 2.4 และ 4.1 มก./ล. ส่วนในช่วงปลายแอนน็อกซิกมีความเข้มข้นเท่ากับ 6.1 2.9 3.3 และ 4.6 มก./ล.

6) พีเอช (pH)

การเปลี่ยนแปลงพีเอชของชุดการทดลองทั้ง 4 ชุดมีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันมากนัก โดยในช่วงเริ่มต้นพีเอชมีค่าค่อนข้างสูง ประมาณ 7.9 – 8.0 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อถึงปลายช่วงปลายแอนแอโรบิกซึ่งมีอยู่ในช่วง 8 – 8.3 ค่าพีเอชของระบบลดลงเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกจากการนำสภาพต่างไปใช้ในกระบวนการไนตริฟิเคชันโดยอยู่ในช่วง 7.2 – 7.8 และเพิ่มขึ้นเมื่อถึงช่วงปลายแอโรบิกในช่วง 7.5 – 7.9 หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อยที่ปลายแอนน็อกซิกโดยอยู่ในช่วง 7.2 – 7.7 เนื่องจากการลดไนเตรทด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันในระบบมีค่าน้อยมาก ทำให้พีเอชไม่เพิ่มขึ้น

7) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; มก./ล.)

การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายน้ำของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าในช่วง 0.06 – 0.11 ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิก และเพิ่มสูงขึ้นที่ช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 6.1 – 6.3 มก./ล. ส่วนในช่วงปลายแอนน็อกซิกมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0.08 – 0.09 มก./ล.

8) อุณหภูมิ (Temperature ; °c)

อุณหภูมิของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีความใกล้เคียงกันมาก โดยมีอุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นประมาณ 28.6 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.6 – 28.6 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาวางจรรยา

9) โออาร์พี (mV.)

การเปลี่ยนแปลงโออาร์พีของทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน และมีความไม่ต่างกันมากนัก โดยในช่วงเริ่มต้นวางจรรยา มีค่าประมาณ 78 – 100 mV. และลดลงอยู่ในช่วง 40 – 64 mV. ที่ปลายแอนแอโรบิก เมื่อทำการเติมอากาศในช่วงแอโรบิกค่าโออาร์พีเพิ่มขึ้นจนอยู่ในช่วง 160 – 180 mV. ที่ปลายแอโรบิก และมีค่า 116 – 134 mV. ที่ปลายแอนนออกซิก

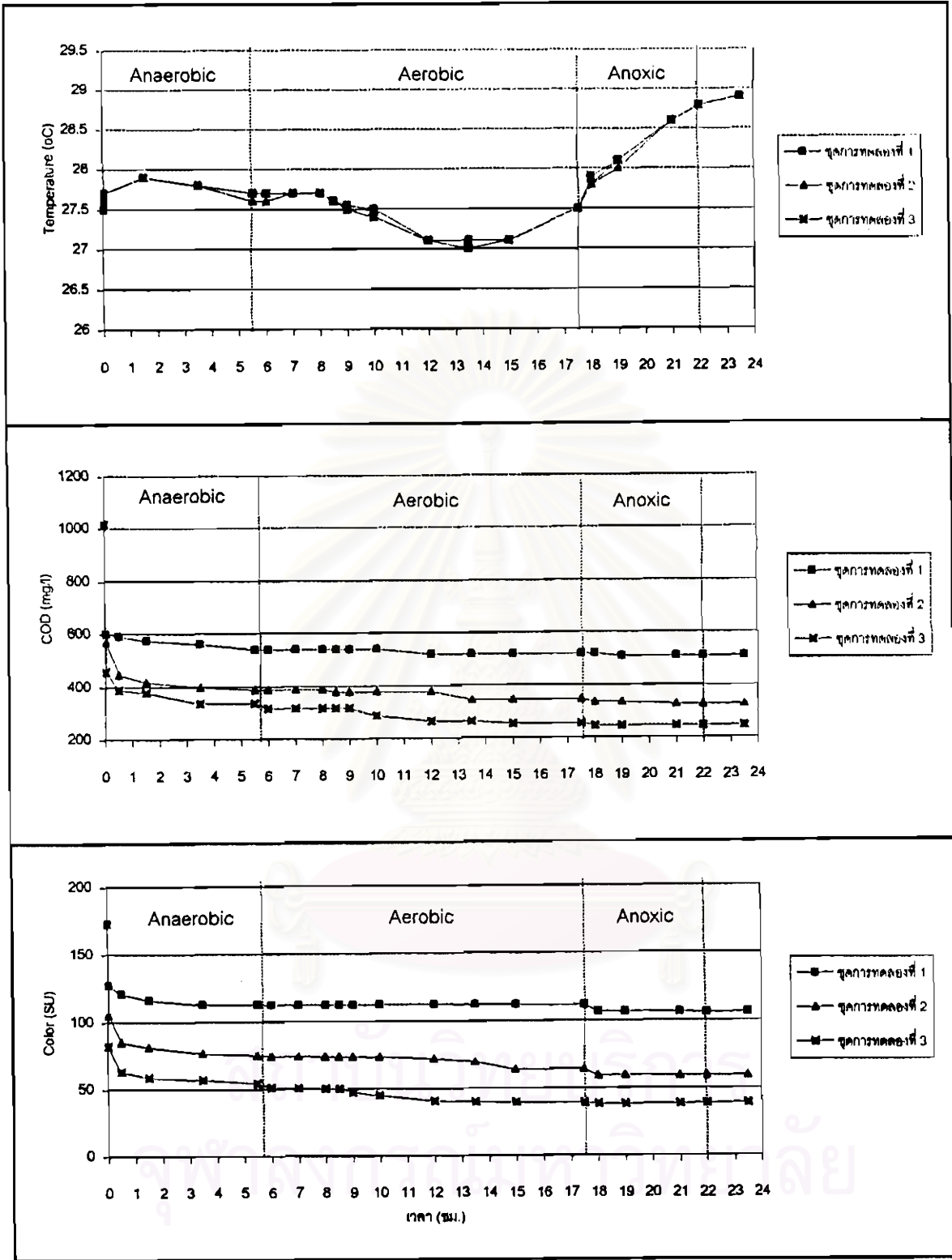
4.4.2 การทดลองครั้งที่ 2

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาวางจรรยาตามช่วงเวลา แอนแอโรบิก- แอโรบิก-แอนนออกซิก (5.5-12-4.5 ชั่วโมง) ของการทดลองครั้งที่ 2 แสดงดังรูปที่ 4-20 โดยในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 30 วัน ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 20 วัน

จากรูปที่ 4-20 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดการทดลองทั้ง 3 ชุด มีดังนี้

1) ซีโอดี (COD ; มก./ล.)

ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบทั้ง 3 ชุดการทดลองเท่ากับ 1,118 มก./ล. เมื่อเติมเข้าสู่ระบบความเข้มข้นซีโอดีจะถูกเจือจางด้วยน้ำส่วนที่เหลือในระบบ โดยมีความเข้มข้นสำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 600 570 และ 460 มก./ล. และลดลงอย่างรวดเร็วสำหรับชุดการทดลองที่มีการเติมผงถ่านโดยมีความเข้มข้นซีโอดีที่ปลายแอนแอโรบิกเท่ากับ 539 387 และ 336 มก./ล. ส่วนความเข้มข้นที่ปลายแอโรบิกเท่ากับ 519 346 และ 254 มก./ล. และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยที่ปลายแอนนออกซิกเท่ากับ 509 326 และ 244 มก./ล. การลดลงของซีโอดีในการทดลองครั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นผงถ่านที่มีอยู่ในระบบ และปริมาณผงถ่านที่เติมกลับเข้าสู่ระบบในแต่ละวัน โดยในชุดการทดลองที่ 2 ที่มีค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 30 วัน มีการเติมผงถ่านกลับเข้าสู่ระบบเท่ากับ 1.17 กรัมต่อลิตรน้ำเสีย จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 3 ที่มีค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 20 วัน และมีการเติมผงถ่านกลับเข้าสู่ระบบวันละ 1.75 กรัมต่อลิตรน้ำเสีย

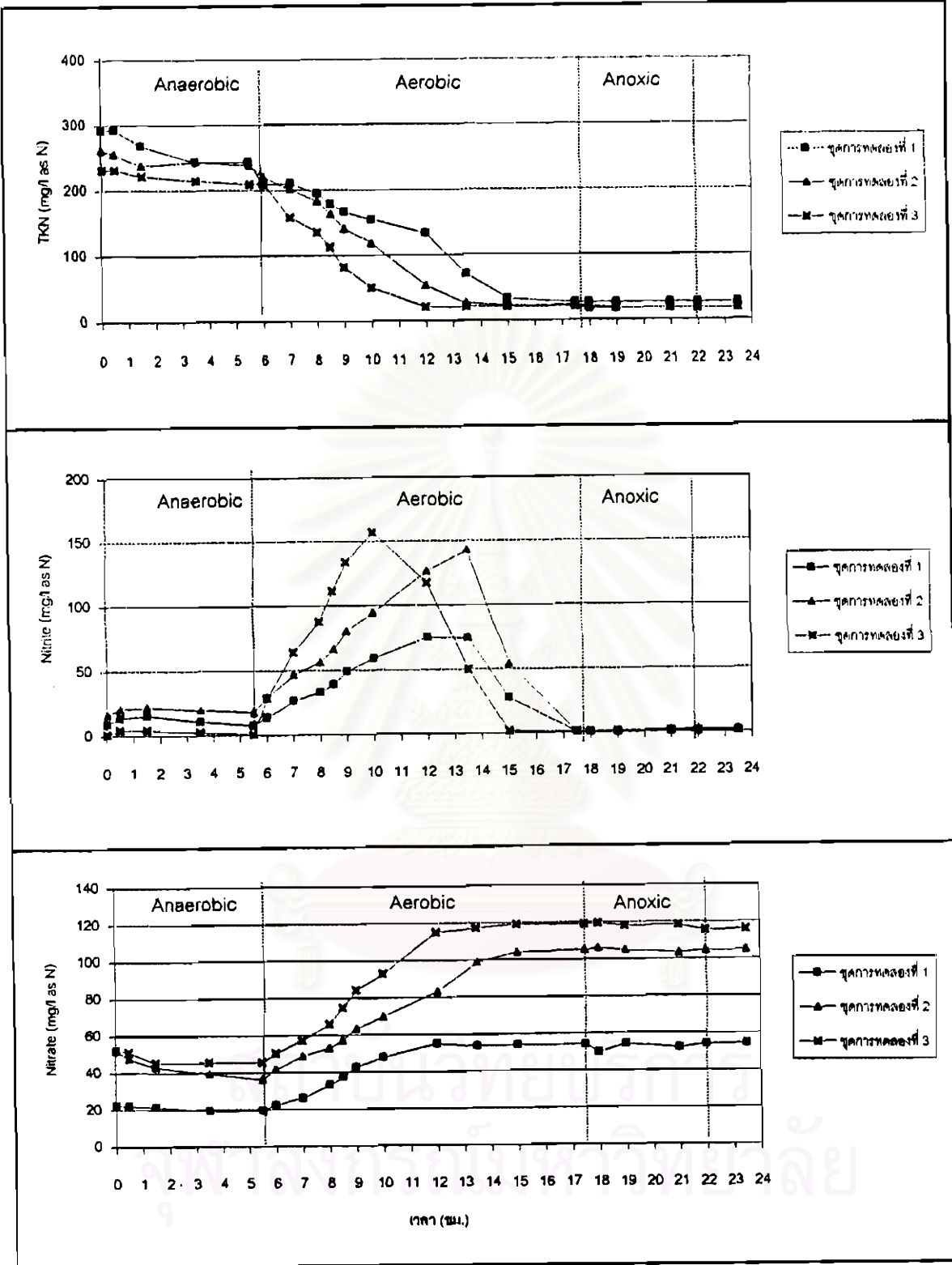


จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 30 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 30 วัน

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

รูปที่ 4-20 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 2

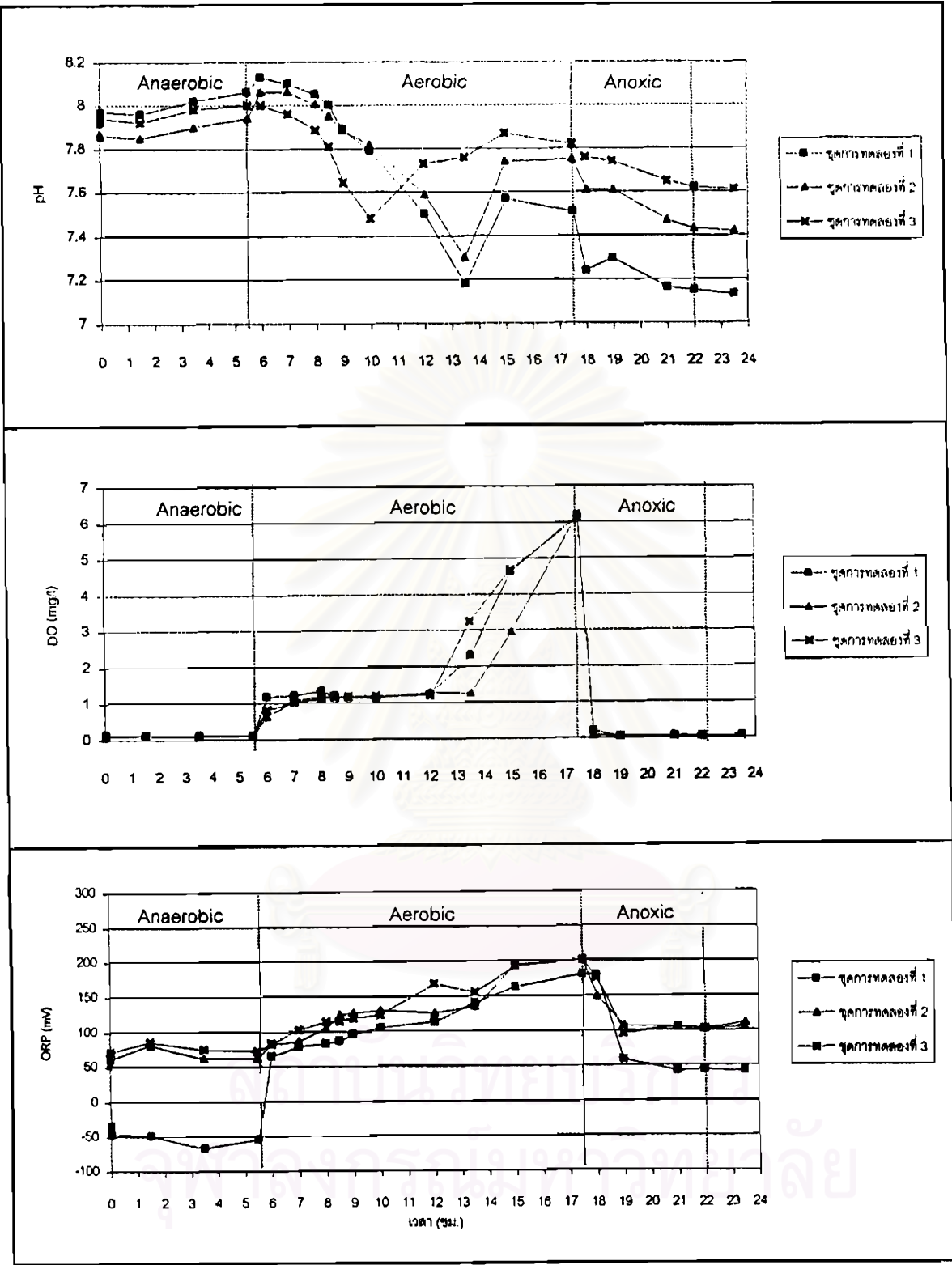


ชุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 30 วัน

ชุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 30 วัน

ชุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

รูปที่ 4-20 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 2



- จุดที่ 1 ระบบ SBR อายุสัปดาห์ 30 วัน
- จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR หน่วงน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 30 วัน
- จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR หน่วงน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. อายุสัปดาห์ 20 วัน

รูปที่ 4-20 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 2

2) สี (Color ; Su.)

ความเข้มสีในน้ำเสียเข้าระบบทั้ง 3 ชุดการทดลองเท่ากับ 173 Su. และมีความเข้มลดลงเท่ากับ 127 105 และ 82 Su. เมื่อมีการเจือจางกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ความเข้มสีลดลงเหลือ 112 75 และ 54 Su. เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิก หลังจากนั้นความเข้มสีที่ปลายแอโรบิกจะลดลงเหลือ 111 64 และ 39 Su. และลดลงอีกเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนออกซิกซึ่งมีความเข้มสีเท่ากับ 106 59 และ 38 Su. ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มสีมีแนวโน้มเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของซีไอดี

3) ทีเคเอ็น (TKN ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 484 มก./ล. และลดลงเหลือ 292 261 และ 232 มก./ล. หลังจากการเจือจางกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และลดลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 243 237 และ 208 มก./ล. ความเข้มข้นทีเคเอ็นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นที่ปลายแอโรบิกเท่ากับ 27 21 และ 21 มก./ล. และลดลงเล็กน้อยเท่ากับ 27 18 และ 18 มก./ล. ที่ช่วงปลายแอนออกซิก จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของทีเคเอ็นของทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีความใกล้เคียงกันมาก ดังนั้น การเพิ่มอายุสลัดจ์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณผงถ่านที่เติมกลับเข้าสู่ระบบหับการทดลองครั้งนี้ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของระบบ ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือ ในชุดการทดลองที่ 3 มีอัตราการกำจัดทีเคเอ็นที่เร็วกว่าในชุดการทดลองที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากผงถ่านช่วยลดความเป็นพิษของระบบลง ทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดได้ดีกว่า

4) ไนเตรท (NO_3^- ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มไนเตรทมีน้อยมากในน้ำเสียเข้าระบบ โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.4 มก./ล. และมีความเข้มข้นเท่ากับ 22 52 และ 53 มก./ล. เมื่อมีการผสมรวมกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และความเข้มข้นไนเตรทลดลงเล็กน้อยที่ช่วงปลายแอนแอโรบิกซึ่งเท่ากับ 20 37 และ 46 มก./ล. เมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 57 109 และ 119 มก./ล. และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนออกซิกเท่ากับ 54 105 และ 115 มก./ล.

5) ไนไตรท์ (NO_2^- ; มก./ล. – ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนไตรท์ในน้ำเสียเข้าระบบมีน้อยมาก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.14 มก./ล. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 9.16 และ 1 มก./ล. หลังจากผสมรวมกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบสำหรับชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิกความเข้มข้นไนไตรท์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยมีความเข้มข้นเท่ากับ 7.18 และ 0.6 มก./ล. มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก และลดลงในช่วงปลายแอโรบิก เช่นกัน การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยมีค่าสูงสุดในช่วงแอโรบิกเท่ากับ 75.143 และ 157 มก./ล. และมีความเข้มข้นในช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 0.3, 0.4 และ 0.3 มก./ล. ส่วนในช่วงปลายแอนออกซิกมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.3, 2 และ 0.8 มก./ล.

6) พีเอช (pH)

การเปลี่ยนแปลงพีเอชของชุดการทดลองทั้ง 3 ชุดมีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันมาก โดยในช่วงเริ่มต้นพีเอชมีค่าค่อนข้างสูง ประมาณ 7.8 – 7.9 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อถึงปลายช่วงปลายแอนแอโรบิกซึ่งมีอยู่ในช่วง 7.9 – 8.1 ค่าพีเอชของระบบลดลงเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกโดยอยู่ในช่วง 7.2 – 7.5 และเพิ่มขึ้นเมื่อถึงช่วงปลายแอโรบิกในช่วง 7.5 – 7.8 หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อยที่ปลายแอนออกซิกโดยอยู่ในช่วง 7.2 – 7.6

7) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; มก./ล.)

การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายน้ำของทั้ง 3 ชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าในช่วง 0.09 – 0.11 ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิก และเพิ่มสูงขึ้นที่ช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 6.1 – 6.2 มก./ล. ส่วนในช่วงปลายแอนออกซิกมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0.05 – 0.06 มก./ล.

8) อุณหภูมิ (Temperature ; °C)

อุณหภูมิของทั้ง 3 ชุดการทดลองมีความใกล้เคียงกันมาก โดยมีอุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นประมาณ 27.5 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27 – 28.9 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาจริง

9) โออาร์พี (mV.)

ค่าโออาร์พีของทั้ง 3 ชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ที่ปลายแอนแอโรบิกเท่ากับ -54, 62 และ 62 mV. ค่าโออาร์พีเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกมีค่าเท่ากับ 181, 202 และ 201 mV. และลดลงเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนออกซิกโดยมีค่าเท่ากับ 43, 103 และ 102 mV.

4.4.3 การทดลองครั้งที่ 3

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาวางจรวดตามช่วงเวลา แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก ของการทดลองครั้งที่ 3 แสดงดังรูปที่ 4-21 ความเข้มข้นผงถ่านในระบบ และค่าอายุสลัดจ์เท่ากับ 20,000 มก./ล. และ 20 วัน ทั้ง 2 ชุดการทดลอง ส่วนระยะเวลาของช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก แตกต่างกัน โดยในชุดการทดลองที่ 1 มีช่วงเวลาเท่ากับ 8.5-9-4.5 ชั่วโมง และเท่ากับ 5.5-12-4.5 ชั่วโมง ในชุดการทดลองที่ 2

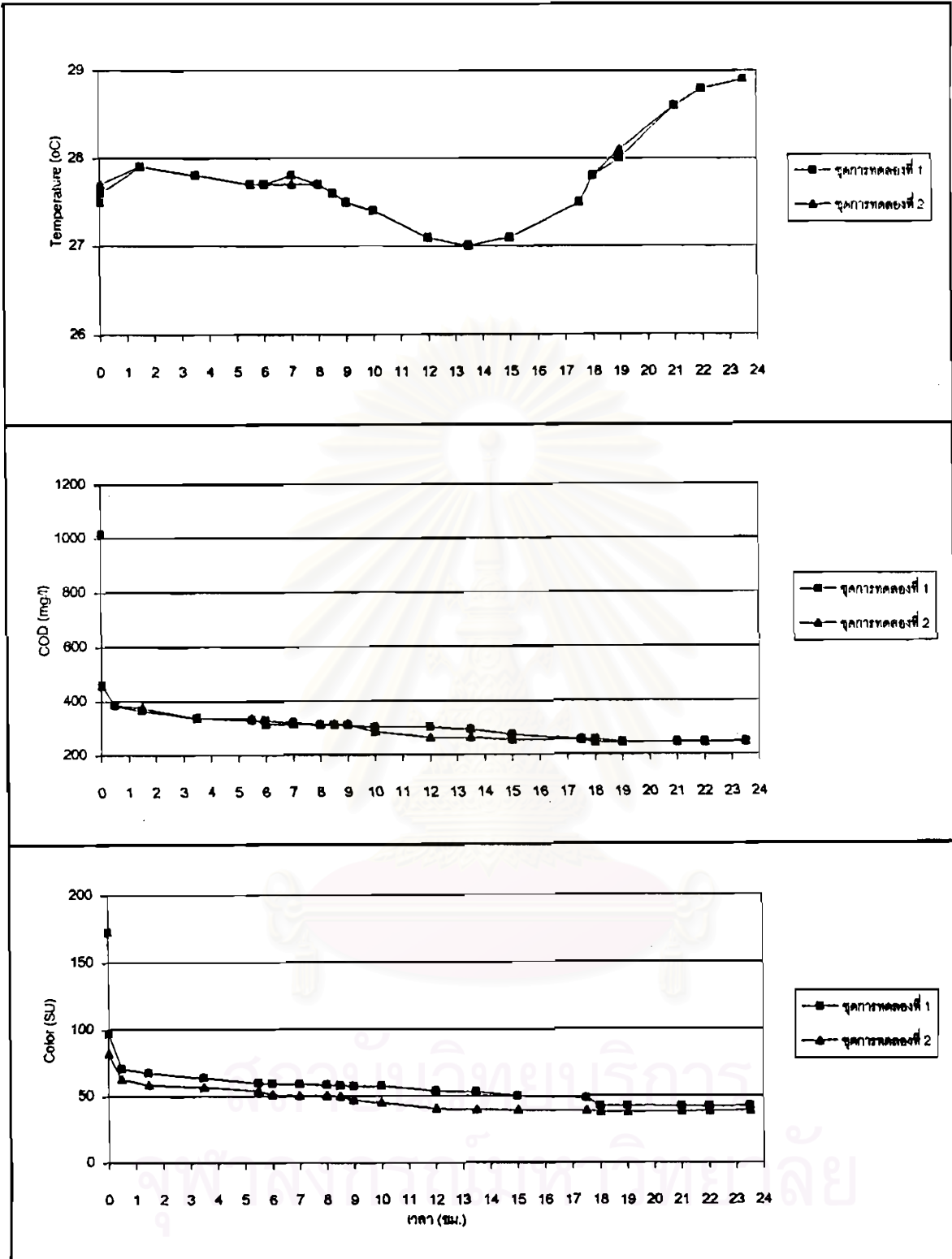
จากรูปที่ 4-21 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดการทดลองทั้ง 2 มีดังนี้

1) ซีโอดี (COD ; มก./ล.)

ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบทั้ง 2 ชุดการทดลองเท่ากับ 1,018 มก./ล. เมื่อเติมเข้าสู่ระบบความเข้มข้นซีโอดีจะถูกเจือจางด้วยน้ำส่วนที่เหลือในระบบ โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 462 และ 458 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และลดลงอย่างรวดเร็วจนมีความเข้มข้นที่ปลายแอนแอโรบิกเท่ากับ 311 และ 334 มก./ล. ซึ่งจะเห็นได้ว่าการลดลงของซีโอดีในชุดการทดลองที่ 1 ลดลงมากกว่า โดยสามารถลดลงได้เท่ากับ 151 มก./ล. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ลดลงได้ 124 มก./ล. แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอโรบิกความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 247 และ 244 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าการเพิ่มช่วงเวลาแอนแอโรบิกเพื่อต้องการให้ระบบสามารถกำจัดสารอินทรีย์ประเภทย่อยสลายยากได้เพิ่มขึ้นนั้นไม่สามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน แต่เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นซีโอดีที่ลดลงมีความใกล้เคียงกันมากทั้ง 2 ชุดการทดลอง ดังนั้นการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียในการทดลองครั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลาสัมผัสระหว่างเซลล์แบคทีเรีย และผงถ่านในระบบกับสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย

2) สี (Color ; Su.)

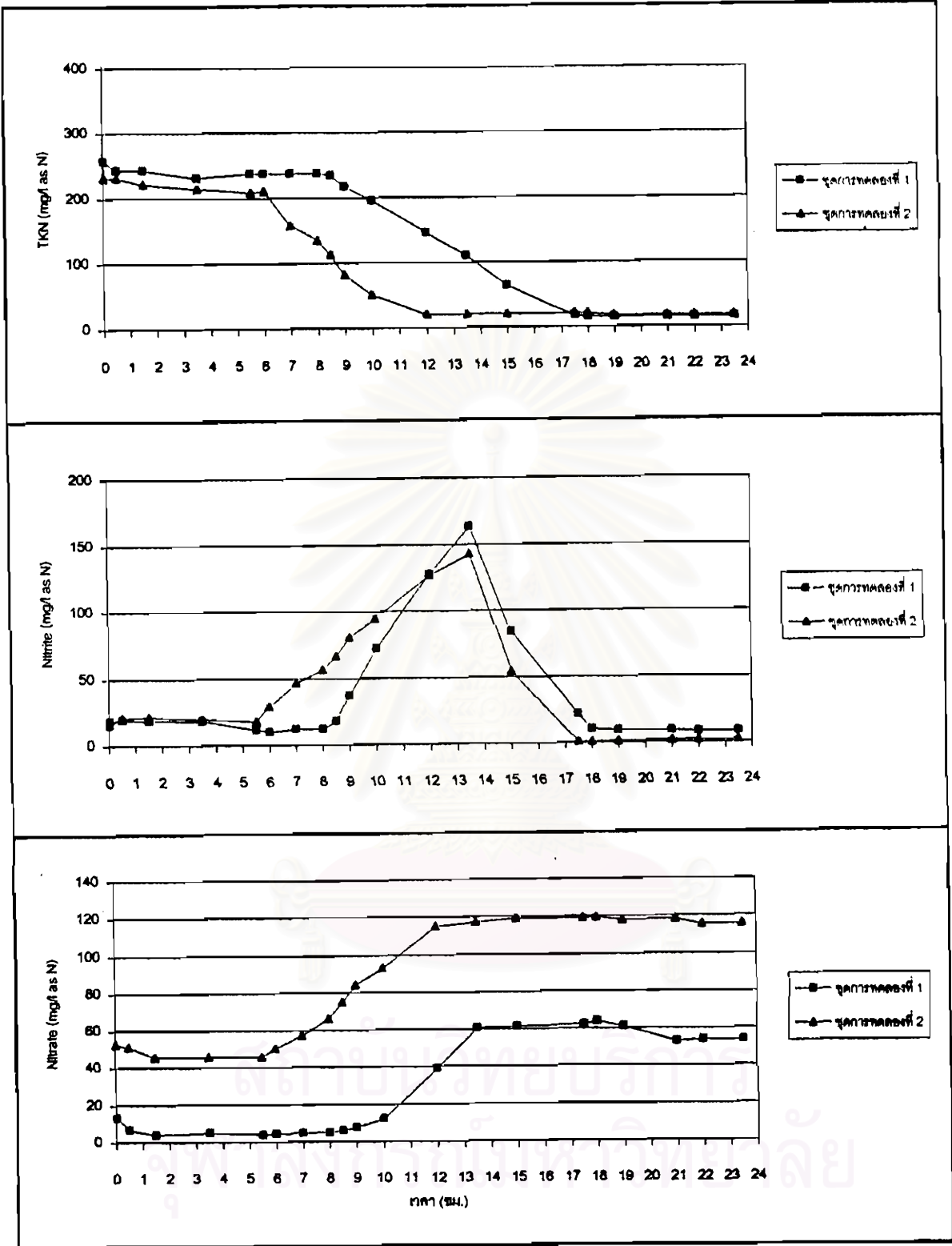
ความเข้มข้นสีในน้ำเสียเข้าระบบทั้ง 2 ชุดการทดลองเท่ากับ 173 Su. และมีความเข้มข้นลดลงเท่ากับ 96.8 และ 82 Su. เมื่อมีการเจือจางกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ความเข้มข้นสีลดลงเหลือ 58 และ 54 Su. เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิก หลังจากนั้นความเข้มข้นสีที่ปลายแอโรบิก และแอนนออกซิกลดลงเหลือ 42 และ 38 Su. ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นสีจึงมีแนวโน้มเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นซีโอดี



จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR มงท่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 8.5-9-4.5 ชม., อายุสัปดาห์ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มงท่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 5.5-12-4.5 ชม., อายุสัปดาห์ 20 วัน

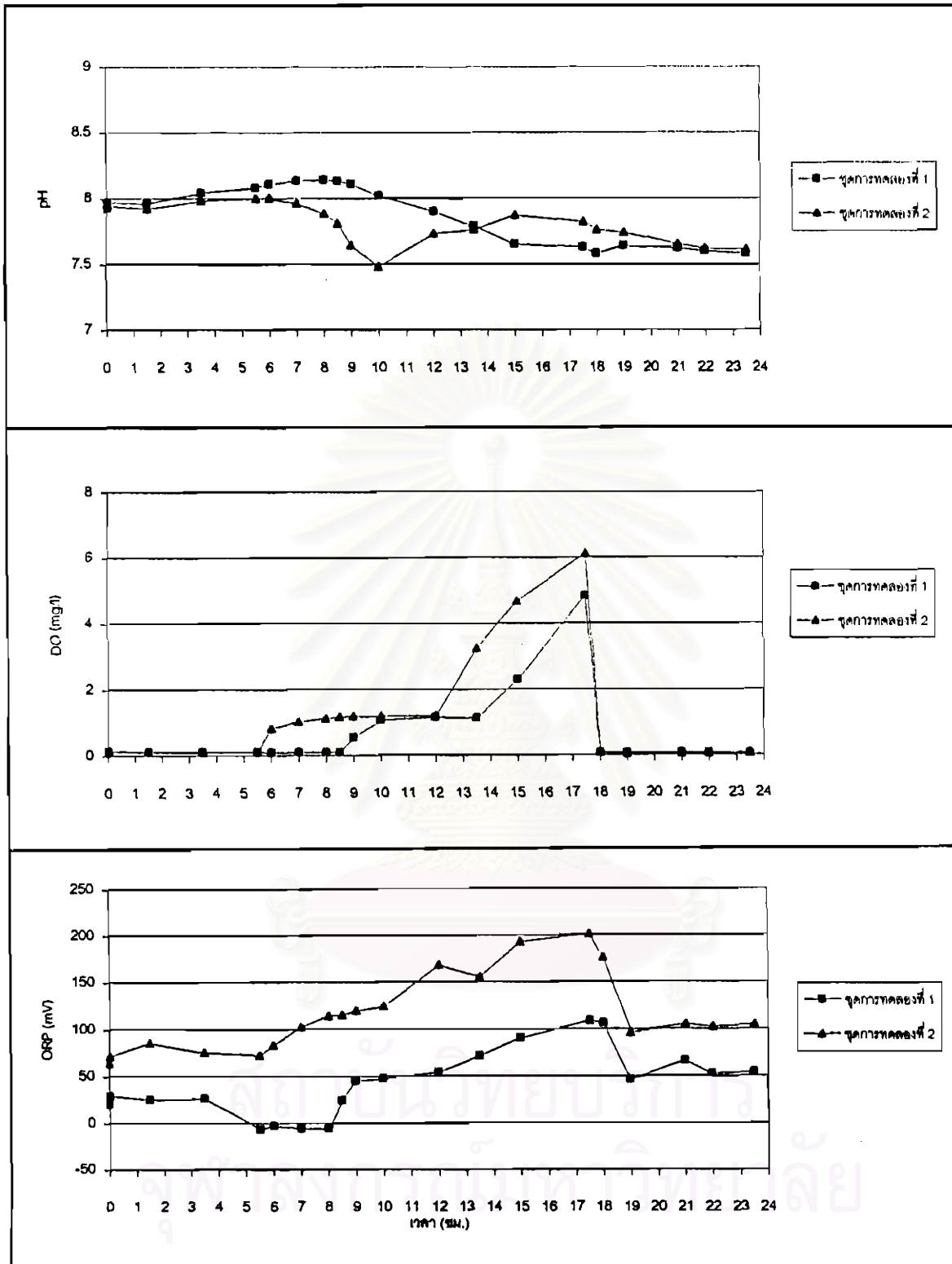
รูปที่ 4-21 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วัน
ของการทดลองครั้งที่ 3



จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR มุ่งานเข้มข้น 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 8.5-9-4.5 ชม., ภายลัดจ์ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มุ่งานเข้มข้น 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 5.5-12-4.5 ชม., ภายลัดจ์ 20 วัน

รูปที่ 4-21 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 3



จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 8.5-9-4.5 ชม., ใช้อุณหภูมิ 20 วัน

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. : แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนนออกซิก : 5.5-12-4.5 ชม., ใช้อุณหภูมิ 20 วัน

รูปที่ 4-21 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 3

3) ทีเคเอ็น (TKN ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 484 มก./ล. และลดลงเหลือ 258 และ 231 มก./ล. หลังจากการเจือจางกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และลดลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 234 และ 208 มก./ล. ความเข้มข้นทีเคเอ็นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นที่ปลายแอโรบิก และแอนนออกซิกเท่ากับ 15 และ 18 มก./ล. เห็นได้ว่าการลดลงของช่วงแอโรบิกจาก 12 ชั่วโมง เป็น 9 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อการลดทีเคเอ็นของระบบ โดยจากรูปการลดลงของทีเคเอ็นในชุดการทดลองที่ 1 เริ่มลดลงช้ากว่า แต่ในช่วงท้ายแอโรบิกความเข้มข้นทีเคเอ็นใกล้เคียงกันมาก ซึ่งสรุปได้ว่าการทดลองครั้งนี้ระยะเวลาแอโรบิก 9 ชั่วโมง เพียงพอต่อกระบวนการไนตริฟิเคชันของระบบ

4) ไนเตรท (NO_3^- ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนเตรทมีน้อยมากในน้ำเสียเข้าระบบ โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.4 มก./ล. และมีความเข้มข้นเท่ากับ 13 และ 53 มก./ล. เมื่อมีการผสมรวมกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และความเข้มข้นไนเตรทลดลงเล็กน้อยที่ช่วงปลายแอนแอโรบิกซึ่งเท่ากับ 6 และ 46 มก./ล. เมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 61 และ 118 มก./ล. และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนนออกซิกเท่ากับ 54 และ 116 มก./ล.

5) ไนไตรท์ (NO_2^- ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนไตรท์ในน้ำเสียเข้าระบบมีน้อยมาก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.14 มก./ล. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 18.2 และ 1.0 มก./ล. หลังจากผสมรวมกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิกความเข้มข้นไนไตรท์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยมีความเข้มข้นเท่ากับ 17.8 และ 0.6 มก./ล. มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก และลดลงในช่วงปลายแอโรบิกเช่นกันการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชันโดยมีค่าสูงสุดในช่วงแอโรบิกเท่ากับ 163 และ 157 มก./ล. และมีความเข้มข้นในช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 9.2 และ 0.6 มก./ล. ส่วนในช่วงปลายแอนนออกซิกมีความเข้มข้นเท่ากับ 8.1 และ 0.8 มก./ล.

6) พีเอช (pH)

การเปลี่ยนแปลงพีเอชของชุดการทดลองทั้ง 2 ชุดมีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันมากนัก โดยในช่วงเริ่มต้นพีเอชมีค่าค่อนข้างสูง ประมาณ 7.9 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อถึงช่วงปลายแอนแอโรบิกประมาณ 8.1 และ 8 ค่าพีเอชของระบบมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลงเมื่อเข้าสู่

ช่วงแอโรบิกและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ปลายแอโรบิกโดยมีค่า 7.6 และ 7.8 หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อยที่ปลายแอนนอซิกมีค่าประมาณ 7.6 ทั้งสองชุดการทดลอง

7) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; มก./ล.)

การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายน้ำของทั้ง 2 ชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าประมาณ 0.1 มก./ล. ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิก และเพิ่มสูงขึ้นที่ช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 4.8 และ 6.3 มก./ล. ส่วนในช่วงปลายแอนนอซิกมีค่าลดลงเท่ากับ 0.05 และ 0.06 มก./ล.

8) อุณหภูมิ (Temperature ; °c)

อุณหภูมิของทั้ง 2 ชุดการทดลองมีความใกล้เคียงกันมาก โดยมีอุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นประมาณ 28.7 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.5 – 28.9 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาวางจรรยา

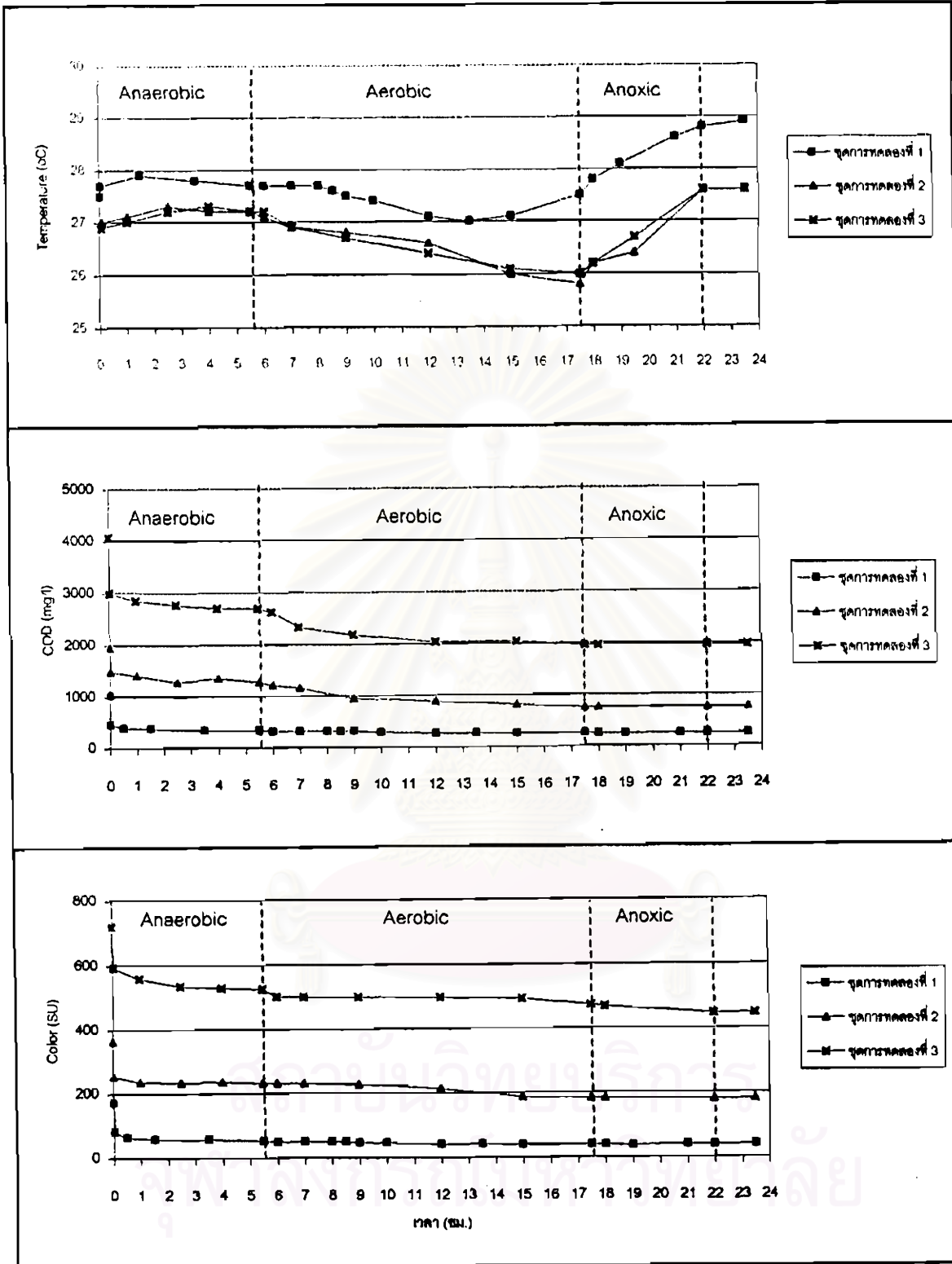
9) ไออาร์พี (mV.)

การเปลี่ยนแปลงไออาร์พีของทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน โดยในช่วงเริ่มต้นวางจรรยา มีค่าประมาณ 20 และ 64 mV. และมีค่าเท่ากับ -6 และ 62 mV. ที่ปลายแอนแอโรบิก เมื่อทำการเติมอากาศในช่วงแอโรบิกค่าไออาร์พีเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 108 และ 201 mV. ที่ปลายแอโรบิก และลดลงจนมีค่าเท่ากับ 52 และ 102 mV. ที่ปลายแอนนอซิก

4.4.4 การทดลองครั้งที่ 4

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาวางจรรยาตามช่วงเวลา แอนแอโรบิก- แอโรบิก-แอนนอซิก (5.5-12-4.5 ชม.) ของการทดลองครั้งที่ 4 แสดงดังรูปที่ 4-22 ความเข้มข้นของถ่านในระบบ และค่าอายุสัจด์เท่ากับ 20,000 มก./ล. และ 20 วัน ทั้ง 3 ชุดการทดลอง โดยมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1.143 และ 2.268 กก./ลบ.ม.-วัน สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 เป็นการนำผลจากการทดลองครั้งที่ 2 ชุดการทดลองที่ 3 มาเปรียบเทียบ ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.571 กก./ลบ.ม.-วัน

จากรูปที่ 4-22 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดการทดลองทั้ง 3 มีดังนี้

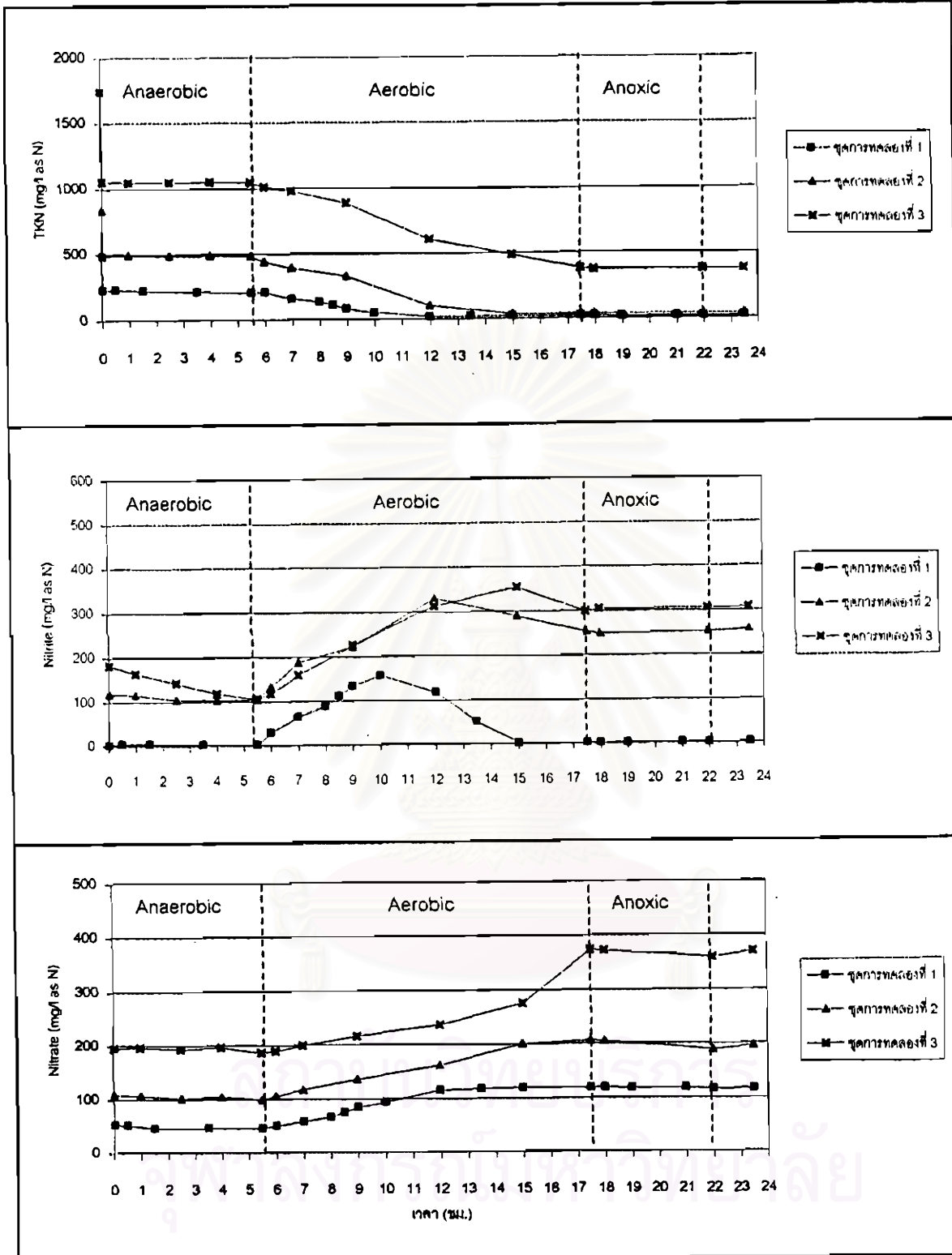


จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR หน่าถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระมัดผอยเข้า 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR หน่าถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระมัดผอยเข้า 2,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR หน่าถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระมัดผอยเข้า 4,000 มก./ล.

รูปที่ 4-22 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วันจริงของการทดลองครั้งที่ 4

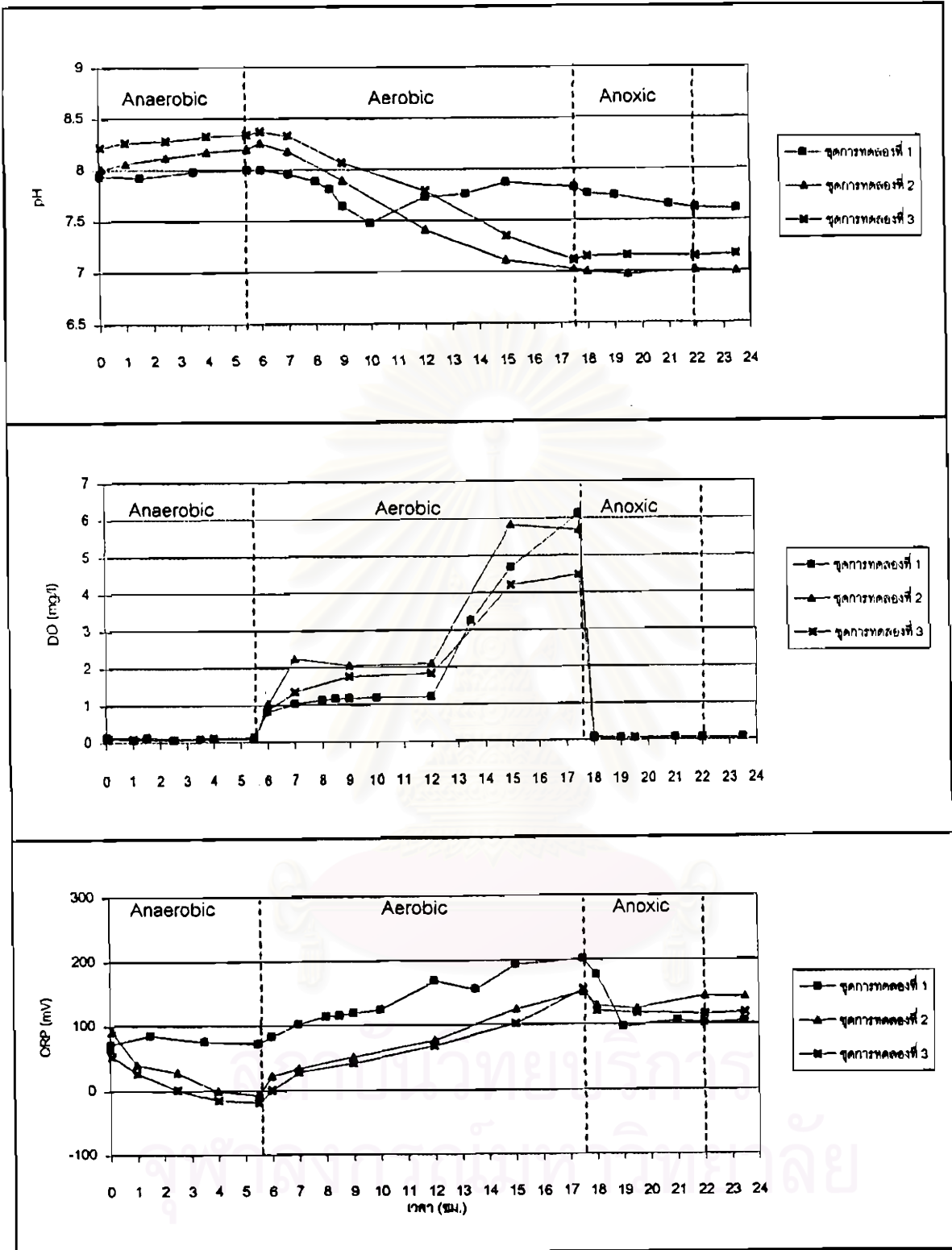


จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระมัดผอยเข้า 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระมัดผอยเข้า 2,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR มงกาน้ำเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระมัดผอยเข้า 4,000 มก./ล.

รูปที่ 4-22 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 4



จุดที่ 1 ระบบ BPAC-SBR ผนังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระบุด้อยเข้า 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ผนังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระบุด้อยเข้า 2,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ BPAC-SBR ผนังถ่านเข้มข้น 20,000 มก./ล. จีโอดีน้ำระบุด้อยเข้า 4,000 มก./ล.

รูปที่ 4-22 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจร
ของการทดลองครั้งที่ 4

1) ซีโอดี (COD ; มก./ล.)

ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 1,018 1,948 และ 4,068 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ เมื่อเติมเข้าสู่ระบบความเข้มข้นซีโอดีจะถูกเจือจางด้วยน้ำส่วนที่เหลือในระบบ มีความเข้มข้นเท่ากับ 458 1,473 และ 2,996 มก./ล. และลดลงจนมีความเข้มข้นที่ปลายแอนแอโรบิกเท่ากับ 334 1,277 และ 2,700 มก./ล. เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอโรบิกระบบมีความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 244 753 และ 1,960 มก./ล. ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระบบเข้าสู่ปลายแอนนอกซิก การลดลงของซีโอดีในการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันทั้ง 3 ชุดการทดลอง แต่มีค่าความเข้มข้นต่างกันตามน้ำเสียเข้าระบบ ซึ่งให้เห็นได้ว่าเมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบจะลดลง เนื่องจากความเข้มข้นผงถ่านในระบบ และปริมาณผงถ่านที่เติมกลับเข้าระบบในแต่ละวันเท่ากันทุกชุดการทดลอง ดังนั้นความสามารถในการดูดติดของผงถ่านจึงใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลอง และทำให้ชุดการทดลองที่มีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงกว่ามีความเข้มข้นซีโอดีในน้ำออกจากระบบสูงกว่าตามไปด้วย รวมทั้งเมื่อมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น เซลล์แบคทีเรียในระบบจะได้รับการพิษจากน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์แบคทีเรียในระบบได้

2) สี (Color ; Su.)

ความเข้มข้นสีในน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 173 363 และ 721 Su. และมีความเข้มข้นลดลงเท่ากับ 82 254 และ 593 Su. เมื่อมีการเจือจางกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ความเข้มข้นสีลดลงเหลือ 54 233 และ 525 Su. เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิก หลังจากนั้นความเข้มข้นสีที่ปลายแอโรบิกเท่ากับ 38 184 และ 472 Su. ส่วนที่ช่วงปลายแอนนอกซิก ความเข้มข้นสีลดลงเหลือ 38 181 และ 445 Su. ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้พบว่าแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นสีในแต่ละชุดการทดลองมีแนวโน้ม และเหตุผลเดียวกันกับการลดลงของความเข้มข้นซีโอดี

3) ทีเคเอ็น (TKN ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 484 834 และ 1,743 มก./ล. และลดลงเหลือ 231 490 และ 1,055 มก./ล. หลังจากการเจือจางกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบสำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และลดลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 208 485 และ 1,045 มก./ล. ความเข้มข้นทีเคเอ็นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นที่ปลายแอโรบิก และแอนนอกซิกเท่ากับ 18 37 และ 383 มก./ล. และแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนนอกซิก เห็นได้ว่ากลไกหลักในการกำจัดทีเคเอ็นคือ

กระบวนการไนตริฟิเคชันซึ่งอยู่ในช่วงแอโรบิก จากผลการทดลองครั้งนี้มีข้อที่น่าสังเกตคือ ในชุดการทดลองที่ 2 ที่มีความเข้มข้นเข้าระบบสูงเพิ่มจากชุดการทดลองที่ 1 ถึง 2 เท่า แต่ระบบยังสามารถกำจัดที่เคเอ็นจนมีความเข้มข้นที่น้ำออกใกล้เคียงกันได้ ส่วนในชุดการทดลองที่ 3 ความเข้มข้นที่เคเอ็นเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า ระบบไม่สามารถกำจัดที่เคเอ็นให้มีความเข้มข้นที่น้ำออกใกล้เคียงกับชุดที่ 1 และ 2 ได้ แต่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การกำจัดพบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลอง สามารถกำจัดที่เคเอ็นได้ในอัตราส่วนที่สูง โดยชุดการทดลองที่ 1 และ 2 กำจัดได้ 96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชุดการทดลองที่ 3 กำจัดได้ 79 เปอร์เซ็นต์

4) ไนเตรท (NO_3^- ; มก./ล. – ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนเตรทมีน้อยมากในน้ำเสียเข้าระบบ โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.4 2.7 และ 4.7 มก./ล. และมีความเข้มข้นเท่ากับ 53 108 และ 195 มก./ล. เมื่อมีการผสมรวมกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ความเข้มข้นไนเตรทลดลงเล็กน้อยในช่วงปลายแอโรบิก มีค่าเท่ากับ 46 99 และ 187 มก./ล. เมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยมีความเข้มข้นที่ปลายแอโรบิกเท่ากับ 118 206 และ 374 มก./ล. และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอโรบิกนอกซิกเท่ากับ 116 189 และ 359 มก./ล. การลดลงของไนเตรทในช่วงแอโรบิกเกิดจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เนื่องจากในระบบมีไนเตรทตกค้างอยู่ และมีแหล่งคาร์บอนอินทรีย์จากน้ำเสียที่เดิมเข้ามา แต่กระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นน้อยมาก สาเหตุอาจเกิดจากคาร์บอนอินทรีย์ในระบบไม่เพียงพอ อัตราการดูดติดคาร์บอนอินทรีย์ของผงถ่านมีสูง ดังนั้นแบคทีเรียจึงไม่สามารถนำคาร์บอนอินทรีย์มาใช้ได้อย่างเต็มที่ เมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก กระบวนการไนตริฟิเคชันทำให้แอมโมเนียไนโตรเจนถูกออกซิไดซ์กลายเป็นไนไตรท์ และเป็นไนเตรทในที่สุด ทำให้มีความเข้มข้นของไนเตรทสูงที่ปลายแอโรบิก แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกนอกซิก ระบบมีแหล่งคาร์บอนอินทรีย์เหลือเล็กน้อย ซึ่งที่เหลืออยู่ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเป็นสารอินทรีย์ประเภทย่อยสลายยาก แบคทีเรียไม่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการดีไนตริฟิเคชันได้ ดังนั้นจึงไม่เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันในช่วงเวลานี้

5) ไนไตรท์ (NO_2^- ; มก./ล. – ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนไตรท์ในน้ำเสียเข้าระบบมีน้อยมาก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.14 1.6 และ 2.7 มก./ล. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1.0 117 และ 182 มก./ล. หลังจากผสมรวมกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบสำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ที่ช่วงปลายแอโรบิกความเข้มข้นไนไตรท์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.6 104 และ 106 มก./ล. มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก และลดลง ในช่วงปลายแอโรบิกเช่นกันสำหรับชุดการทดลอง

ที่ 1 โดยมีค่าสูงสุดในช่วงแอโรบิกเท่ากับ 157 มก./ล. และมีความเข้มข้นในช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 0.6 มก./ล. ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ความเข้มข้นของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และลดลงเล็กน้อยที่ปลายแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นที่ช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 253 และ 299 มก./ล. ตามลำดับ และในช่วงปลายแอนอนอกซิกความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงน้อยมาก มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.8 252 และ 305 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 1 กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นค่อนข้างสมบูรณ์ในช่วงแอโรบิก พิจารณาได้จากไนโตรเจนที่เกิดขึ้นถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรททั้งหมด ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นไม่สามารถเปลี่ยนเป็นไนเตรทได้หมดในช่วงแอโรบิก เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4-22 จะเห็นได้ว่า ณ ชั่วโมงที่ 12 และ 15 ความเข้มข้นไนโตรเจนที่สูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลงที่ช่วงปลายแอโรบิก ซึ่งชี้ให้เห็นได้ว่าเวลาสำหรับช่วงแอโรบิก 12 ชั่วโมง ไม่เพียงพอต่อกระบวนการไนตริฟิเคชันสำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ส่วนในช่วงแอนอนอกซิกกระบวนการดีไนตริฟิเคชันไม่เกิดขึ้นเนื่องจากในระบบมีแหล่งคาร์บอนอินทรีย์ไม่พอเพียง

6) พีเอช (pH)

การเปลี่ยนแปลงพีเอชของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันมากนักโดยในช่วงเริ่มต้นพีเอชมีค่าค่อนข้างสูง ประมาณ 8 และ 8.2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ช่วงปลายแอนแอโรบิก และลดลงเหลือ 7 และ 7.1 ที่ปลายแอโรบิก จากกระบวนการไนตริฟิเคชันที่นำสภาพต่างในระบบไปใช้ในระบบการ และแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนอนอกซิก ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 พีเอชเริ่มต้นประมาณ 7.9 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อถึงช่วงปลายแอนแอโรบิก ประมาณ 8 ค่าพีเอชของระบบมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลงเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ปลายแอโรบิกโดยมีค่า 7.8 หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อยที่ปลายแอนอนอกซิกมีค่าประมาณ 7.6 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในชุดการทดลองที่ 1 แตกต่างกับชุดที่ 2 และ 3 ในช่วงแอโรบิก เนื่องจากในชุดการทดลองที่ 1 กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นค่อนข้างสมบูรณ์ทำให้พีเอชลดลงในระยะแรก และเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมา ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 พีเอชมีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อย ๆ จนถึงช่วงปลายแอโรบิก ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นที่เคเอ็นในน้ำเสียเข้าที่มีค่าสูง กระบวนการไนตริฟิเคชันของระบบจึงเกิดขึ้นมากกว่า ส่งผลให้พีเอชลดต่ำลงมากกว่า และเมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นไนโตรเจนที่ไม่สามารถเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรทได้หมดในช่วงแอโรบิก ทำให้ระบบยังมีความต้องการสภาพต่างอยู่ พีเอชจึงไม่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อถึงช่วงปลายแอโรบิกเหมือนในชุดการทดลองที่ 1

7) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; มก./ล.)

การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายน้ำของทั้ง 3 ชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าประมาณ 0.1 มก./ล. ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิก และเพิ่มสูงขึ้นที่ช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 6.3 5.7 และ 4.5 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในชุดการทดลองที่ 3 ที่มีภาวะบรทุกอินทรีย์มากที่สุดจะมีค่า DO น้อยกว่าชุดการทดลองอื่น ส่วนในช่วงปลายแอนออกซิกมีค่าลดลงเหลือ 0.06 มก./ล. ทั้ง 3 ชุดการทดลอง

8) อุณหภูมิ (Temperature ; °c)

อุณหภูมิของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีความใกล้เคียงกันมาก โดยมีอุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นประมาณ 27 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.8 – 27.7 ตลอดช่วงระยะเวลาวางจร ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 มีอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 28.7 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.5 – 28.9 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงระยะเวลาวางจร สาเหตุที่อุณหภูมิของชุดการทดลองที่ 1 แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 2 และ 3 เนื่องจากไม่ได้ทำการทดลองในวันเดียวกัน

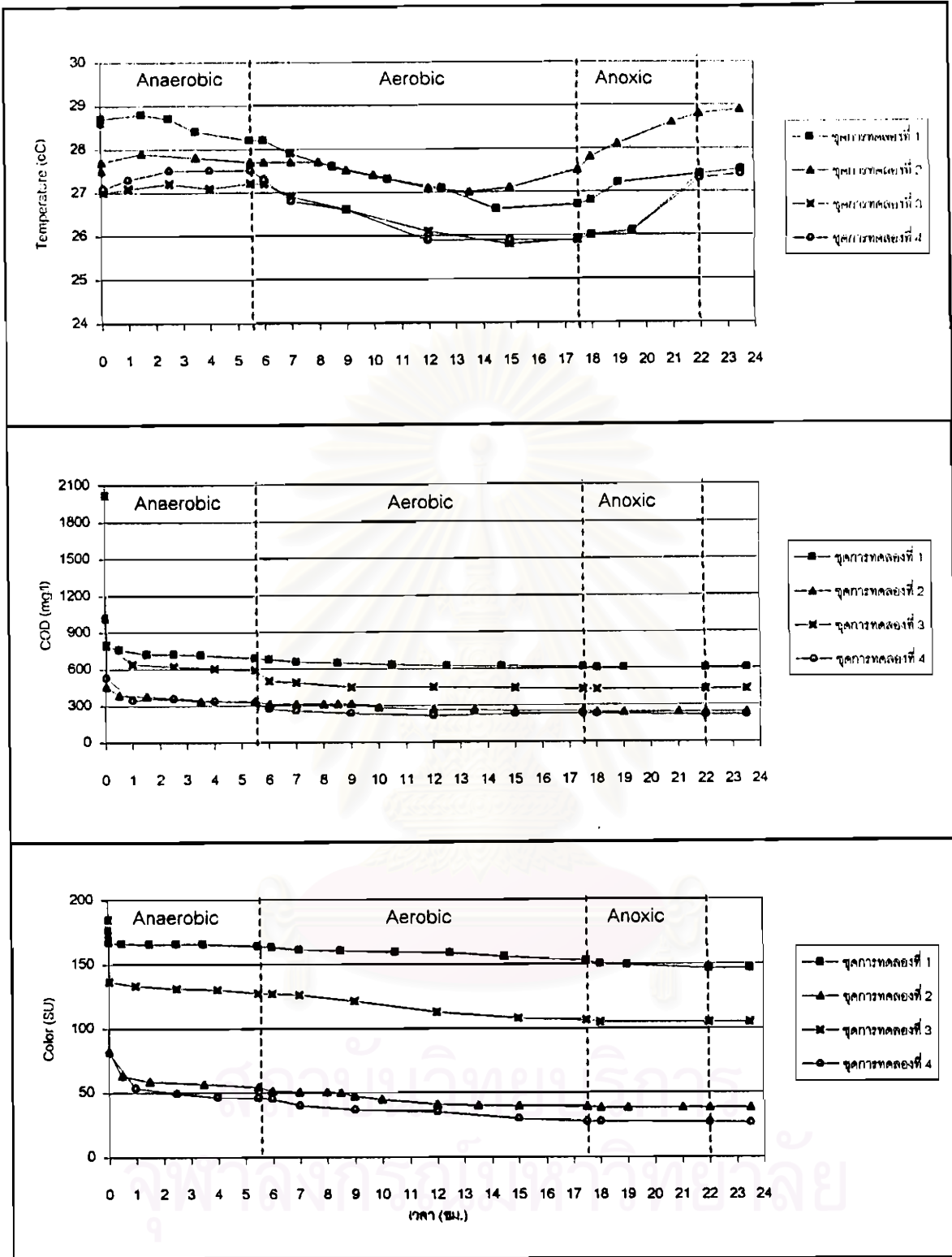
9) โออาร์พี (mV.)

การเปลี่ยนแปลงโออาร์พีของทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน โดยในช่วงเริ่มต้นวางจรมีค่าประมาณ 64 91 และ 53 mV. และมีค่าเท่ากับ 62 -8 และ -19 mV. ที่ปลายแอนแอโรบิก เมื่อทำการเติมอากาศในช่วงแอโรบิกค่าโออาร์พีเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 201 150 และ 155 mV. ที่ปลายแอโรบิก และลดลงจนมีค่าเท่ากับ 102 143 และ 115 mV. ที่ปลายแอนออกซิก

4.4.5 การทดลองครั้งที่ 5

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาวางจรตามช่วงเวลา แอนแอโรบิก-แอโรบิก-แอนออกซิก (5.5-12-4.5 ชม.) ของการทดลองครั้งที่ 5 แสดงดังรูปที่ 4-23 การทดลองครั้งนี้มีทั้งสิ้น 4 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 3 และ 4 เป็นชุดการทดลองที่มีการเติมน้ำตาลทรายในอัตราส่วนซีไอดีน้ำตาลทรายต่อน้ำชะมูลฝอย เท่ากับ 1,000 : 1,000 มก./ล. และได้นำข้อมูลจากการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 มาเปรียบเทียบโดยมีน้ำเสียเข้าเป็นน้ำชะมูลฝอยที่ไม่มีการเติมน้ำตาลทราย มีค่าซีไอดีเท่ากับ 1,000 มก./ล.





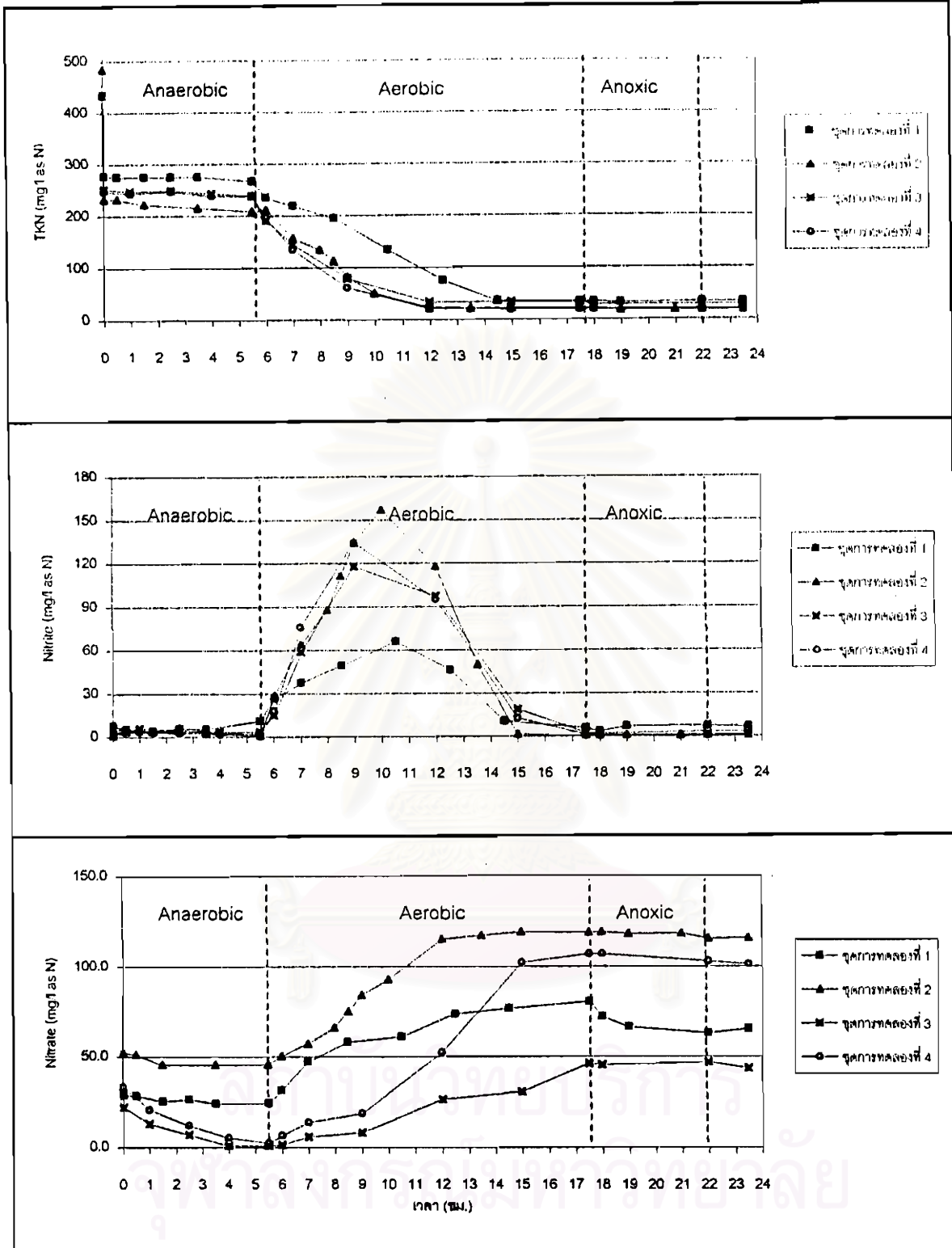
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระฆังผอม 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระฆังผอม 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคคาโบลิม ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระฆังผอม ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคคาโบลิม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระฆังผอม ; 1,000 : 1,000 มก./ล.

รูปที่ 4-23 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 5



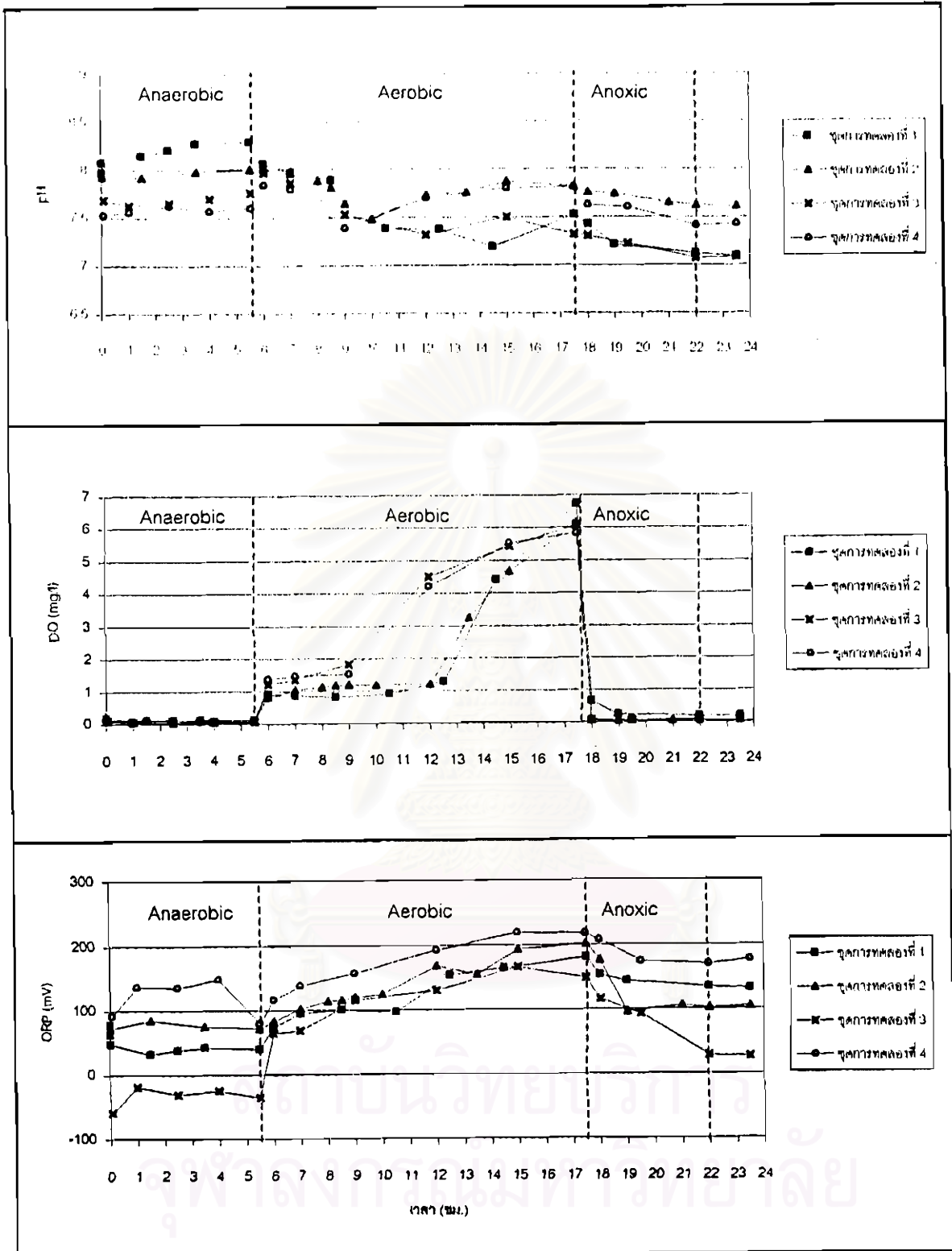
จุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระมัดผอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอย 1,000 มก./ล.

จุดที่ 3 ระบบ SBR + โคเอดาโบลีซีม ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระมัดผอย : 1,000 : 1,000 มก./ล.

จุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคเอดาโบลีซีม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาล : ซีโอดีน้ำระมัดผอย : 1,000 : 1,000 มก./ล.

รูปที่ 4-23 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 5



ชุดที่ 1 ระบบ SBR ซีโอดีน้ำระมัดผอย 1,000 มก./ล.

ชุดที่ 2 ระบบ BPAC-SBR ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำระมัดผอย 1,000 มก./ล.

ชุดที่ 3 ระบบ SBR + โคมตาโบลิม ซีโอดีน้ำตาล: ซีโอดีน้ำระมัดผอย: 1,000 : 1,000 มก./ล.

ชุดที่ 4 ระบบ BPAC-SBR + โคมตาโบลิม ความเข้มข้นผงถ่าน 20,000 มก./ล. ซีโอดีน้ำตาล: ซีโอดีน้ำระมัดผอย: 1,000 : 1,000 มก./ล.

รูปที่ 4-23 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 1 วันจรของการทดลองครั้งที่ 5

จากรูปที่ 4-23 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของชุดการทดลองทั้ง 4 มีดังนี้

1) ซีไอดี (COD ; มก./ล.)

ความเข้มข้นซีไอดีน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 1,020 1,018 2,019 และ 2,019 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อเติมเข้าสู่ระบบความเข้มข้นซีไอดีจะถูกเจือจางด้วยน้ำส่วนที่เหลือในระบบ มีความเข้มข้นเท่ากับ 798 458 794 และ 531 มก./ล. และลดลงจนมีความเข้มข้นที่ปลายแวนแอรอริกเท่ากับ 679 334 592 และ 329 มก./ล. เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแวนแอรอริก ระบบมีความเข้มข้นซีไอดีเท่ากับ 611 244 430 และ 228 มก./ล. ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระบบเข้าสู่ปลายแวนแอรอริก การลดลงของซีไอดีในการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันทั้ง 4 ชุดการทดลอง และสามารถแยกการพิจารณาออกได้เป็น 2 ชุดคือชุดการทดลองที่ 1 กับ 3 และชุดการทดลองที่ 2 กับ 4

การลดลงของซีไอดีในชุดการทดลองที่ 1 และ 3 ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์เข้าสู่ระบบ ชุดการทดลองที่ 1 น้ำเสียเข้าเป็นน้ำชะมูลฝอยซีไอดี 1,020 มก./ล. ส่วนในชุดการทดลองที่ 3 น้ำเสียเข้าเป็นน้ำชะมูลฝอยที่เติมน้ำตาลทรายมีซีไอดีเข้ารวม 2,019 มก./ล. จากรูปที่ 4-23 เห็นได้ว่าการเติมน้ำตาลทรายเข้าสู่ระบบเพื่อให้เกิดกระบวนการโคเมตาบอลิซึมช่วยให้ระบบสามารถกำจัดซีไอดีในน้ำเสียได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตลอดระยะเวลาจริง ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ 4 เป็นชุดการทดลองที่มีการเติมผงถ่านเข้าสู่ระบบ น้ำเสียเข้าระบบเป็นน้ำชะมูลฝอยซีไอดี 1,018 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และในชุดการทดลองที่ 4 น้ำเสียเข้าเป็นน้ำชะมูลฝอยที่เติมน้ำตาลทรายมีซีไอดีเข้ารวม 2,019 มก./ล. จากผลการทดลองการลดลงของซีไอดีไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าในชุดการทดลองที่ 1 และ 3 อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากผงถ่านที่มีอยู่ในระบบ

2) สี (Color ; Su.)

ความเข้มสีในน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 177 173 185 และ 185 Su. และมีความเข้มลดลงเป็น 167 82 137 และ 81 Su. เมื่อมีการเจือจางกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ความเข้มสีลดลงเหลือ 164 54 127 และ 46 Su. เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแวนแอรอริก หลังจากนั้นความเข้มสีที่ปลายแวนแอรอริกเท่ากับ 152 38 106 และ 28 Su. ส่วนที่ช่วงปลายแวนแอรอริกความเข้มสีลดลงเหลือ 146 38 105 และ 27 Su. ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้พบว่าแนวโน้มการลดลงของความเข้มสีในแต่ละชุดการทดลองมีแนวโน้ม และเหตุผลเดียวกันกับการลดลงของความเข้มข้นซีไอดี

3) ทีเคเอ็น (TKN ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 617 484 434 และ 434 มก./ล. และลดลงเหลือ 277 231 252 และ 247 มก./ล. หลังจากการเจือจางกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบสำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ และลดลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 267 208 238 และ 238 มก./ล. ความเข้มข้นทีเคเอ็นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก โดยมีความเข้มข้นที่ปลายแอโรบิก 33 18 33 และ 19 มก./ล. และแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิก เห็นได้ว่ากลไกหลักในการกำจัดทีเคเอ็นคือกระบวนการไนตริฟิเคชันซึ่งอยู่ในช่วงแอโรบิก จากผลการทดลองเห็นได้ว่าการลดลงของทีเคเอ็นมีลักษณะและประสิทธิภาพใกล้เคียงกันทั้ง 4 ชุดการทดลอง แสดงว่าการนำกระบวนการโคเมตาโบลิซึมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR ไม่มีผลต่อการกำจัดทีเคเอ็นในการทดลองครั้งนี้

4) ไนเตรท (NO_3^- ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนเตรทมีน้อยมากในน้ำเสียเข้าระบบ โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.7 0.4 1.2 และ 1.2 มก./ล. และมีความเข้มข้นเท่ากับ 29 53 22 และ 33 มก./ล. เมื่อมีการผสมรวมกับน้ำส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ความเข้มข้นไนเตรทลดลงเล็กน้อยที่ช่วงปลายแอนแอโรบิกสำหรับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 โดยมีค่าเท่ากับ 24 และ 46 มก./ล. ส่วนในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ไนเตรทลดลงจนเกือบเป็นศูนย์เนื่องจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 เป็นชุดการทดลองที่มีการเติมน้ำตาลทรายซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนอินทรีย์ และมีในปริมาณที่พอเพียงสำหรับแบคทีเรีย ดังนั้น ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 เป็นน้ำเสียที่เป็นน้ำชะมูลฝอยเพียงอย่างเดียวจึงมีแหล่งคาร์บอนอินทรีย์น้อย กระบวนการ ดีไนตริฟิเคชันจึงเกิดน้อยตามไปด้วย เมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิกความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยมีความเข้มข้นที่ปลายแอโรบิกเท่ากับ 70 118 46 และ 106 มก./ล. และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนแอโรบิกเท่ากับ 63 116 47 และ 103 มก./ล. ซึ่งถือว่าไม่เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันในช่วงระยะเวลาแอนแอโรบิก เนื่องจากมีแหล่งคาร์บอนอินทรีย์เหลือในระบบน้อยมาก และที่เหลืออยู่ส่วนใหญ่จะเป็นสาร อินทรีย์ประเภทย่อยสลายยาก ซึ่งแบคทีเรียไม่สามารถนำไปใช้ได้

5) ไนไตรท์ (NO_2^- ; มก./ล. - ไนโตรเจน)

ความเข้มข้นไนไตรท์ในน้ำเสียเข้าระบบมีน้อยมาก โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.03 0.14 0.9 และ 0.9 มก./ล. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 7.7 1.0 4.7 และ 3.4 มก./ล. หลังจากผสมรวมกับน้ำเสียส่วนที่เหลือในระบบ สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิก

ความเข้มข้นไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 5.4 0.6 3.7 และ 2.1 มก./ล. มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก และลดลงในช่วงปลายแอโรบิกเช่นกัน จากกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยมีค่าสูงสุดในช่วงแอโรบิกเท่ากับ 66 157 118 และ 134 มก./ล. และมีความเข้มข้นในช่วงปลายแอโรบิกเท่ากับ 5.7 0.6 2.4 และ 1.1 มก./ล. เมื่อเข้าสู่ช่วงแอนน็อกซิกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

6) พีเอช (pH)

การเปลี่ยนแปลงของพีเอชมีลักษณะเดียวกันทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.7 - 8.1 ในช่วงเริ่มต้น และอยู่ในช่วง 7.6 - 8.3 ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิก และลดต่ำลงเมื่อเข้าสู่ช่วงแอโรบิก จากการทำสภาพต่างไปใช้ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน หลังจากนั้นเพิ่มสูงขึ้นที่ช่วงปลายแอโรบิก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.3 - 7.8 และลดลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายแอนน็อกซิกมีค่าอยู่ในช่วง 7.1 - 7.6

7) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO ; มก./ล.)

การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายน้ำของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าประมาณ 0.06 - 0.1 มก./ล. ที่ช่วงปลายแอนแอโรบิก และเพิ่มสูงขึ้นที่ช่วงปลายแอโรบิกอยู่ในช่วง 5.8 - 6.7 มก./ล. ส่วนในช่วงปลายแอนน็อกซิกมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0.06 - 0.1 มก./ล. สำหรับชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ

8) อุณหภูมิ (Temperature ; °c)

อุณหภูมิของชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ใกล้เคียงกันมาก โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.9 - 27.4 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาวงจร ส่วนในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 26.7 - 28.9 องศาเซลเซียส และในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 27 - 28.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่แตกต่างกันนี้เนื่องจากไม่ได้ทำการทดลองในวันเดียวกัน

9) โออาร์พี (mV.)

การเปลี่ยนแปลงโออาร์พีของทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน โดยในช่วงเริ่มต้นวงจรมีค่าประมาณ 48 64 -59 และ 92 mV. และมีค่าเท่ากับ 40 62 -36 และ 80 mV. ที่ปลายแอนแอโรบิก เมื่อทำการเติมอากาศในช่วงแอโรบิกค่าโออาร์พีเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 180 201 148 และ 217 mV. ที่ปลายแอโรบิก และลดลงจนมีค่าเท่ากับ 129 102 28 และ 170 mV. ที่ปลายแอนน็อกซิก

4.5 เซลล์แบคทีเรียในระบบ BPAC-SBR

ในการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียในระบบนั้น เป็นการวัดโดยการนำเซลล์แบคทีเรียรวมกับผงถ่านที่อยู่ในระบบทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้นั้นเป็นความเข้มข้นรวมของเซลล์แบคทีเรีย และความเข้มข้นผงถ่านรวมกัน

ในงานวิจัยครั้งนี้ความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียที่มีอยู่ในระบบจึงเป็นปริมาณที่ได้ประมาณจากการนำค่า $MLSS_T$ (ความเข้มข้นเซลล์แบคทีเรียรวมกับผงถ่าน) ที่ได้จากการทดลองมาลบออกด้วยความเข้มข้นผงถ่านที่ทำการควบคุมไว้ ผลที่ได้จะเป็นความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียที่มีอยู่ในระบบ BPAC-SBR โดยประมาณ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$MLSS = (MLSS_T - \text{ความเข้มข้นผงถ่านที่ควบคุม})$$

จากความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียที่ได้ในตารางที่ 4-15 จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียในชุดการทดลองที่มีการเติมผงถ่านมีแนวโน้มสูงกว่าในชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมผงถ่าน แสดงว่าผงถ่านมีแนวโน้มในการช่วยเพิ่มความสามารถในการเจริญเติบโตของเซลล์แบคทีเรียในระบบ เนื่องจากผงถ่านช่วยในการดูดติดสารที่มีพิษต่อแบคทีเรีย

ในการทดลองครั้งที่ 1 แนวโน้มความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียในชุดการทดลองที่มีผงถ่านมีความใกล้เคียงกัน และมีปริมาณสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการเติมผงถ่าน และเมื่อมีการเพิ่มอายุสัปดาห์ในการทดลองครั้งที่ 2 เห็นได้ว่าชุดการทดลองที่มีค่าอายุสัปดาห์มากกว่าจะมีเซลล์แบคทีเรียสูงกว่า ในการทดลองครั้งที่ 4 แนวโน้มของเซลล์แบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นตามภาวะบรรทุกอินทรีย์ เนื่องจากในชุดการทดลองที่มีการบรรทุกอินทรีย์สูงกว่าจะมีคาร์บอนอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากกว่าทำให้เซลล์แบคทีเรียเจริญเติบโตได้มากขึ้น ส่วนในการทดลองครั้งที่ 5 ชุดการทดลองที่มีการเติมน้ำตาลทรายเข้าสู่ระบบแนวโน้มความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียจะสูงกว่าชุดที่ไม่มีการเติมน้ำตาลทรายอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นผลมาจากระบบได้รับคาร์บอนอินทรีย์สูงกว่า

อย่างไรก็ตามผลของความเข้มข้นเซลล์แบคทีเรียในงานวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าเซลล์แบคทีเรียในระบบ BPAC-SBR สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าในระบบ SBR หรือตา เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นผงถ่าน และเซลล์แบคทีเรียที่มีอยู่ในระบบ BPAC-SBR ที่ได้กล่าวไว้นี้ เป็นเพียงการประมาณเพื่อดูแนวโน้มเท่านั้น

ตารางที่ 4-15 ความเข้มข้นผงถ่าน และความเข้มข้นเซลล์แบคทีเรียในระบบ

การทดลอง ครั้งที่-ชุดที่	อายุสัปดาห์ (วัน)	MLSS. (มก./ล.)	ความเข้มข้นผงถ่าน ในระบบ (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)
1-1*	20	1,152	0	1,152
1-2	20	6,495	5,000	1,495
1-3	20	11,605	10,000	1,605
1-4	20	21,570	20,000	1,570
2-1*	30	2,257	0	2,257
2-2	30	23,550	20,000	3,550
2-3	20	22,695	20,000	2,695
3-1	20	22,350	20,000	2,350
3-2	20	22,695	20,000	2,695
4-1	20	22,695	20,000	2,695
4-2	20	23,916	20,000	3,916
4-3	20	26,928	20,000	6,928
5-1*	20	1,152	0	1,152
5-2	20	22,695	20,000	2,695
5-3*	20	4,500	0	4,500
5-4	20	25,764	20,000	5,764

หมายเหตุ * ชุดการทดลองที่เป็นจุดควบคุม (ไม่มีการเติมผงถ่าน)

4.6 ค่าใช้จ่ายของผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในระบบ BPAC-SBR

ในการประเมินค่าใช้จ่ายจะพิจารณาถึงมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมของกระทรวงวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา โดยมีมาตรฐานความเข้มข้นซีโอดี และสีในน้ำทิ้งดังนี้

- ซีโอดี : ความเข้มข้นซีโอดีไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 400 มก./ล.

- สี : ความเข้มสีต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

โดยการประเมินค่าใช้จ่ายของผงถ่านจะพิจารณาใน 2 กรณี คือ กรณีที่มาตรฐานกำหนดให้มีความเข้มข้นซีโอดีในน้ำทิ้งไม่เกิน 120 มก./ล. และในกรณีที่มาตรฐานกำหนดให้มีความเข้มข้นซีโอดีในน้ำทิ้งไม่เกิน 400 มก./ล. และเป็นการประเมินค่าใช้จ่ายในกรณีที่เป็นการเพิ่มขึ้นจาก

ระบบบำบัดแบบ SBR ธรรมดา แต่จากการศึกษาในครั้งนี้นพบว่าระบบ BPAC-SBR ในชุดการทดลองที่ดีที่สุดสามารถกำจัดซีโอติน้ำแขวนลอยให้มีความเข้มข้นในน้ำออกเท่ากับ 246 มก./ล. ดังนั้นในการประเมินค่าใช้จ่ายของผงด่างจะพิจารณาที่ความเข้มข้นซีโอติน้ำออกไม่เกิน 250 มก./ล. ในกรณีที่ 1 และความเข้มข้นซีโอติน้ำออกไม่เกิน 400 มก./ล. ในกรณีที่ 2

กรณีที่ 1 : ความเข้มข้นซีโอติน้ำออกไม่เกิน 250 มก./ล.

จากความสามารถของระบบในชุดการทดลองที่ 2-3 ซึ่งเป็นระบบ BPAC-SBR ที่มีความเข้มข้นผงด่างในระบบ ณ จุดสมมูลย์ 20,000 มก./ล. อายุสลัดจ์ 20 วัน ระยะเวลาวางจระ 1 วัน มีความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าเท่ากับ 1,018 มก./ล. ความเข้มข้นเท่ากับ 170 Su. สามารถกำจัดซีโอติน้ำแขวนลอยให้มีความเข้มข้นในน้ำออกไม่เกิน 250 มก./ล. ดังนั้นระบบจะต้องการปริมาณผงด่างที่เติมกลับเข้าสู่ระบบวันละ 1.75 กก./ลบ.ม. ราคาผงด่างกัมมันต์ประเภท PL-75 มีราคาประมาณ 50 บาทต่อกิโลกรัม (ราคาขายส่ง) ค่าใช้จ่ายสำหรับผงด่างที่เติมต่อวันจะเท่ากับ 87.5 บาทต่อลบ.ม. และที่ความเข้มข้นผงด่าง ณ จุดสมมูลย์ในระบบเท่ากับ 20,000 มก./ล. นี้ ระบบสามารถกำจัดได้ 76 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความเข้มข้นในน้ำออกประมาณ 41 Su. และจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดสลัดจ์ส่วนเกินที่เพิ่มขึ้นจากระบบ SBR ธรรมดาประมาณ 1.75 กิโลกรัม ต่อน้ำเสียเข้า 1 ลบ.ม./วัน

กรณีที่ 2 : ความเข้มข้นซีโอติน้ำออกไม่เกิน 400 มก./ล.

ในการประเมินค่าใช้จ่ายในครั้งนี้จะประเมินในกรณีที่น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเข้มข้นซีโอติน้ำเข้าประมาณ 1,000 มก./ล. และความเข้มข้นประมาณ 170 Su. ซึ่งเป็นลักษณะสมบัติของน้ำเสียเข้าในการทดลองครั้งที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติน้ำแขวนลอยและสีของระบบ BPAC-SBR ในสมการ 4.1 และ 4.2

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติน้ำแขวนลอย (\%)} = (0.0009 \times \text{ความเข้มข้นผงด่าง}) + 46.01 \dots\dots(4.1)$$

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดสี (\%)} = (0.0017 \times \text{ความเข้มข้นผงด่าง}) + 28.65 \dots\dots (4.2)$$

จากการกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งที่ความเข้มข้นซีโอติน้ำออกไม่เกิน 400 มก./ล. ระบบจะต้องการประสิทธิภาพเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ นำไปแทนค่าในสมการ 4.1 ระบบจะต้องการความเข้มข้นผงด่าง ณ จุดสมมูลย์ เท่ากับ 15,544 มก./ล. ที่ค่าอายุสลัดจ์ 20 วัน ดังนั้นระบบจะต้องการผงด่างเติมกลับเข้าสู่ระบบวันละ 1.36 กก./ลบ.ม. ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับการเติมผงด่างต่อวันเท่ากับ 68 บาทต่อลบ.ม. และเมื่อนำความเข้มข้นผงด่างในระบบไปแทนค่าในสมการที่ 4.2 ระบบจะมีความสามารถในการกำจัดสีเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นความเข้มข้นในน้ำออกเท่ากับ 76.5 Su. และจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดสลัดจ์ส่วนเกินที่เพิ่มขึ้นจากระบบ SBR ธรรมดาประมาณ 1.36 กิโลกรัม ต่อน้ำเสียเข้า 1 ลบ.ม./วัน

เมื่อนำผลของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสีของชุดการทดลองที่ 5-4 ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบ BPAC-SBR เพียงอย่างเดียว มาเปรียบเทียบ ซึ่งคาดว่าระบบจะต้องการความเข้มข้นผงถ่าน ณ จุดสมดุลง่ายต่ำกว่าที่ได้คาดการณ์ไว้ข้างต้น แต่ไม่สามารถแสดงให้เห็นว่าระบบต้องการความเข้มข้นผงถ่าน ณ จุดสมดุลง่ายเท่ากับเท่าไร เนื่องจากในการศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของระบบ BPAC-SBR + กระบวนการโคเมตาโบลีซิม เมื่อมีการแปรค่าความเข้มข้นผงถ่านในระบบ ทำให้ไม่สามารถศึกษาถึงแนวโน้มที่เปลี่ยนไปของประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบได้ อย่างไรก็ตามผลของประสิทธิภาพที่สูงกว่านี้สามารถบ่งบอกได้ว่าความต้องการความเข้มข้นผงถ่านในระบบ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพเพียงพอในการบำบัดซีโอดีให้มีความเข้มข้นตามมาตรฐานน้ำทิ้ง น้อยกว่าระบบ BPAC-SBR เพียงอย่างเดียว โดยในทางปฏิบัติระบบนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีที่มีการก่อสร้างระบบบำบัดรวมระหว่างน้ำเสียชุมชน กับน้ำชะมูลฝอย ซึ่งน้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่มีลักษณะสมบัติที่ย่อยสลายได้ง่าย การนำมาบำบัดร่วมกันจะทำให้ความเข้มข้นของซีโอดี และสี ในน้ำชะมูลฝอยลดลง และมีแนวโน้มที่จะเกิดกระบวนการโคเมตาโบลีซิมเกิดขึ้นในระบบ ซึ่งจะมีลักษณะของกลไกการบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกันกับในชุดการทดลองที่ 5-4



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย