บทที่ 4

การรายงานผลการทดลองและวิจารณ์

ด้วยจุดประสงค์ที่จะทดสอบถึงความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสีย ความเข้มข้นต่ำของบริษัทกรีนสปอต (ประเทศไทย) จำกัดนี้ ได้จัดแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด การทดลองชุดแรกซึ่งจะเรียกว่าการทดลองชุดที่ 1 นั้น เมื่อได้เตรียมจุลินทรีย์ให้พร้อมใช้งานแล้ว จึงเริ่มการทดลองบำบัดน้ำเสียต่อเนื่อง เพื่อหาจุดบกพร่อง ข้อจำกัดและปัญหาที่อาจเกิดแก่ระบบบำบัดนี้ ใช้เวลาในการทดลองชุดที่ 1 นี้รวม 106 วัน โดยแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง การทดลองชุดที่ 2 เป็นการประยุกต์ ผลได้จากการทดลองชุดที่ 1 โดยให้รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น พร้อมทั้งลดเวลากักเก็บน้ำลงจนถึงจุดอิ่มตัวของเครื่องทดลอง โดยจัดแบ่งเป็น 5 การทดลอง ให้คล้ายสภาพการใช้งานจริงรวมเวลาการทดลอง 43 วัน

4.1 ที่มาของจุลินทรีย์และการเลี้ยง

เมื่อประกอบเครื่องทดลองเสร็จ และติดตั้งที่บริเวณโรงบำบัดน้ำเสียของบริษัทฯ ได้ใช้เชื้อนำ (seed) ซึ่งเป็น anaerobic sludge จากโรงบำบัดน้ำเสียที่ห้วยขวางจำนวน 20 ลิตร โดยเติมผ่านเครื่องแยกสามสถานะแล้ว เติมตามด้วยสลัดจ์จากบ่อย่อยสลัดจ์แบบใช้อากาศซึ่งมีความเข้มข้นประมาณ 1% เติมจนเต็ม แล้วปิดฝาให้มิดชิดกันอากาศเข้าแล้วทิ้งให้เกิดการย่อยสลายจนหมดเป็นเวลา 3 เดือน จะเหลือแต่จุลินทรีย์ไร้อากาศอย่างเดียวล้วน ๆ แล้วจึงเริ่มสูบน้ำเข้าถังปฏิกิริยานี้ ด้วยอัตราวันละ 20 ลิตร โดยให้วันเว้นวันเป็นเวลา 1 เดือน จนสลัดจ์จมตัวดีเพราะอยู่ในลักษณะหิวโหย แล้วจึงเริ่มสูบน้ำเสียเข้าวันละ 30 ลิตร ติดต่อกันเป็นเวลา 3 เดือน เพื่อให้คุ้นเคยกับน้ำเสีย เมื่อตรวจสอบน้ำขาออกจากเครื่องทดลองมีลักษณะใสมากแล้ว จึงเพิ่มอัตราสูบเป็นวันละ 60 ลิตร อีกเป็นเวลา 2 เดือน จากนั้นจึงเริ่มทำการทดลองชุดที่ 1

ข้อสังเกตุ : ในการทดลองชุดที่ 1 นี้ ช่วงแรกจะใช้ถังสร้างมีเทนเพียงชุดเดียว เมื่อถึงช่วงกลางของการทดลองที่ 2 จึงได้เพิ่มถังสร้างกรดเพิ่มขึ้นอีก 1 ชุด และใช้ต่อมาตลอดการทดลอง

การทดลองชุดที่ 1 นี้ เป็นการทดลองเพื่อเห็นมุมกว้างของผลกระทบของน้ำเสียนี้ต่อระบบบำบัดแบบยูเอเอส์บี ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง

การทดลองที่ 1	คือช่วงแรกที่ได้รับผลกระทบโดยนับวันการทดลองที่ 1-21
การทดลองที่ 2	นับตั้งต้นใหม่ ตั้งแต่วันที่ 1-67 รวมเวลา 67 วัน
การทดลองที่ 3	นับตั้งแต่วันที่ 68-79 วัน รวมเวลา 12 วัน
การทดลองที่ 4	นับตั้งแต่วันที่ 80-85 วัน รวมเวลา 6 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลองชุดที่ 1

เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแต่ละการทดลองนั้น กระทำขึ้นในลักษณะต่อเนื่อง ดังนั้นผลการทดลองส่วนใหญ่จะแสดงในรูปกราฟและตารางสรุปค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.1

4.2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

เนื่องจากน้ำเสียจริงของโรงงานจะเป็นน้ำแช่ถั่ว และน้ำล้างขวดเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามประเภทของเครื่องดื่มที่บรรจุ สามารถให้ค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติของน้ำเสียเข้าได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียในการทดลองชุดที่ 1

พารามิเตอร์	หน่วย	การทดลองที่			
		1	2	3	4
COD_T	mg/l	923.38	1011.09	1050.54	1260.5
Alkalinity	(mg/l as $CaCO_3$)	513.35	638.21	624.82	610
VFA	(mg/l as HAc)	103.41	450.08	430.08	400
PH		9.10	9.379	9.33	9.12
SS	mg/l	164.75	224.02	190.91	466.67
organic loading	$kgCOD/m^3.d$	0.775	1.011	2.101	3.782

พบว่าลักษณะสมบัติของน้ำเสียเข้า มีความแปรเปลี่ยนมาก ซึ่งค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง

I10219851

4.2.2 ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี

การวัดเปรียบเทียบในรูปซีโอดีทั้งหมดของน้ำเสียเข้าและน้ำเสียออก ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เป็น 94.07, 88.65, 71.18 และ 56.8% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีมีค่าลดลงตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะสารพิษในน้ำเสีย เพราะทางโรงงานได้เริ่มทดลองยาฆ่าเชื้อตัวใหม่ ตั้งแต่ช่วงกลางของการทดลองที่ 2 แม้ว่า การทดลองที่ 1 นั้นจะให้ประสิทธิภาพสูง แต่กลับตกลงเมื่อวันสุดท้ายของการทดลองเพราะได้รับพิษ และยิ่งในช่วงการทดลองที่ 3 และ 4 ได้เพิ่มอัตราสูบขึ้น เพื่อให้ได้ภาระบรรทุกที่เพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้จุลินทรีย์ต้องสัมผัสสารพิษมากขึ้นจนเหลือประสิทธิภาพเฉลี่ยเพียง 56.8% เท่านั้น

4.2.3 การผลิตก๊าซชีวภาพ

จากช่วงการทดลองที่ 1 และช่วงต้นของการทดลองที่ 2 นั้น จุลินทรีย์ยังได้รับพิษน้อย การผลิตก๊าซชีวภาพอันเป็นผลจากปฏิกิริยาชีวเคมีระหว่างจุลินทรีย์สร้างกรดและจุลินทรีย์สร้างมีเทน จะเกิดสม่ำเสมอ แต่ในช่วงปลายการทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อตัวใหม่มีผลโดยตรงต่อจุลินทรีย์สร้างมีเทน ทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพลดลง แม้จะเพิ่มภาระบรรทุกขึ้นหรือให้สารอาหารเพิ่มขึ้น เพราะได้รับพิษเพิ่มขึ้นด้วย จนหยุดให้ก๊าซชีวภาพในการทดลองที่ 4 ให้ค่าเฉลี่ยก๊าซชีวภาพในการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ดังนี้ 15.875, 15.54 และ 11.275 ลิตร/วันตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์ CH_4 ในก๊าซชีวภาพ กลับมิได้ลดลง ทั้งนี้เพราะระบบน้ำเสียความเข้มข้นต่ำนั้น คาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำได้ดี ซึ่งได้ค่าเปอร์เซ็นต์มีเทนเฉลี่ยในการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 90.0, 90.76 และ 90.167% ตามลำดับ

ส่วนผลกระทบของสารพิษ แสดงให้เห็นดังในรูปที่ 4.2 พบว่าในวันที่ 13 ของการทดลอง จุลินทรีย์หยุดผลิตก๊าซเมื่อได้รับสารพิษ แต่ไปให้ก๊าซในวันที่ 19 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าค่าที่ควรผลิตได้ในทางทฤษฎี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ดูดซับสารอินทรีย์ไว้มากในวันก่อน เมื่อสภาวะพิษในน้ำเสียของวันต่อมาลดลง จึงสามารถย่อยสลายเพิ่มขึ้นพร้อมกับสารอาหารชุดใหม่จึงทำให้ได้ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้น

4.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช, แอลคาไลนิตีและ VFA

แอลคาไลนิตี (Alkalinity) สำหรับน้ำเสียนี้มีค่าไม่สูง คืออยู่ระหว่าง 500-800 มก./ล. เทียบเท่า $CaCO_3$ ตลอดการทดลองทั้ง 4 ในน้ำยาออกจะมีแอลคาไลนิตีเพิ่มขึ้นกว่าน้ำเสียขาเข้าอีกเล็กน้อย เนื่องจากได้คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นหลังจากเกิดปฏิกิริยาย่อยสลาย

พีเอช น้ำเสียเข้ามีพีเอชค่อนข้างสูง ทำให้จุลินทรีย์ต้องทนสภาวะที่ไม่เหมาะสมนี้ แต่ก็สามารถให้พีเอชในน้ำออกเฉลี่ยเป็น 7.18, 7.40, 7.525 และ 7.13 ตามลำดับการทดลองทั้ง 4 ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณแอลคาไลนิตีในน้ำเสียเข้าไม่สูง ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป OH^- เมื่อผ่านปฏิกิริยาสร้างกรดแล้ว ทำให้พีเอชลดลงได้มาก ได้ติดตั้งถังสร้างกรดในวันทดลองที่ 41 ของการทดลองที่ 2 เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์ไม่ต้องทนสภาวะที่ไม่เหมาะสม แต่ก็ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดได้ เพราะจุลินทรีย์ได้รับสารพิษมากขึ้น

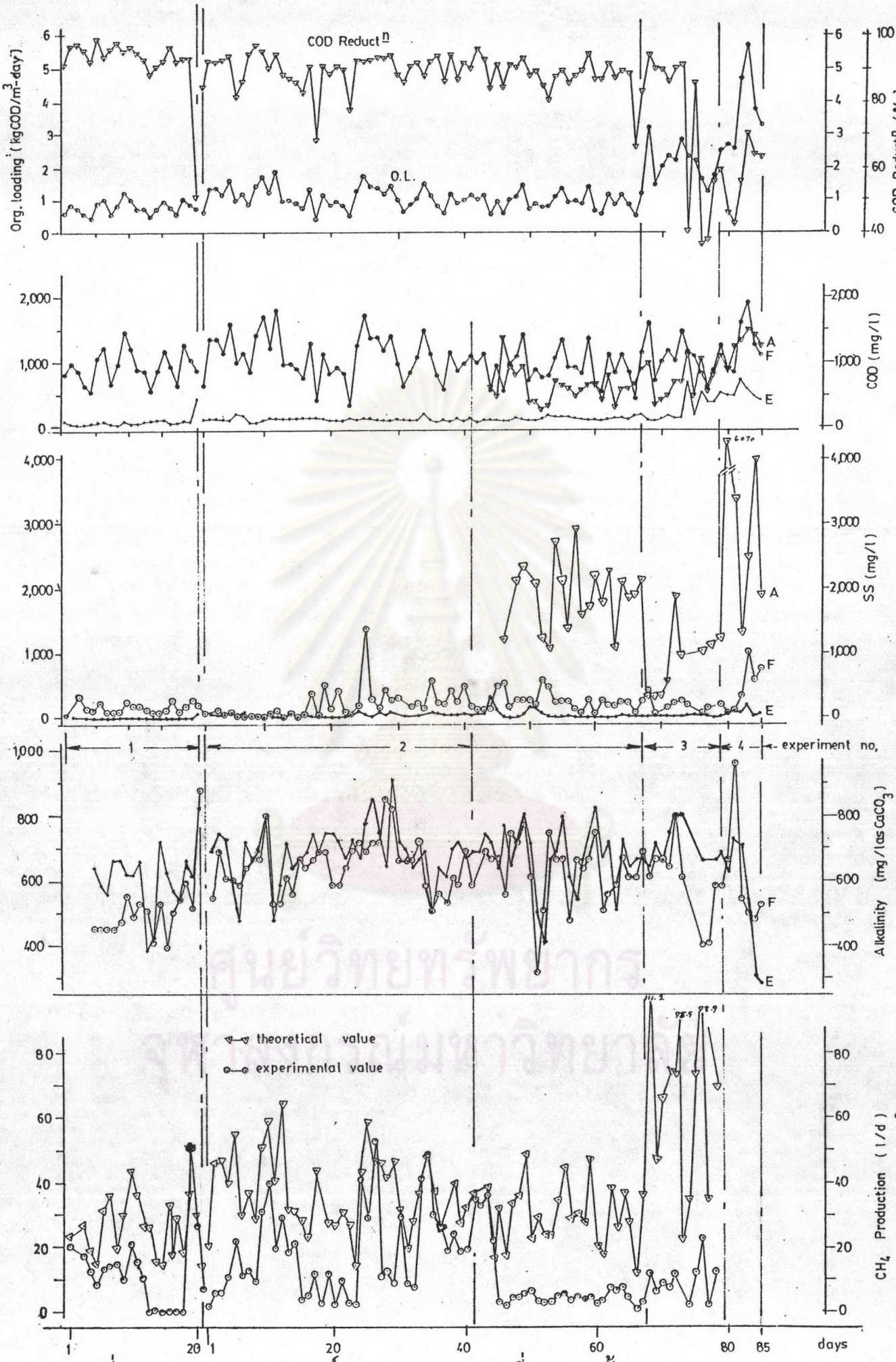
VFA จากค่าเฉลี่ยในการทดลองทั้ง 4 นั้น พบว่าในน้ำเสียออกมี VFA เพิ่มขึ้น ตลอดการทดลองโดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 66.45, 536, 373.9 และ 504.5 มก./ล. เทียบเท่า HAc แสดงว่าการใช้ VFA ของจุลินทรีย์สร้างมีเทนลดลงเป็นผลเนื่องจากสารพิษในน้ำเสีย ในการทดลองที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ย VFA สูง เพราะเริ่มใช้ถังสร้างกรดซึ่งช่วยเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็น VFA ก่อนเข้าถังปฏิกิริยาได้มากขึ้น

4.2.5 สรุป การทดลองชุดที่ 1 นี้ เป็นการทดลองเพื่อให้เห็นปัญหาหรือข้อขัดข้องในการบำบัดโดยระบบยูเอเอสบีนี้ สามารถสรุปปัญหาได้ดังนี้

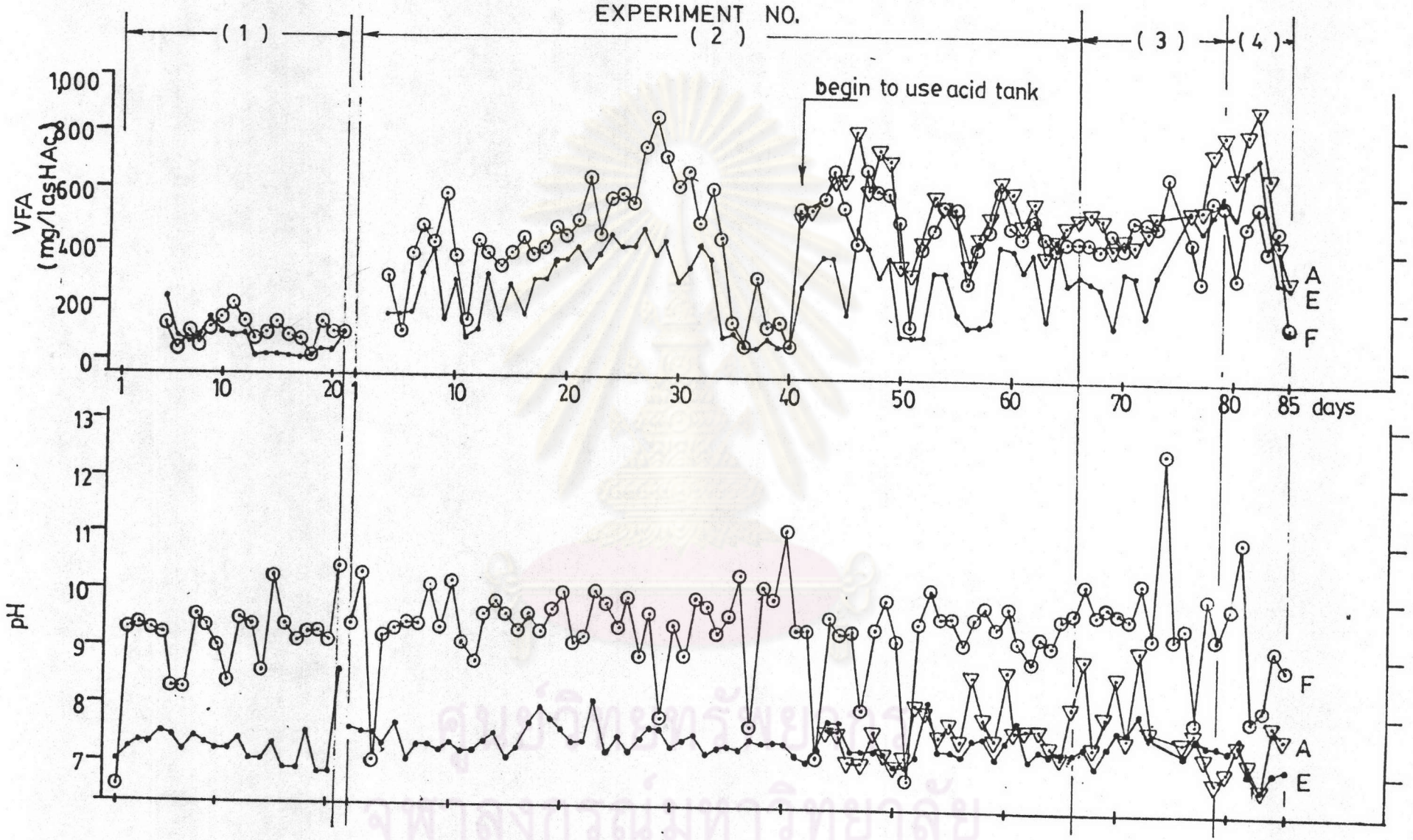
สารพิษ ที่ปะปนมากับน้ำเสียเข้า ซึ่งมาจากกระบวนการล้างขวด และการฆ่าเชื้อในระบบการผลิต มีฤทธิ์ โดยตรงต่อจุลินทรีย์ทุกประเภท

พีเอชสูง เนื่องจาก Rinsing Compound ในกระบวนการล้างขวดใช้ NaOH เป็นหลัก ทำให้เกิดสภาวะไม่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์สร้างมีเทน ซึ่งปัญหานี้ได้แก้ไขโดยจัดสร้างถังสร้างกรดก่อนเข้าถังปฏิกิริยา ช่วยลดพีเอชให้ต่ำลงได้ถึงค่าที่เหมาะสม

ผลของสารพิษนั้นทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงอย่างมาก สามารถแสดงได้จากปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือโดยวัดจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 จุด ดังแสดงในรูปที่ 4.4

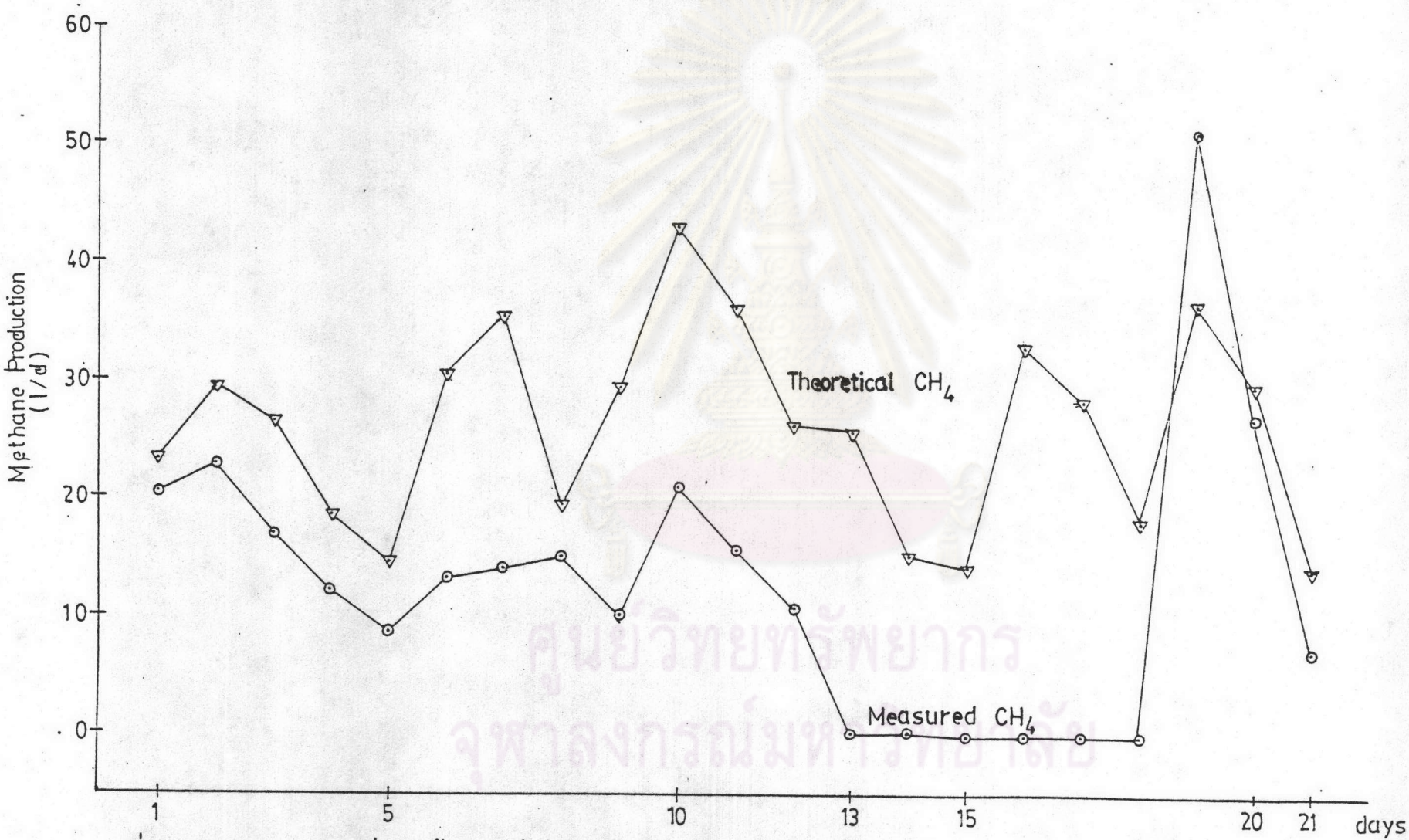


รูปที่ 4.1 แสดงพารามิเตอร์รวมของการทดลองชุดที่ 1 ตลอดทั้ง 4 การทดลอง



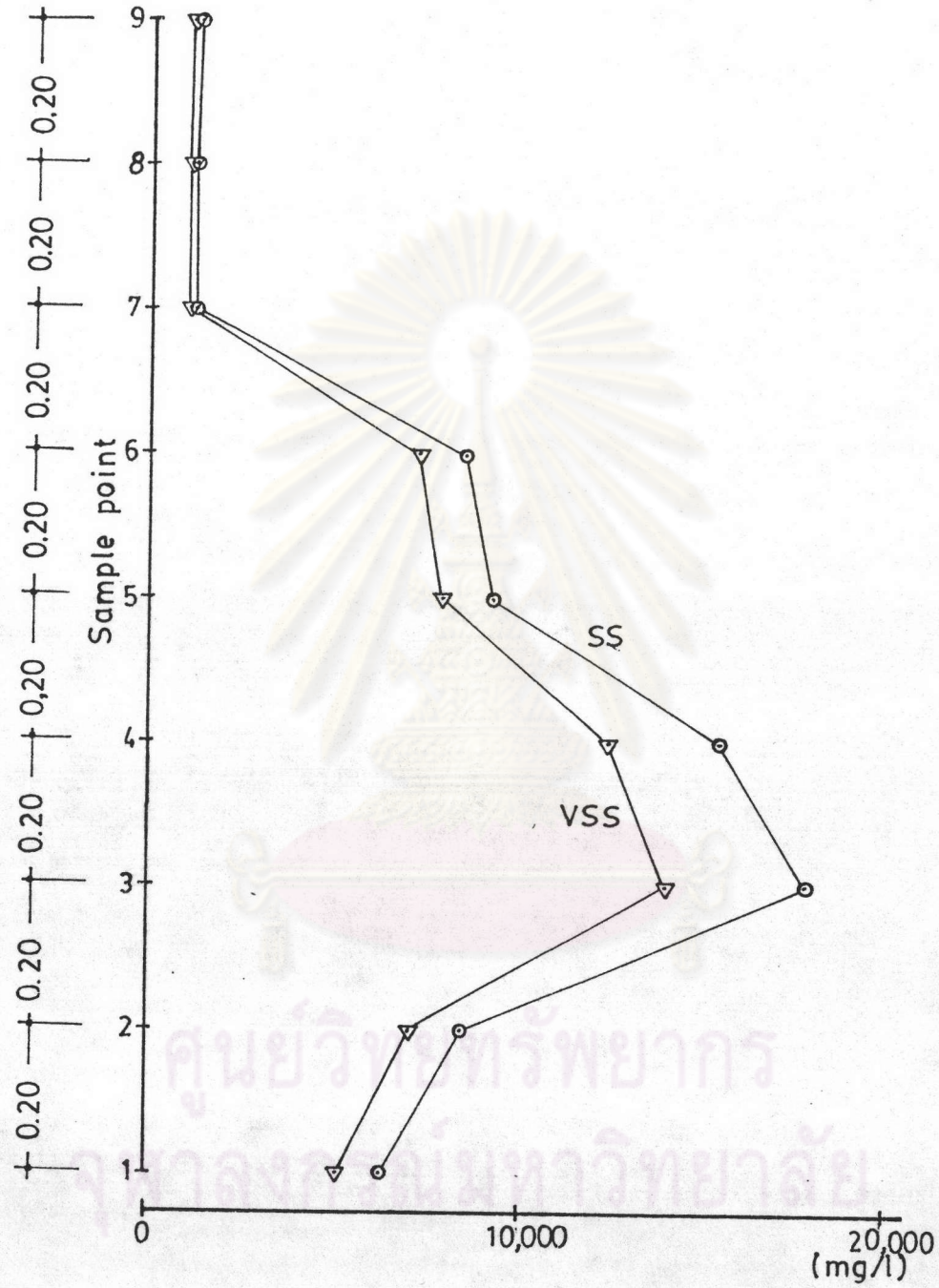
รูปที่ 4.2 แสดงค่า pH และ VFA จากจุดเก็บตัวอย่าง A,E,F ตลอดการทดลองชุดที่ 1

F = ถังเก็บน้ำเสีย
A = หลังจากผ่านถังสร้างกรด
E = น้ำออกจากระบบ



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณมีเทนที่ผลิตได้เทียบกับค่าที่ควรผลิตได้ทางทฤษฎี ในการทดลองที่ 1 ของการทดลองชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือจากการทดลองชุดที่ 1 วัดที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลองชุดที่ 2

การทดลองที่ต่อมานี้เป็นการดำเนินการต่อถึงการแก้ไข ปัญหาจากการทดลองชุดแรก ได้แบ่งเป็นการทดลองย่อยได้ 5 การทดลองดังนี้

การทดลองที่	เวลากักเก็บน้ำ (ช.ม.)	รวมเวลาการทดลอง (วัน)
1	48	12
2	24	8
3	15.9	10
4	8	8
5	4	5

รวมเวลาการทดลองทั้งสิ้น 43 วัน

การวิเคราะห์ผลการทดลองแสดงในรูปกราฟและค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานดังในตารางที่ 4.8

4.3.1 การเตรียมจุลินทรีย์

เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เหลือจากการทดลองที่ 1 เหลือน้อยมาก จึงได้นำสลัดจ์เก่าในรางระบายน้ำเติมลงในถังปฏิกิริยาอีก 15 ลิตร (SS ≃ 2 %) แล้วรอให้จุลินทรีย์จมตัวดีแล้วจึงเริ่มวัด Profile ตั้งต้นก่อนเริ่มการทดลอง ซึ่งแสดงดังในรูปที่ 4.17 ประกอบไปด้วย Profile ของจุลินทรีย์เริ่มต้นการทดลอง และ Profile ในแต่ละวันเก็บตัวอย่างต่อ ๆ มาตลอดการทดลอง

4.3.2 ประสิทธิภาพในการลดซีโอดี

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองที่ 2 นี้มีลักษณะสมบัติดังในตารางที่ 4.2 ซึ่งได้จากค่าสรุปค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตลอดทั้ง 5 การทดลองนั้นได้เพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์แก่ระบบโดยเพิ่มอัตราการสูบตั้งแต่วันละ 53,106,160,318 และ 636 ลิตรตามลำดับ ซึ่งจะได้ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ยเป็น 0.426,0.979,1.569,3.625 และ 4.782 ซึ่งยังคงสามารถให้ค่า

ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีได้เกิน 90% ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และแสดงในรูปกราฟตลอดการทดลองดังในรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	ที่ HRT (ชม.)				
		48	24	15.9	8	4
Inf.COD	mg/l	851.1	975.5	980.6	1209.1	797
PH		9.31	9.46	9.2	8.66	8.24
Alkalinity	mg/l as $CaCO_3$	548.3	570	510	520	556
VFA	mg/l as HAc	190.4	150.6	113.8	201.88	166.8
SS	mg/l	180	183.75	292	305	280
Organic loading	Kg COD/m^3.d.	0.426	0.979	1.569	3.625	4.782

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปรียบเทียบค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เทียบกับประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดี

Organic loading Kg COD/m^3.d.	0.426	0.979	1.569	3.625	4.782
% COD reduction	92.67	94.97	90.46	93.75	89.98

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเร็วน้ำเสียไหลขึ้นที่อัตราสูบน้ำเสียทั้ง 5 การทดลอง

อัตราสูบ (ลิตร/วัน)	53	106	160	318	636
ความเร็วไหลขึ้น (ม./ชม.)	0.125	0.25	0.377	0.75	1.50

ซึ่งแสดงว่าระบบบำบัดนี้ยังรับสารอินทรีย์ได้เพิ่มมากกว่านี้ ส่วนค่าซีโอดีของน้ำออกนั้นต่ำ ดังในรูปที่ 4.6 ให้ค่าเฉลี่ยเป็น 54.75,48.25,92,73.38 และ 73 ตลอดทั้ง 5 การทดลอง ซึ่งมีค่าต่ำมาก เพียงการบำบัดอีกเล็กน้อยก็สามารถปล่อยสู่รางสาธารณะได้

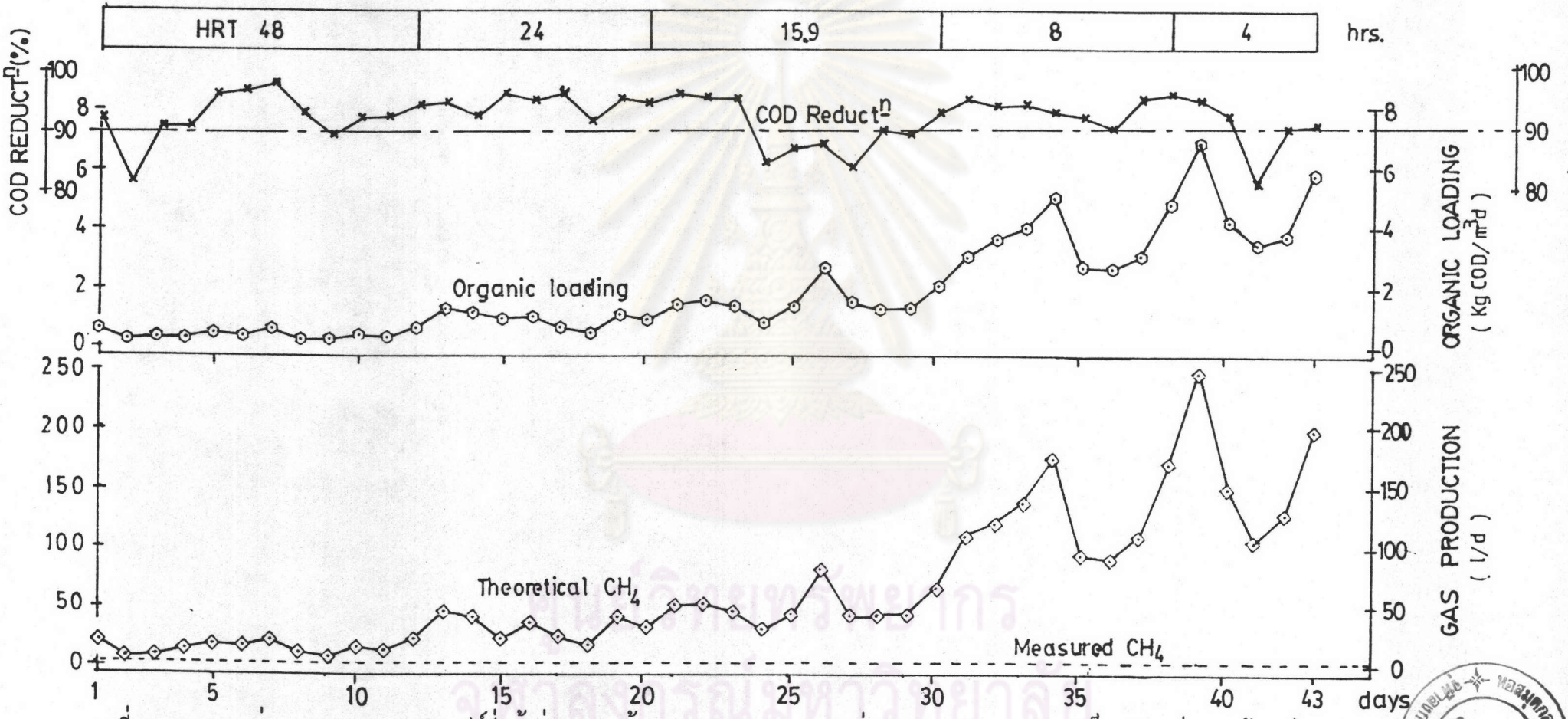
Lettinga et al. (23) ได้ทดลองระบบบำบัดนี้โดยใช้ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนที่ 1.3-1.75 ก.ก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ที่ค่า MRT 24-4 ชม. ให้ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี 75-82%

และเปรียบเทียบผลการบำบัดด้วย Anaerobic Filter ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน ใช้ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เพียง 0.32 ก.ก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ให้ประสิทธิภาพในการบำบัด 79% ด้วยค่า HRT 24 ชม. (11)

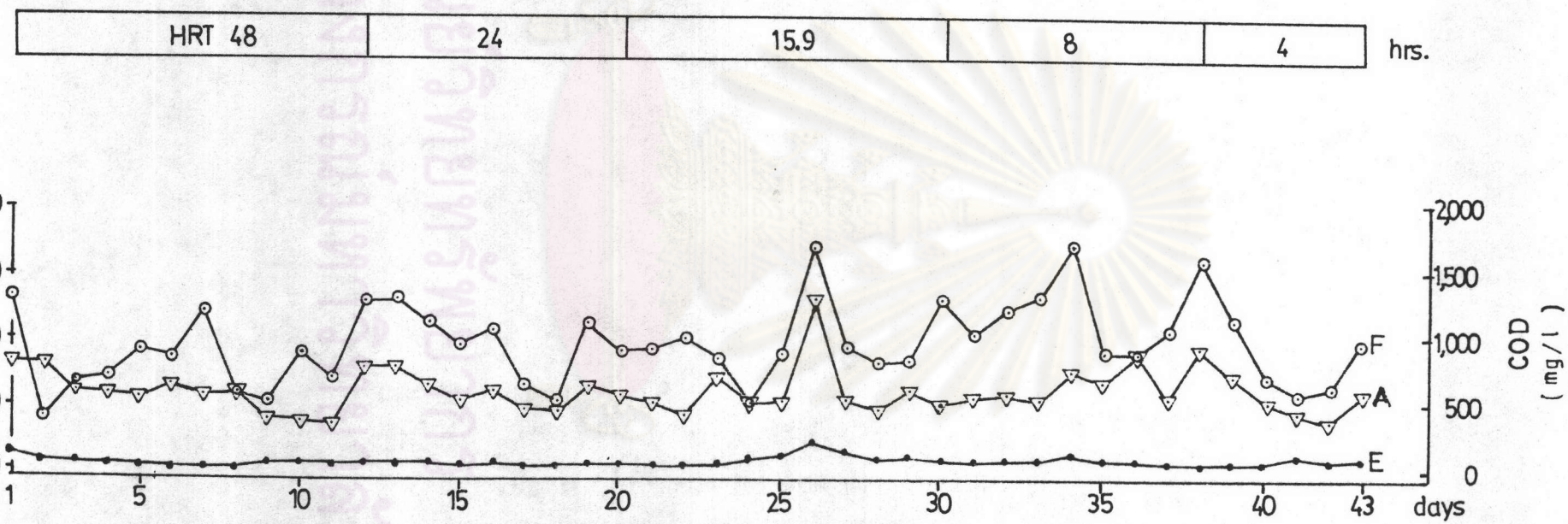
แสดงว่าระบบบำบัดนี้ให้ค่าสูงกว่าการทดลองที่ผ่านมา ทั้งค่าภาระบรรทุกและประสิทธิภาพ

4.3.3 <u>ประสิทธิภาพในการลด SS</u>

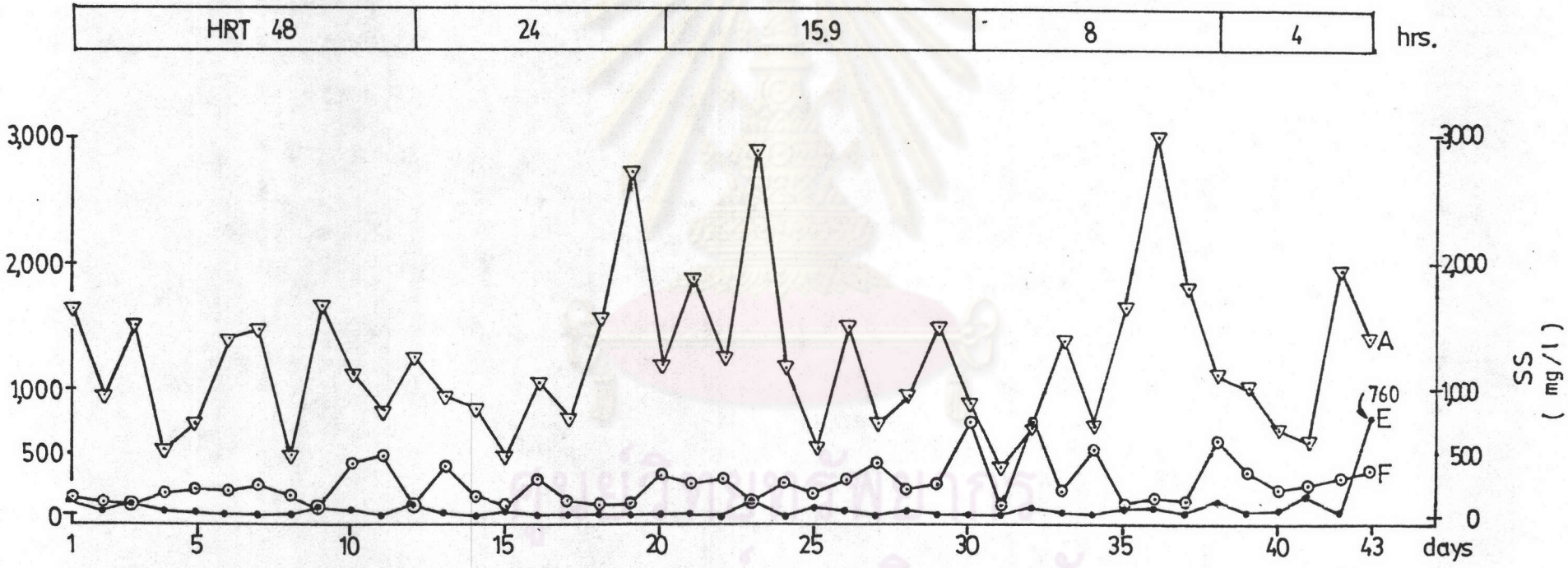
ตลอดการทดลองทั้ง 5 สามารถกัก SS ได้ดี โดยมีค่า SS ขาออกเฉลี่ยเป็น 34.17,9.38,36.5,5.25 และ 194 ตามลำดับ แสดงถึงปริมาณการหลุดออกของ SS ในแต่ละวัน ดังในรูป 4.7 ซึ่งต่ำมาก ส่วนการทดลองที่ 5 กลับมีค่าสูงในวันสุดท้ายถึง 760 มก./ล. ซึ่งเป็นผลจากความเร็วไหลขึ้นของน้ำเสียในถังปฏิกิริยาสูงถึง 1.5 ม./ชม. ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งได้สรุปความเร็วไหลขึ้นของน้ำเสียตลอดทั้ง 5 การทดลอง van der Meer (35) กำหนดให้ใช้ความเร็วไหลขึ้น 1ม./ชม. ผลการทดลองจึงยืนยันข้อเสนอแนะดังกล่าว



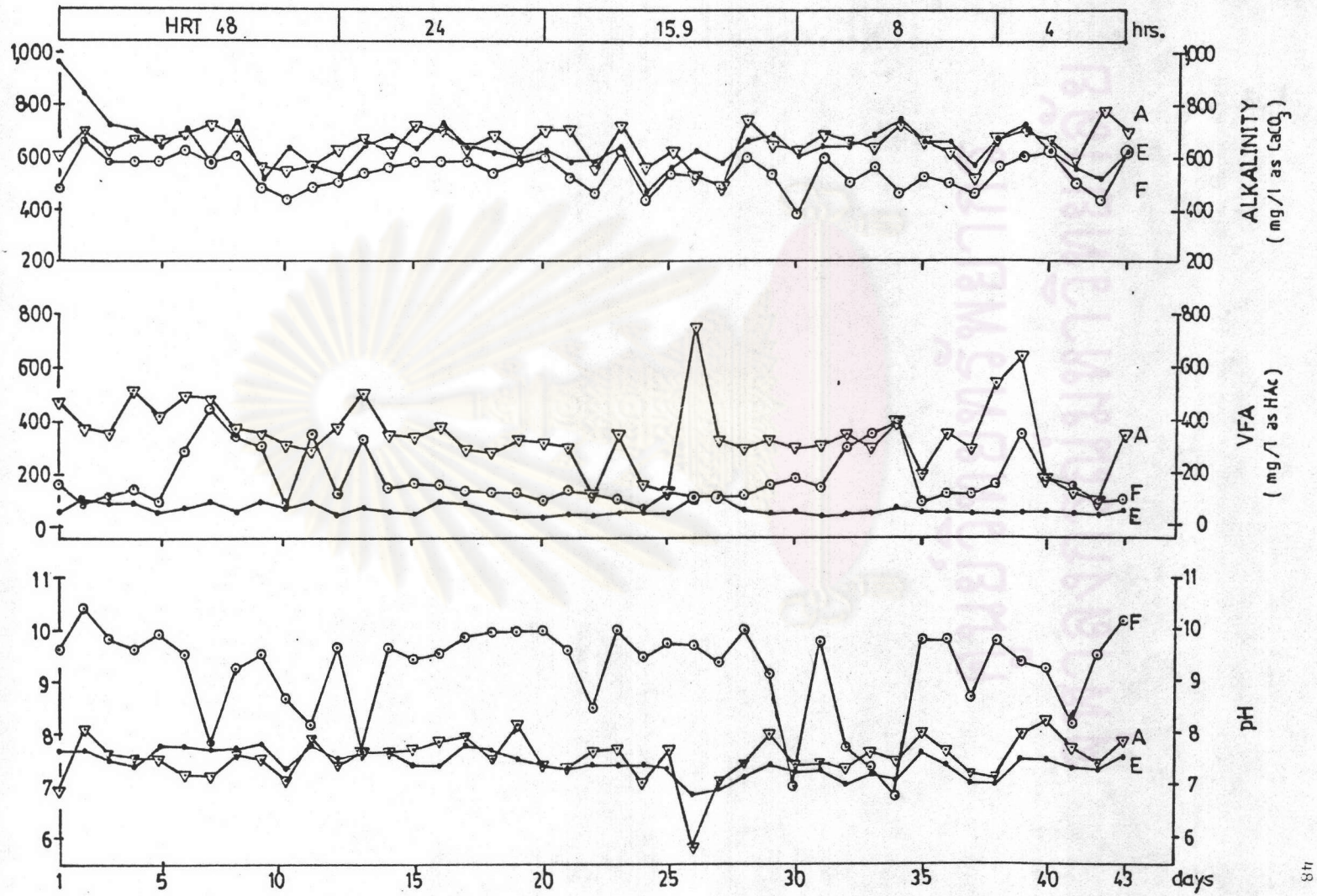
รูปที่ 4.5 แสดงค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ให้แก่ระบบ พร้อมประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี และแสดงปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ในแต่ละวัน เทียบกับค่าที่ควรผลิตได้ตามทฤษฎี ในแต่ละวันทดลองตลอดการทดลองชุดที่ 2



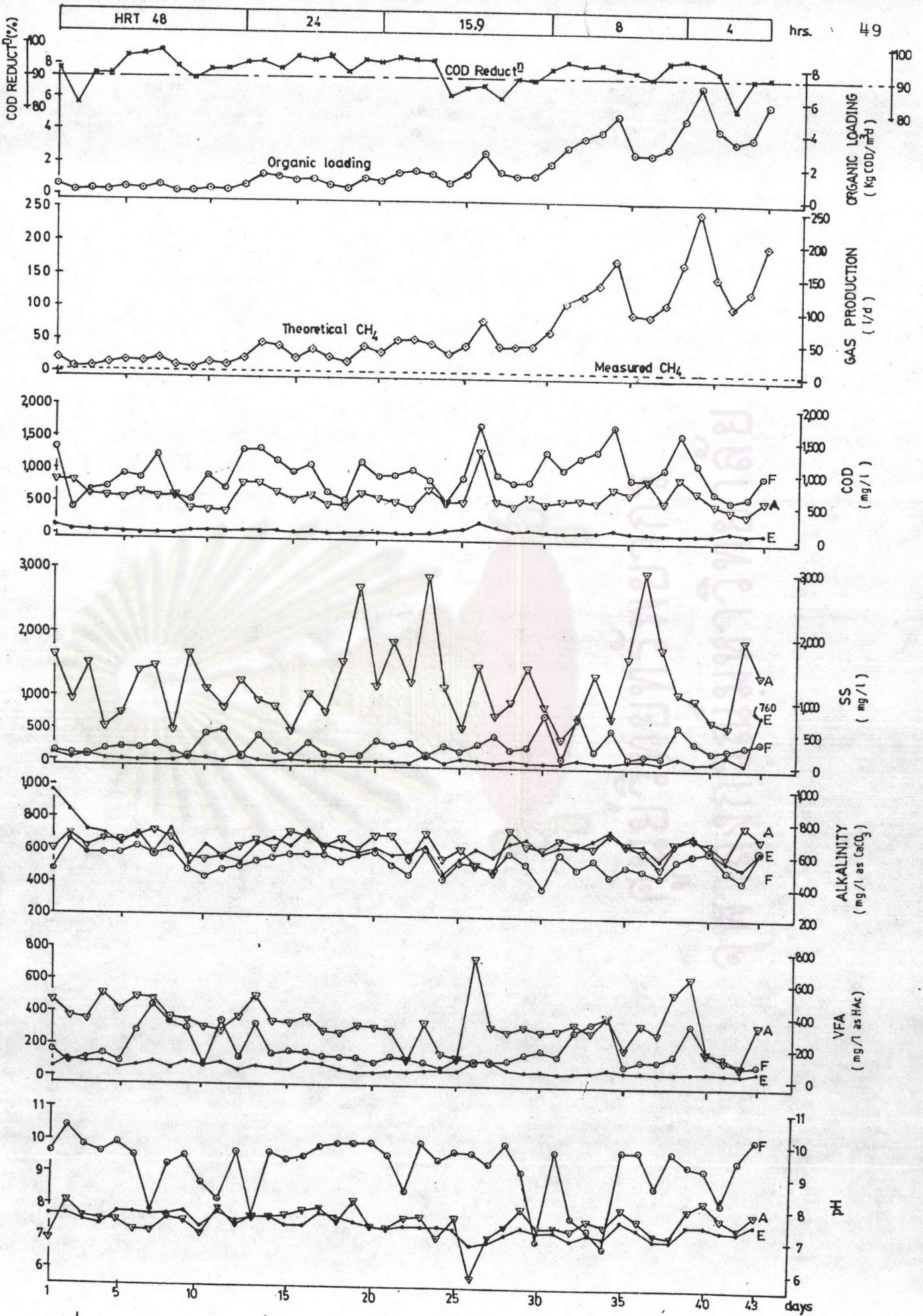
รูปที่ 4.6 แสดงความเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีในแต่ละวันตลอดการทดลองชุดที่ 2 ณ จุดเก็บ F = ถังเก็บน้ำเสีย
A = หลังจากผ่านถังสร้างกรด
E = น้ำออกจากระบบ



รูปที่ 4.7 แสดงค่า ss ในแต่ละวันตลอดการทดลองในชุดที่ 2 ณ จุดเก็บ F = ถังเก็บน้ำเสีย
A = หลังจากผ่านถังสร้างกรด
E = น้ำออกจากระบบ



รูปที่ 4.8 แสดงความเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ Alkalinity, Volatile Fatty acid และpH จากตัวอย่างที่จุดเก็บ F,A และ E ตลอดการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 4,9 สรุปรวมผลและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแต่ละวันของการทดลองชุดที่ 2

4.3.4 ความเปลี่ยนแปลง พีเอช แอลคาไลนิตีและ VFA

สิ่งที่น่าสนใจอีกอันหนึ่งคือ การติดตั้ง ถังสร้างกรด ตักหน้าถังสร้างมีเทน ช่วยปรับสภาพให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์สร้างมีเทน ในรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าปริมาณ SS สูงขึ้นเรื่อย ๆ บ่งถึง จุลินทรีย์สร้างกรดสามารถเจริญเติบโตได้ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพีเอช แอลคาไลนิตี และ VFA ของแต่ละช่วงการทดลอง จากจุดเก็บทั้ง 3 คือ ขาเข้า ผ่านถังสร้างกรด และน้ำออกดังในตารางที่ 4.5 อาจแสดงด้วยกราฟดังในรูปที่ 4.8 ซึ่งแอลคาไลนิตีของน้ำขาออกจะมีค่าอยู่ระหว่างแอลคาไลนิตีขาเข้ากับค่าที่ผ่านถังสร้างกรดแล้ว ส่วนพีเอชและ VFA ของน้ำออกจะมีค่าต่ำกว่าทั้งขาเข้าและส่วนที่ผ่านถังสร้างกรดแล้ว

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติบางตัวของน้ำเสียเข้ากับน้ำเสียที่ผ่านถังสร้างกรด

พารามิเตอร์	หน่วย	HRT (ชม.)				
		48	24	15.9	8	4
VFA	mg/l as HAc	190.4	150.6	113.8	201.88	166.8
		395.25	340.88	299.6	331.5	274.2
pH	-	9.31	9.46	9.2	8.66	8.24
		7.46	7.72	7.285	7.45	7.81
ALK	mg/l as $CaCo_3$	548.3	570	510	520	556
		633.3	667.5	616	647.5	684

หมายเหตุ :

ขาเข้า
สร้างกรด

สามารถสรุปประโยชน์ที่มีถังสร้างกรดคือ

(1) เพิ่มปริมาณ VFA ได้เกือบหนึ่งเท่าตัวที่ HRT < 8 ชม. ส่วนที่ HRT ต่ำกว่าที่ได้น้อยเป็นเพราะน้ำเสียผ่านออกเร็วกว่า

(2) ช่วยลด พีเอชของน้ำเสียขาเข้าให้เหมาะกับจุลินทรีย์ในถังสร้างมีเทน

(3) ช่วยเพิ่ม Alkalinity เพราะ CO_2 ที่เกิดจากการหมัก สร้างกรด เมื่อละลายน้ำจะได้กรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) เมื่อทำปฏิกิริยาต่อกับแอมโมเนียหรือ NaOH จะได้เกลือไบคาร์บอเนต

4.3.5 <u>การผลิตก๊าซชีวภาพ</u>

จากรูปที่ 4.7 แสดงปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนในแต่ละวันจะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้มีค่าสูงสุดไม่เกินวันละ 2.6 ลิตร ซึ่งผิดความจริงมาก จากการตรวจสอบพบว่า ก๊าซชีวภาพหนีหลุดไปกับน้ำเสียตรงบริเวณท่อนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วเข้ากรวยตกตะกอนในชุดแยกล่ามสถานะ เนื่องจากระดับความดันให้ทำงานของเครื่องวัดก๊าซแบบของคักดี้ยัย(40) มีค่ามากเกือบเท่ากับแรงดันที่มีอยู่ในเครื่องแยกล่ามสถานะ ดังนั้นเมื่อยจัดจุลินทรีย์ที่เกาะยึดในท่อนำเข้ากรวยในชุดแยกล่ามสถานะ จึงเท่ากับลดค่าแรงดัน ก๊าซจึงเล็ดลอดออกไปในทางดังกล่าวซึ่งสะดวกกว่าและหนีออกสม่ำเสมอทำให้วัดปริมาณได้น้อยผิดปกติ

นอกจากนี้ตัวก๊าซมีเทนก็ยังละลายน้ำได้ดี โดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำจะเกิดปัญหานี้มาก ดังเช่น

G. Lettinga (22) แสดงปริมาณการละลายของมีเทน ดังในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณก๊าซมีเทนละลายน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ โดยมีค่า Partial Pressure 760 mm.Hg.

Temp.(°C)	Solubility (ml gas at STP.)/l
0	55.6
10	41.8
20	33.1
30	27.6

จากการทดลองของ Kobayashi et al. (11) ได้ทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วย Anaerobic Filter พบว่า แรงดันภายในของถังปฏิกิริยามีค่า 2 นิ้วของน้ำมีค่า partial pressure 496 mm.Hg. ให้ส่วนผสมของก๊าซชีวภาพเป็น N_2 30 % CH_4 65 % และ CO_2 5 % คิดเป็นปริมาณมีเทนได้ 15.1 mg/l และค่าการไหลของระบบเท่ากับ 11 ml/min จะสูญเสียมีเทนวันละประมาณ 0.24 กรัม หรือ 334 ml ที่ STP.

และจากการทดลองของ Mosey et al. (3) ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนด้วยระบบยูเอเอสบี ก็พบปัญหาการวัดก๊าซชีวภาพได้น้อยกว่าปกติมาก เนื่องจากมีเทนละลายน้ำจนเกือบวัดปริมาณไม่ได้ ต้องปรับปรุงเครื่องวัดใหม่

โดยสรุปในการทดลองชุดที่ 2 นี้ ล้มเหลวในการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น เพราะหลังจากนั้นได้ทดสอบให้ก๊าซผุดผ่านใต้น้ำ 6 ซ.ม.ปรากฏว่าก๊าซผุดตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แรงดันหรือความดันที่ต้องสูญเสีย (Pressure loss) ให้กับเครื่องวัดนี้สูงเกินไป ควรปรับปรุงให้เหมาะกับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำต่อไป

4.3.6 <u>การปรับตัวของจุลินทรีย์ให้เป็น Bed-Blanket</u>

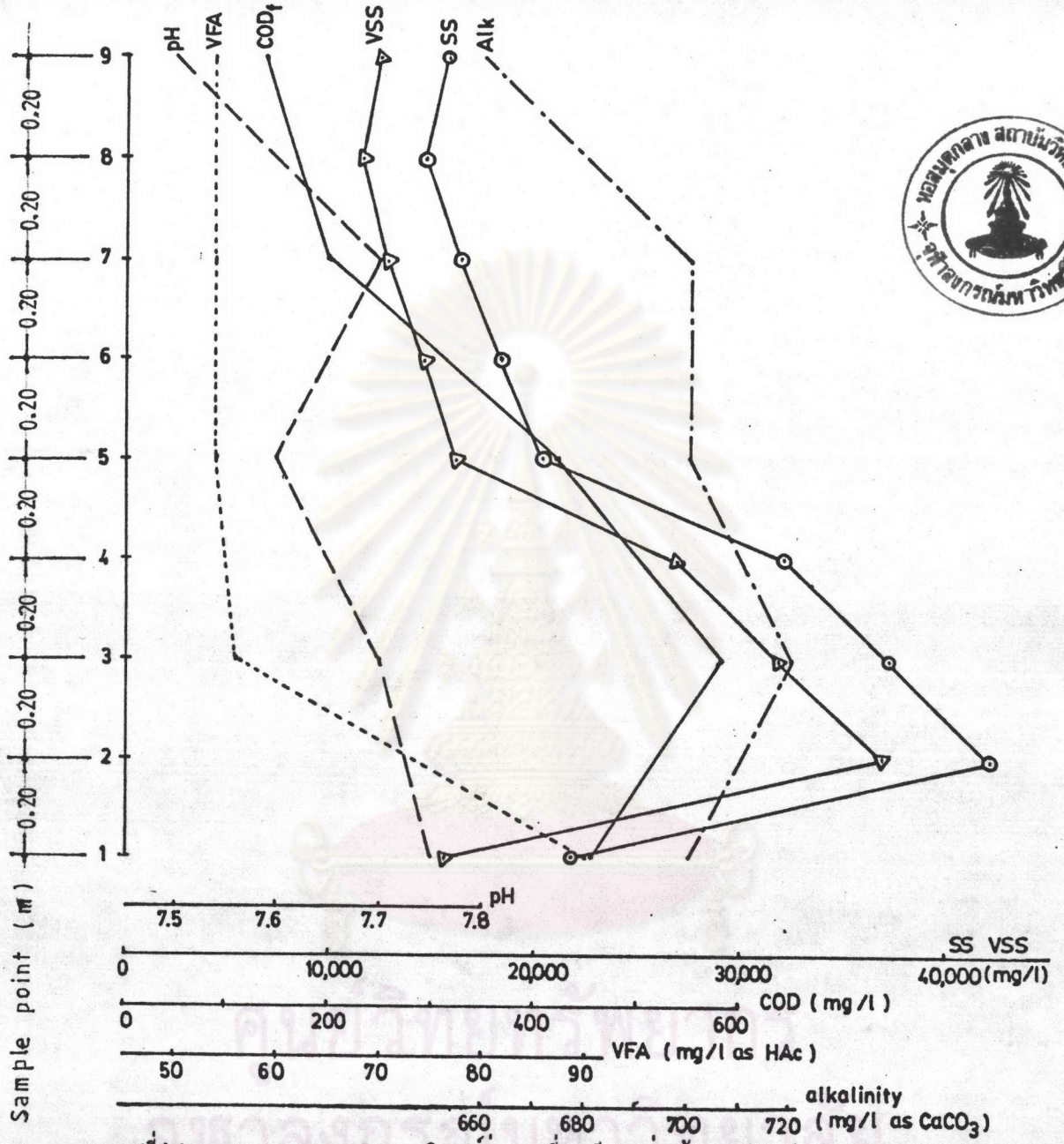
ผลการวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังปฏิกิริยาสามารถสรุปผลแสดงในรูปที่ 4.10,4.11,4.12,4.13,4.14,4.15 และ 4.16 ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงทางพลศาสตร์ของจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยา ให้มีความเข้มข้นมากในส่วนฐาน (Bed) แม้จะมีการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์หรืออัตราการสูบให้ความเร็วไหลขึ้นเพิ่มไปถึง 1.5 ม./ชม. ก็ตาม ก็ไม่รบกวนการปรับตัวส่วนฐาน จุลินทรีย์ยังคงรวมตัวกันแน่นสู่ส่วนก้นของถัง เพื่อรวมตัวกันเป็นก้อนเม็ด (granular) โดยดูได้จาก SS และ VSS ที่เพิ่มขึ้นในส่วนฐาน และส่วนฐานนี้จะกินขอบเขตถึงจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 รวมเป็นความลึกของฐานทั้งหมด 1.75 เมตร ซึ่ง van der Meer (35) ได้ให้ค่าความลึกที่เหมาะสมว่า ควรลึก 1-2 เมตร และที่น่าสังเกตอีกอย่างหนึ่งคือ ฐานหรือส่วนของจุลินทรีย์หนักก้นถังปฏิกิริยาจะเป็นชุมกำลังหลักในการดูดซับสารอินทรีย์ในน้ำเสีย พบว่า 80% ของค่าซีโอดีจะถูกบำบัดใน Bed นี้ จุลินทรีย์ที่พบมีทั้ง Sarcina และ Methanothrix ซึ่งกลุ่มหลังนี้จมตัวได้ดีกว่ากลุ่มแรก

4.3.7 <u>ปัญหาสารพิษในน้ำเสียและการแก้ไข</u>

จากการทดลองทั้ง 2 ชุด เราจะพบปัญหาสารพิษ (toxic) ต่อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้เป็นหลักในระบบฆ่าเชื้อโรค และพวก Rinsing Compound ในระบบล้างขวด ซึ่งมักมีการใช้ dose เกินกว่าค่ากำหนด ทำให้เป็นพิษต่อจุลินทรีย์

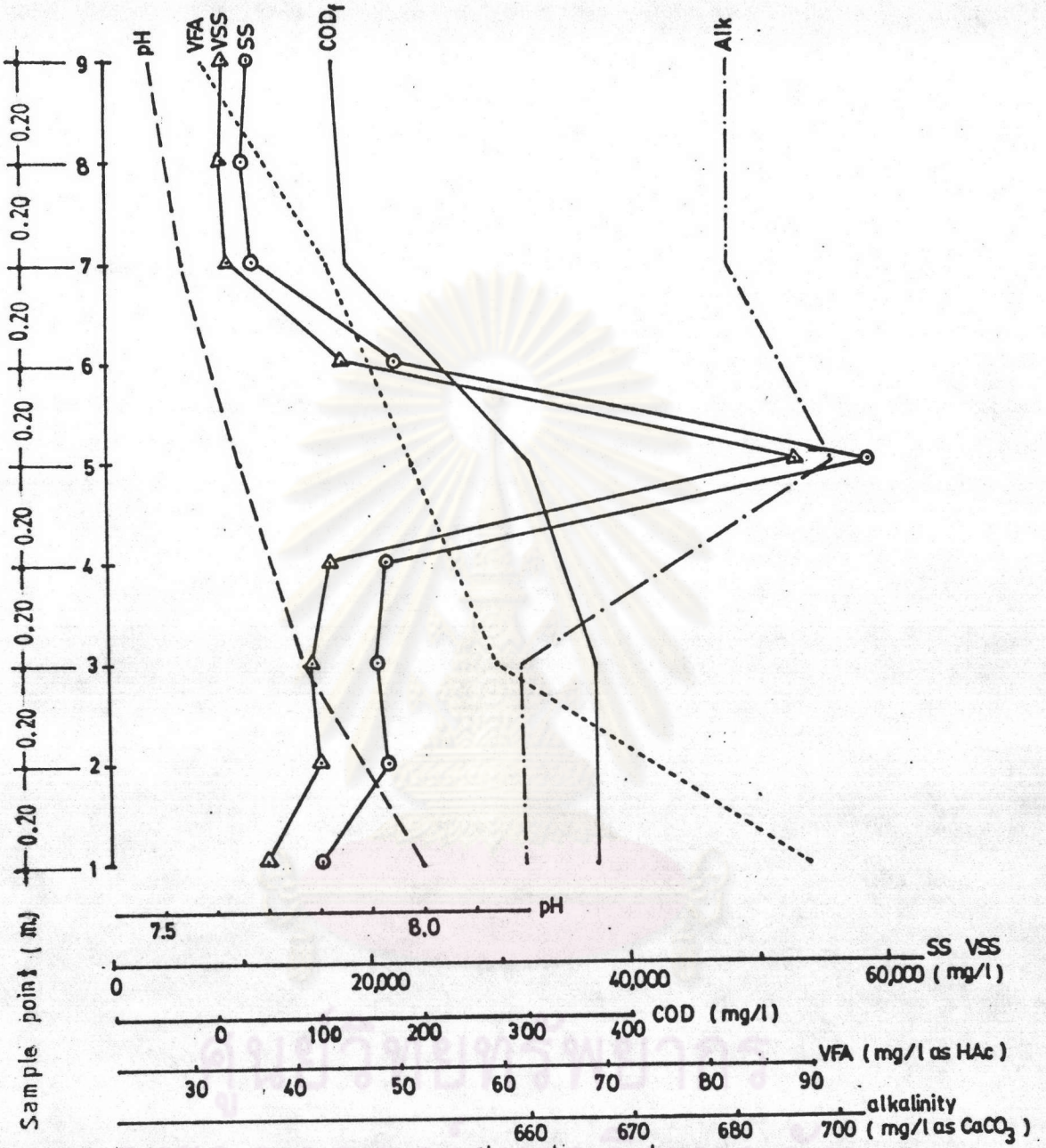
การแก้ปัญหาเมื่อดำเนินการใช้งานจริง ควรสร้าง Equalizing Tank เพื่อช่วยลดปัญหา และการเปลี่ยนแปลงสารเคมีในระบบการผลิต ควรต้องให้เวลาระบบบำบัดน้ำเสีย ปรับให้จุลินทรีย์คุ้นกับสารพิษตัวใหม่เสียก่อน จึงเริ่มใช้ทั้งระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



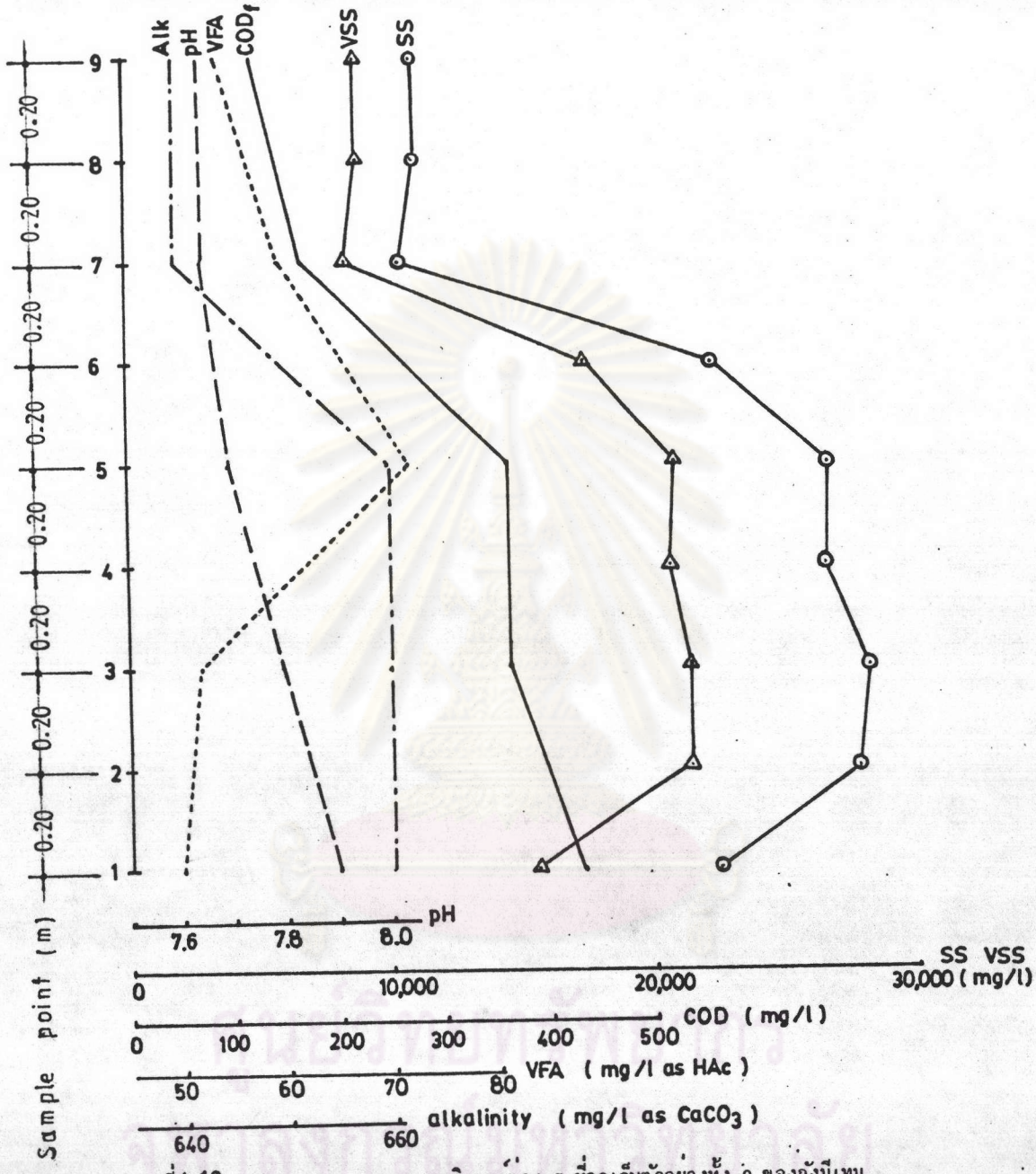
รูปที่ 4.10 แสดง Profile ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังมีเทน วันทดลองที่ 12

อัตราการสูบวันละ 53 ลิตร
เวลากักเก็บน้ำ 48 ชม.
COD_t 1310 มก./ล.



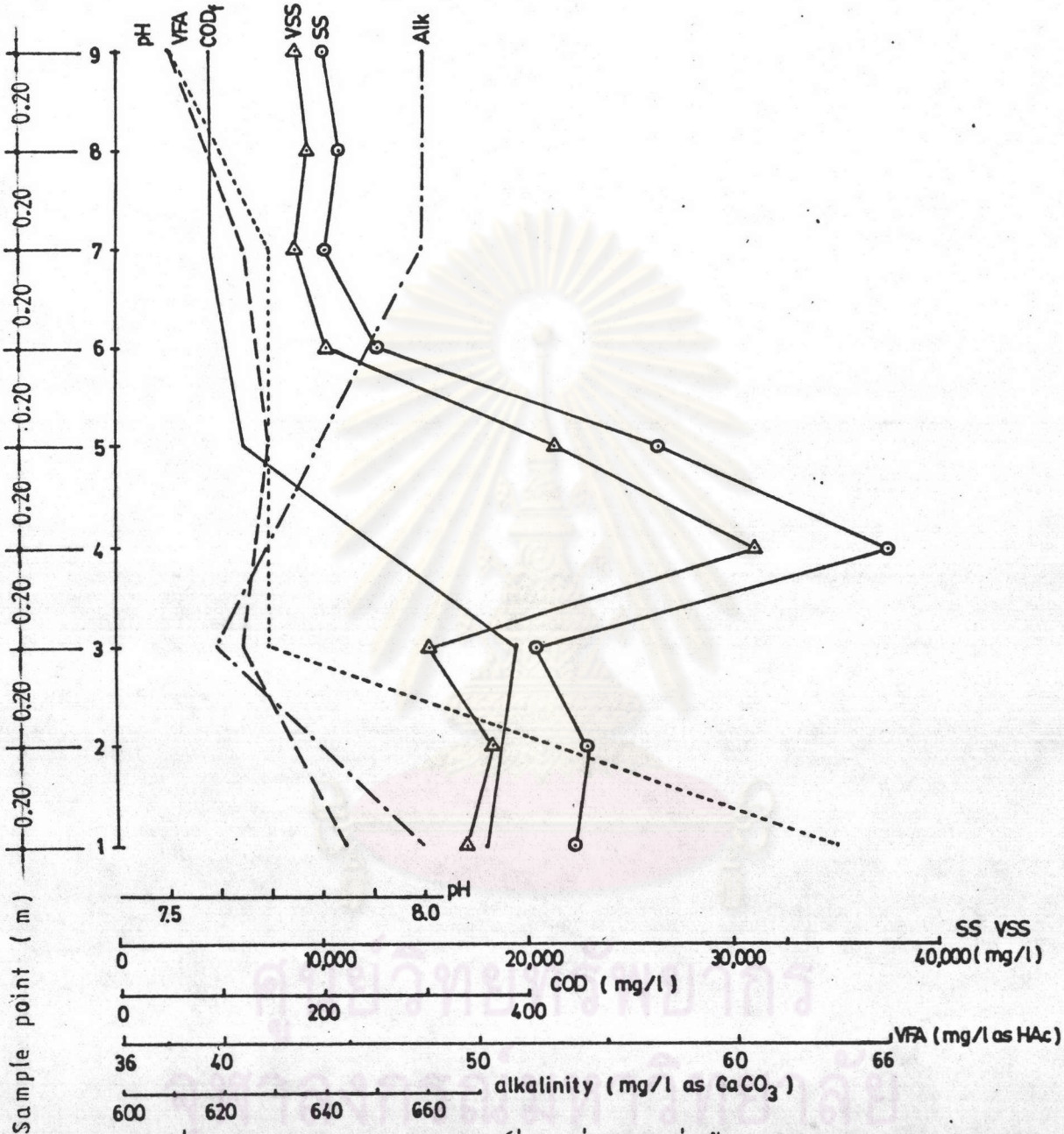
รูปที่ 4.11 แสดง Profile ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังมีเทน
วันทดลองที่ 19

อัตราการสูบวันละ 106 ลิตร
เวลากักเก็บน้ำ 24 ชม.
COD_t 1129 มก./ล.



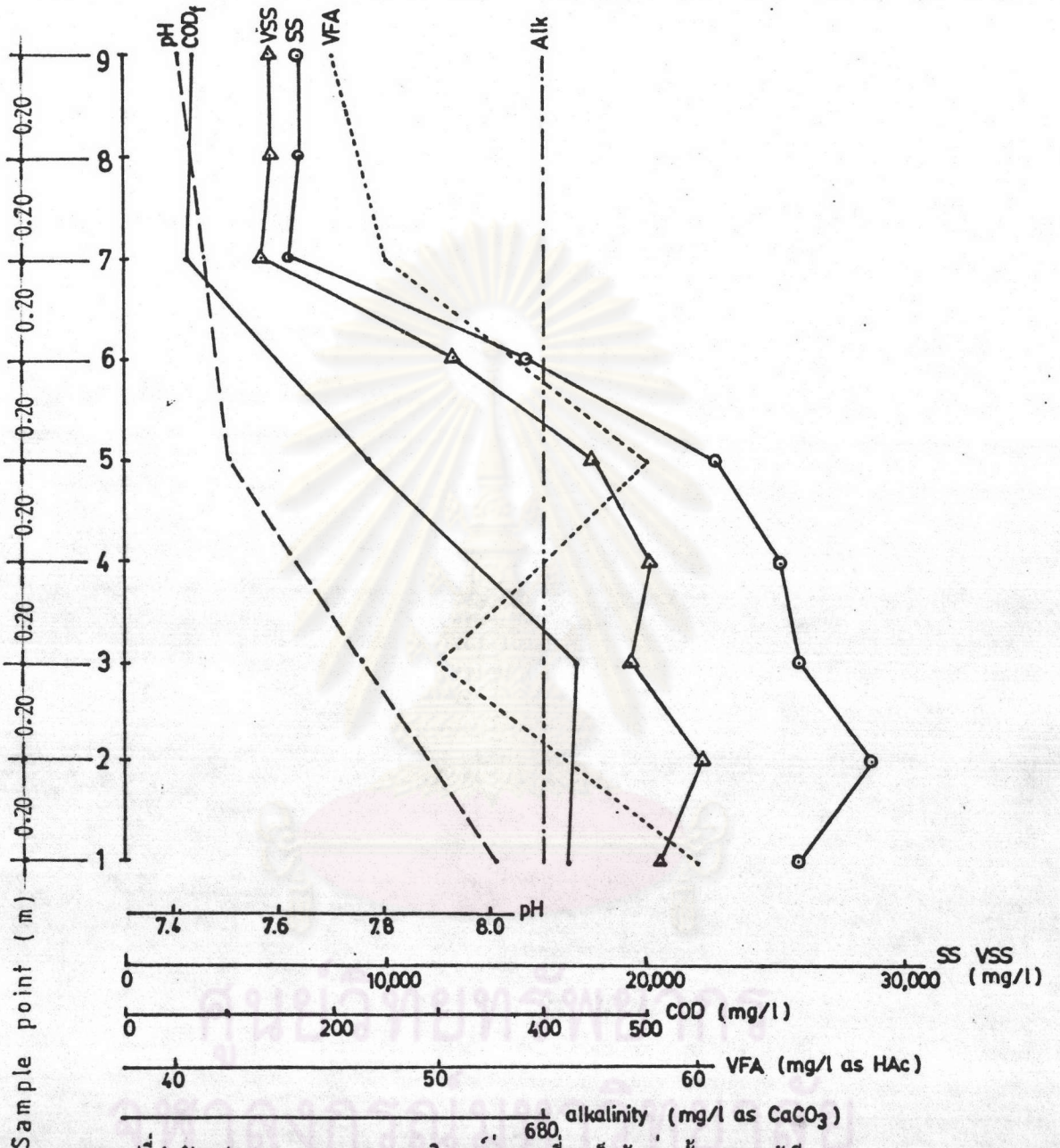
รูปที่ 4.12 แสดง Profile ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังมีเทน วันทดลองที่ 25

อัตราการสูบวันละ 160 ลิตร
เวลาที่กักเก็บน้ำ 15.9 ชม.
COD_t 882 มก./ล.



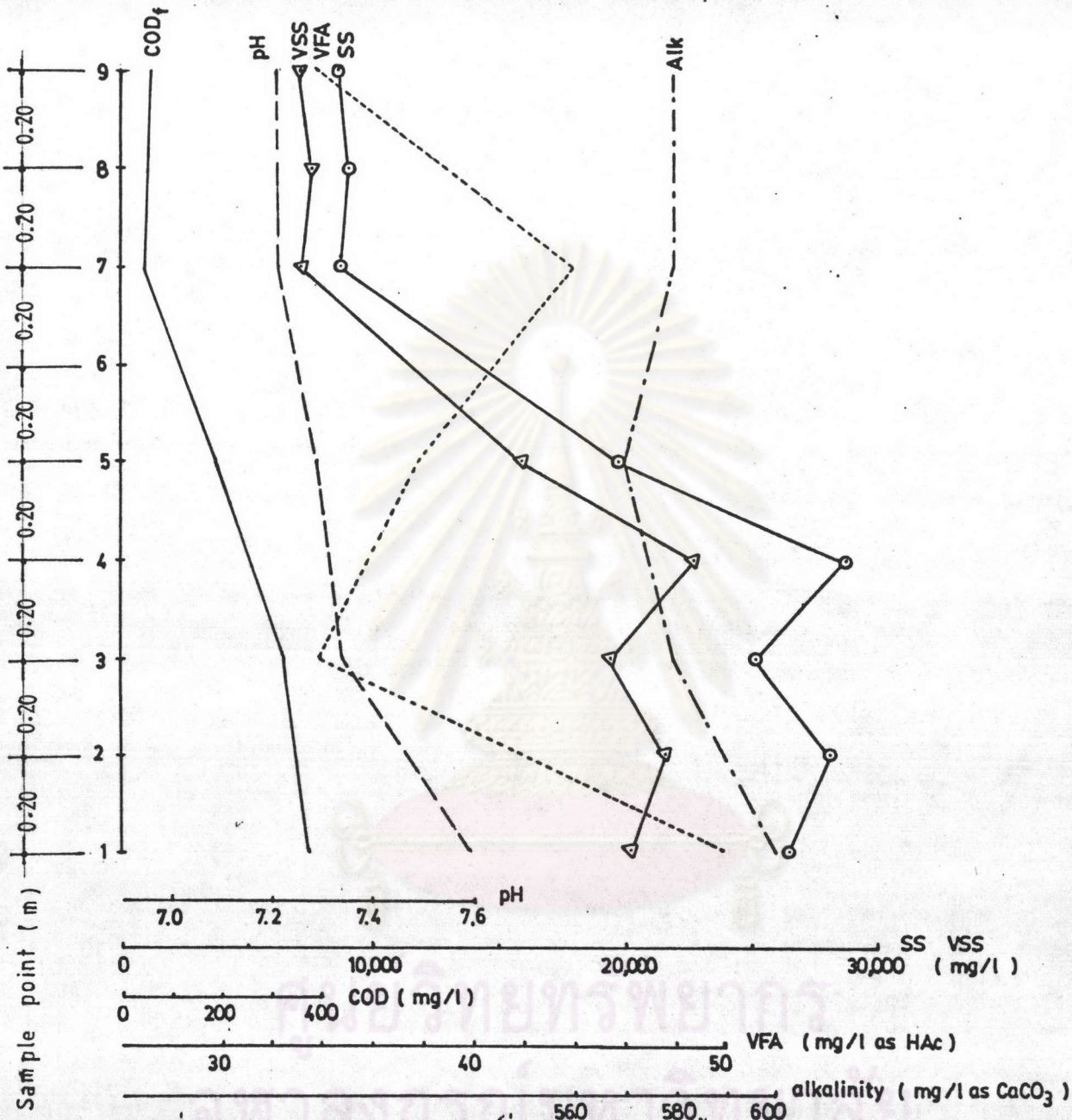
รูปที่ 4.13 แสดง Profile ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังมีเทน วันทดลองที่ 29

อัตราการสูบวันละ 160 ลิตร
เวลากักเก็บน้ำ 15.9 ชม.
COD_t 840 มก./ล.



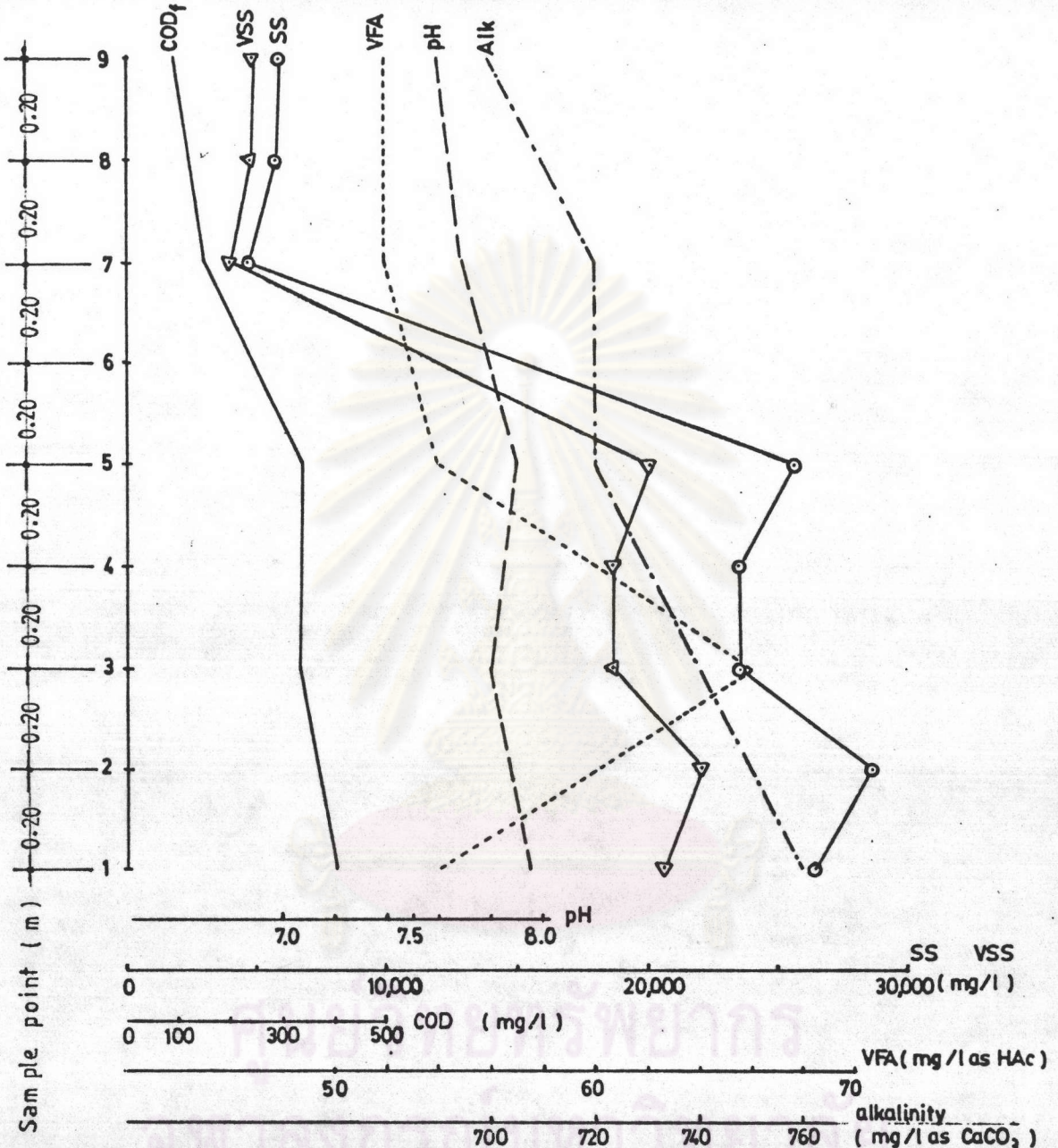
รูปที่ 4.14 แสดง Profile ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังมีเทน วันทดลองที่ 35

อัตราการสูบวันละ 318 ลิตร
เวลากักเก็บน้ำ 8 ชม.
COD_t 896 มก./ล.



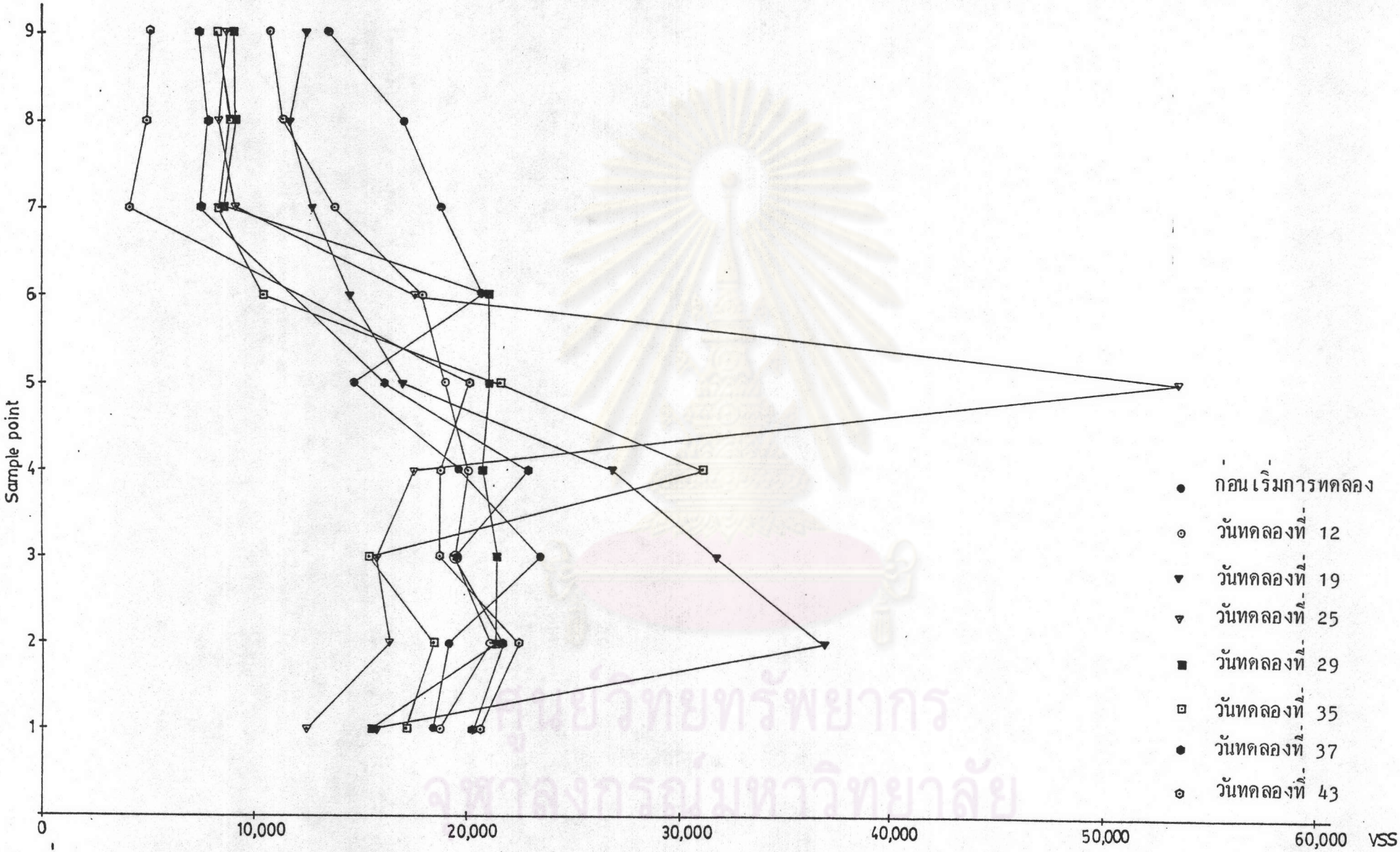
รูปที่ 4.15 แสดง Profile ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังมีเทน วันทดลองที่ 37

อัตราการสูบวันละ 318 ลิตร
เวลากักเก็บน้ำ 8 ชม.
COD_t 1065 มก./ล.



รูปที่ 4.16 แสดง Profile ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังมีเทน วันทดลองที่ 43

อัตราการสูบวันละ 636 ลิตร
เวลากักเก็บน้ำ 4 ชม.
COD_t 956 มก/ล.



รูปที่ 4.17 แสดง Profile เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 ของถังปฏิกิริยาตลอดการทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลการทดลองชุดที่ 1

พารามิเตอร์	หน่วย	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3			การทดลองที่ 4		
		n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}
Influent													
Total COD	mg/l	21	923.38	248.47	67	1011.09	313.51	13	1050.54	282.47	6	1260.5	408.92
Flow rate	l/d	-	89	-	-	106	-	-	212	-	-	318	-
Organic loading	kg COD/m^3.d	21	0.775	0.209	67	1.011	0.314	13	2.101	0.565	6	3.782	1.227
pH		21	9.10	0.776	67	9.379	0.245	13	9.33	0.916	6	9.117	1.151
Alkalinity	mg/l as $CaCO_3$	17	513.35	106.74	42	638.21	98.42	11	624.82	156.84	6	610	182.76
VFA	mg/l as HAc	17	103.41	43.49	63	450.08	168.70	13	430.08	142.56	6	400	148.44
SS	mg/l	20	164.75	83.03	63	224.02	210.79	11	190.91	107.75	6	466.67	373.56
After Acid													
filtrated COD	mg/l	-	-	-	24	621.08	245.76	11	678.09	262.22	6	1260.5	408.92
pH		-	-	-	25	7.682	0.501	10	7.75	0.649	6	7.292	0.413
SS	mg/l	-	-	-	21	1803.33	626.78	10	950	567.24	6	3193.33	1707.52
Alkalinity	mg/l as $CaCO_3$	-	-	-	25	730.08	92.48	10	735.5	79.73	6	650	87.82
VFA	mg/l as HAc	-	-	-	26	536	122.04	9	549.67	142.15	6	628.5	226.37

ต่อตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลการทดลองชุดที่ 1

พารามิเตอร์	หน่วย	การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2			การทดลองที่ 3			การทดลองที่ 4		
		n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}
Effluent													
Total COD	mg/l	20	55.7	24.10	68	104.69	30.87	12	275.67	210.68	6	516	104.46
pH		19	7.18	0.22	67	7.40	0.238	10	7.525	0.257	6	7.13	0.32
SS	mg/l	18	15.28	8.66	64	45.58	52.45	10	14	6.582	6	83.33	55.38
Alkalinity	mg/l as $CaCO_3$	17	627.41	117.15	66	675.89	89.24	10	700.5	58.48	6	626.67	70.05
VFA	mg/l as HAc	17	66.45	54.94	26	536	122.04	10	373.9	157.89	6	504.5	181.76
COD reduction	%	20	94.07	2.819	66	88.65	5.49	12	71.18	23.43	6	56.8	10.91
Total Biogas	l/d	12	15.875	4.759	67	15.54	14.56	8	11.275	6.589	-	-	-
CH_4	%	-	90	-	48	90.76	1.453	6	90.167	0.585	-	-	-
Total CH_4	l/d	-	-	-	67	13.83	13.193	8	10.19	6.017	-	-	-
Theoretical CH_4	l/d	20	27.13	7.602	67	33.566	11.59	12	58.725	29.13			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลการทดลองชุดที่ 2

พารามิเตอร์	หน่วย	HRT 48 ชม.			HRT 24 ชม.			HRT 15.9 ชม.			HRT 8 ชม.			HRT 4 ชม.		
		n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}
Influent																
Total COD	mg/l	12	851.1	301.6	8	979.5	258.4	10	980.6	312.3	8	1209.1	303.9	5	797	243
Flow rate	l/d	-	53	-	-	106	-	-	160	-	-	318	-	-	636	-
Hydraulic detention time	hrs	-	48	-	-	24	-	-	15.9	-	-	8	-	-	4	-
Organic loading	$kg_3COD/m.d$	12	0.426	0.151	8	0.979	0.258	10	1.569	0.499	8	3.265	0.915	5	4.782	1.458
pH		12	9.31	0.749	8	9.46	0.78	10	9.2	0.91	8	8.66	1.25	5	9 .24	0.70
Alkalinity	mg/l as $CaCO_3$	12	548.3	69	8	570	21.38	10	510	72.57	8	520	50.14	5	556	81.73
VFA	mg/l as HAc	12	190.4	127.6	8	150.6	69.3	10	113.8	32.02	8	201.88	118.6	5	166.8	101.02
SS	mg/l	12	180	134.2	8	183.75	126.8	10	292	176.69	8	305	261.75	5	280	79.69
After Acid																
Filtrated COD (COD_F)	mg/l	12	614.5	138.28	8	604.13	104.25	10	617.4	259.40	8	677.5	146.81	5	522	133.61
pH		12	7.46	0.33	8	7.72	0.23	10	7.285	0.597	8	7.45	0.269	5	7.81	0.297
Alkalinity	mg/l as $CaCO_3$	12	633.3	59.29	8	667.5	38.45	10	616	86.82	8	647.5	59.46	5	684	72.66
VFA	mg/l as HAc	12	395.25	75.0	8	340.88	70.52	10	299.6	179.64	8	331.5	101.41	5	274.2	222.39
SS	mg/l	12	1125.8	426.75	8	1193.75	688.58	10	1344	707	8	1336.25	822.14	5	1122	551.24

ต่อตารางที่ 4.๕ แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลการทดลองชุดที่ 2

พารามิเตอร์	หน่วย	HRT 48 ชม.			HRT 24 ชม.			HRT 15.9 ชม.			HRT 8 ชม.			HRT 4 ชม.		
		n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}	n	$\bar{X}$	σ_{n-1}
Effluent																
COD	mg/l	12	54.75	22.22	8	48.25	16.34	10	92	54.1	8	73.38	21.87	5	73	20.95
pH		12	7.64	0.169	8	7.58	0.15	10	7.25	0.21	8	7.22	0.22	5	7.45	0.094
Alkalinity	mg/l as $CaCO_3$	12	686.7	125.1	8	645	38.17	10	596	61.68	8	657.5	50.64	5	608	75.63
VFA	mg/l as HAc	12	73.17	19.97	8	56.25	23.43	10	55.2	24.02	8	44.5	8.05	5	50	5.83
SS	mg/l	12	34.17	30.51	8	9.38	10.5	10	36.5	48.13	8	52.5	41.40	5	194	321.39
COD reduction	%	12	92.67	4.21	8	94.97	1.70	10	90.46	4.55	8	93.75	1.75	5	89.98	4.86
Measured Biogas	l/d	12	0.283	0.327	8	0.35	0.441	10	0.2	0.067	8	0.5	0.363	5	0.72	1.057
CH_4 in Biogas	%	7	88.79	2.454	4	90.63	0.918	7	90.29	0.793	7	90.56	0.658	4	91.4	0.731
exp. CH_4	l/d	12	0.252	0.295	8	0.319	0.406	10	0.181	0.061	8	0.453	0.328	5	0.662	0.974
theoretical CH_4	l/d	12	14.827	5.564	8	32.96	10.228	10	49.88	15.876	8	126.15	32.83	5	166.22	57.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย