



4.1 การเริ่มต้นการทดลอง (start up)

การทดลองเริ่มต้นโดยการนำน้ำโสโครกจากบ่อเกรอะมาเติมลงในบ่อเติมอากาศขนาด 30 ลิตร และบ่อเติมอากาศขนาด 10 ลิตรทุกบ่อจนเต็ม เติมอากาศเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นจึงเริ่มเติมน้ำทิ้งที่มีค่า COD 1,000 มก./ล. ลงในบ่อเติมอากาศขนาด 30 ลิตร และในบ่อเติมอากาศขนาด 10 ลิตรบ่อแรก วันละ 1.0 ลิตรในแบบ Fill and Draw โดยก่อนที่จะเติมน้ำทิ้ง หยุดเครื่องเติมอากาศทิ้งให้เกิดการตกตะกอนในบ่อเติมอากาศ น้ำใส (supernatant) ตกบนออก 1.0 ลิตร แล้วจึงเติมน้ำทิ้งลงไป 1.0 ลิตร ทำเช่นนี้ทุกวันพบว่า ตะกอนจุลินทรีย์จะเกิดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนหลังจากประมาณ 15 วันจึงเริ่มการทดลอง

ในการทดลองระยะแรก ได้เติมน้ำทิ้งเข้าสู่อุปกรณ์เติมอากาศทั้งสอง ระบบในอัตราวันละ 2 ลิตร/วัน ในลักษณะต่อเนื่อง (Continuous Flow) หลังจากทดลองไปได้ประมาณ 12 วัน พบว่าตะกอนจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศทุกบ่อ มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น คือปริมาณ MLSS ในบ่อมากกว่าในน้ำทิ้งที่นำมาทำการกำจัด ทั้งนี้เพราะทอร์ระบายน้ำออกจากบ่อเติมอากาศแต่ละบ่อมีขนาดเล็ก และอัตราการไหลของน้ำทิ้งต่ำมาก จึงทำให้ตะกอนส่วนใหญ่ตกค้างอยู่ในบ่อเติมอากาศและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น การทำงานของบ่อเติมอากาศจึงอยู่ในสภาวะ Activated Sludge แทนที่จะเป็นแบบ Aerated Lagoons ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกการกำจัดแบบ Continuous เปลี่ยนมาเป็นแบบ Semi-Continuous โดยเติมน้ำทิ้งวันละครั้ง ในลักษณะ Fill and Draw

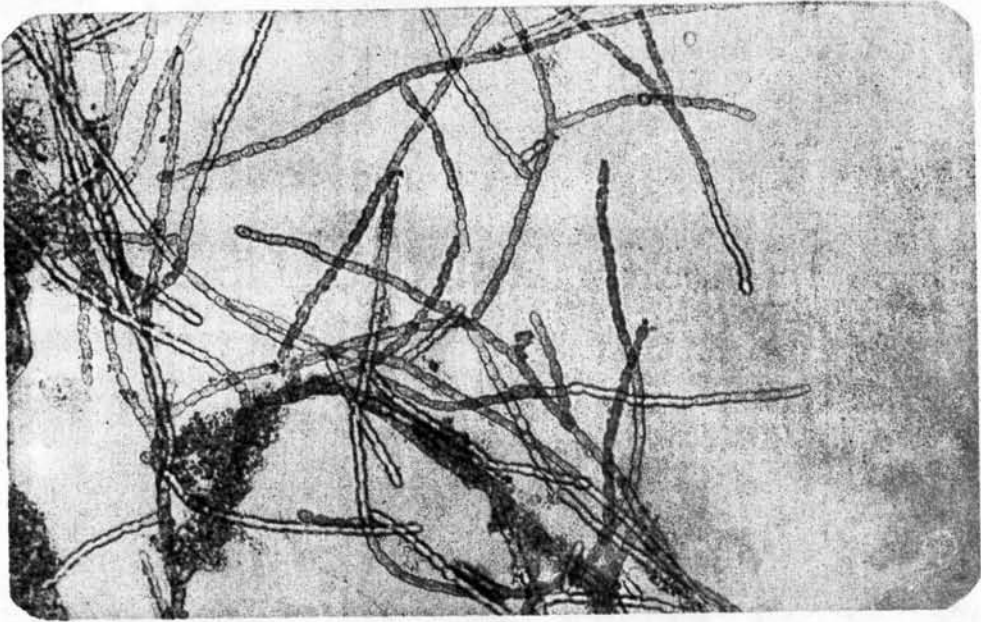
4.2 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์

ในการทดลองในช่วงที่เวลาในการเติมอากาศนานกว่า 15 วัน ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในระบบเป็นแบคทีเรีย แต่เมื่อเวลาในการเติมอากาศลดลงเหลือประมาณ 6 วัน พบว่าตะกอนจุลินทรีย์จะเปลี่ยนแปลง เกิดเชื้อจุลินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวดำเพิ่มมากขึ้น จนมีมากกว่าตะกอนแบคทีเรีย รูปที่ 4.1 แสดงภาพเชื้อจุลินทรีย์ที่มองเห็นในกล้องจุลทรรศน์ จากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ (สาขาวิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวไม่ใช่เชื้อรา (Fungi) ตามที่สงสัย แต่คาดว่าเป็นอัลจี (Algae) มีงูสอยสีเขียวคลอโรพลาสต์ที่สามารถดำรงชีพโดยการใช้กลูโคส (Glucose) เป็นอาหาร เนื่องจากการทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อยังไม่เสร็จสิ้น จึงไม่สามารถสรุปชนิดของจุลินทรีย์ได้แน่ชัด การที่มีจุลินทรีย์เส้นยาวทำให้ปริมาณของตะกอนเพิ่มขึ้น นำในบ่อเติมอากาศจะกวนคลำดังแสดงในรูปที่ 4.2 อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบกำจัดมลพิษคอลลอยด์และตะกอนดังกล่าวแยกออกจากน้ำทิ้งได้ง่ายโดยการตั้งทิ้งไว้ให้จมตัวหรือกรองออก

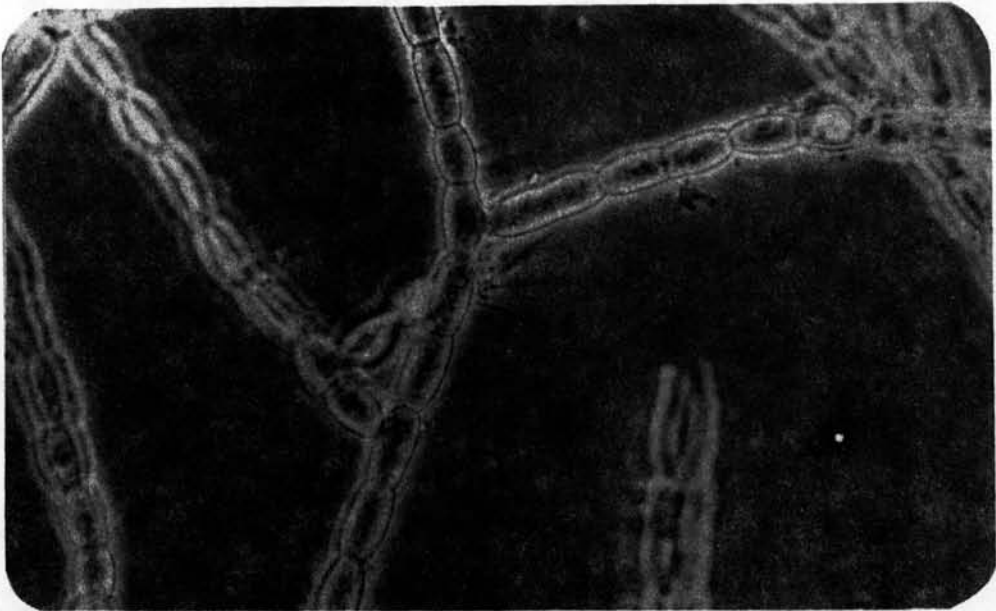
ในระยะแรกเข้าใจว่าเชื้อจุลินทรีย์เส้นยาวนี้เป็นเชื้อรา (Fungi) จึงได้ทดลองกำจัดโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งวิธีนี้ STAMBURG and BISHOP (1973) เคยใช้โดยศึกษาการควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นเส้นยาว พบว่าวิธีนี้ใช้ไม่ได้ผลในกรณีนี้ จึงทดลองเลี้ยงตะกอนใหม่อีก 3 ครั้ง ทุกครั้งพบว่าเมื่อลดเวลาในการกำจัดเหลือ 6 วัน จะมีอัลจีประเภทนี้เกิดขึ้น ดังนั้นการกำจัดน้ำทิ้งนี้ในช่วงเวลาเติมอากาศต่ำกว่า 6 วันจึงมีอัลจีเป็นข้อควรสำคัญในการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง

ปรากฏการณ์นี้ไม่ทราบสาเหตุแน่ชัด คาดว่าอาจเป็นเพราะเมื่อลดเวลาในการกำจัดจนเหลือ 6 วัน ปริมาณอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ (F/M Ratio) จะเพิ่มเป็น 0.285 (547/6/320) จึงมีค่าสูงถึงระดับที่จุลินทรีย์ชนิดเส้นยาว

รูปที่ 4.1 ออองไมบอดีพลาสมา

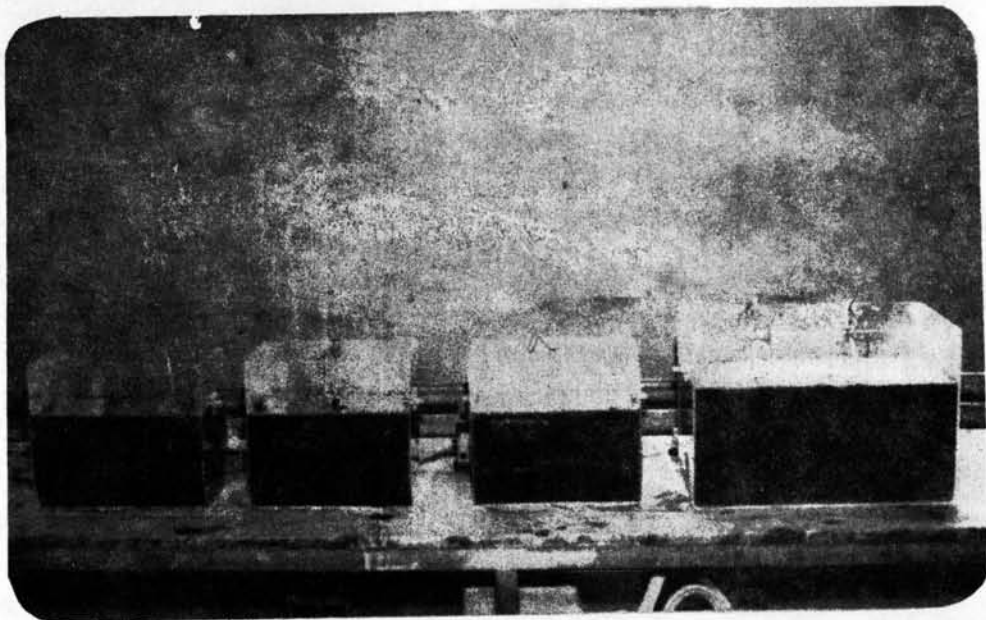


ก. ภาพขยาย 150 เท่า

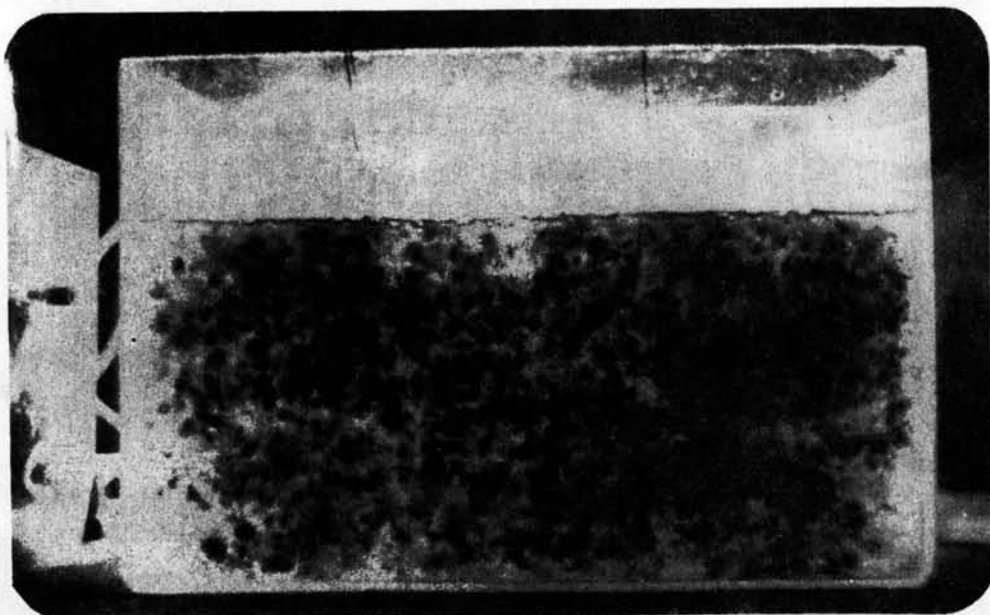


ข. ภาพขยาย 400 เท่า

รูปที่ 42
ก. นอเทพอากาศ



ข. ยัดฉีปนอเทพอากาศ



จะเจริญเติบโตได้ดี จากรายงานในวารสารต่าง ๆ สำหรับน้ำทิ้งประเภทคาร์โบไฮเดรตทำจัดด้วยระบบ Activated Sludge การเพิ่มอาหารในอัตราส่วน 0.25 - 0.3 จะทำให้แบคทีเรียชนิดเส้นยาวเจริญเติบโตได้ดี ประกอบกับเวลาการทดลองในการเปลี่ยนเวลาในการกำจัด 15 - 6 วันนานประมาณ 4 เดือน ซึ่งอาจจะเป็นเวลาที่นานพอที่จะทำให้ห่อลิจีเข้ามามีส่วนในการกำจัดน้ำทิ้งได้

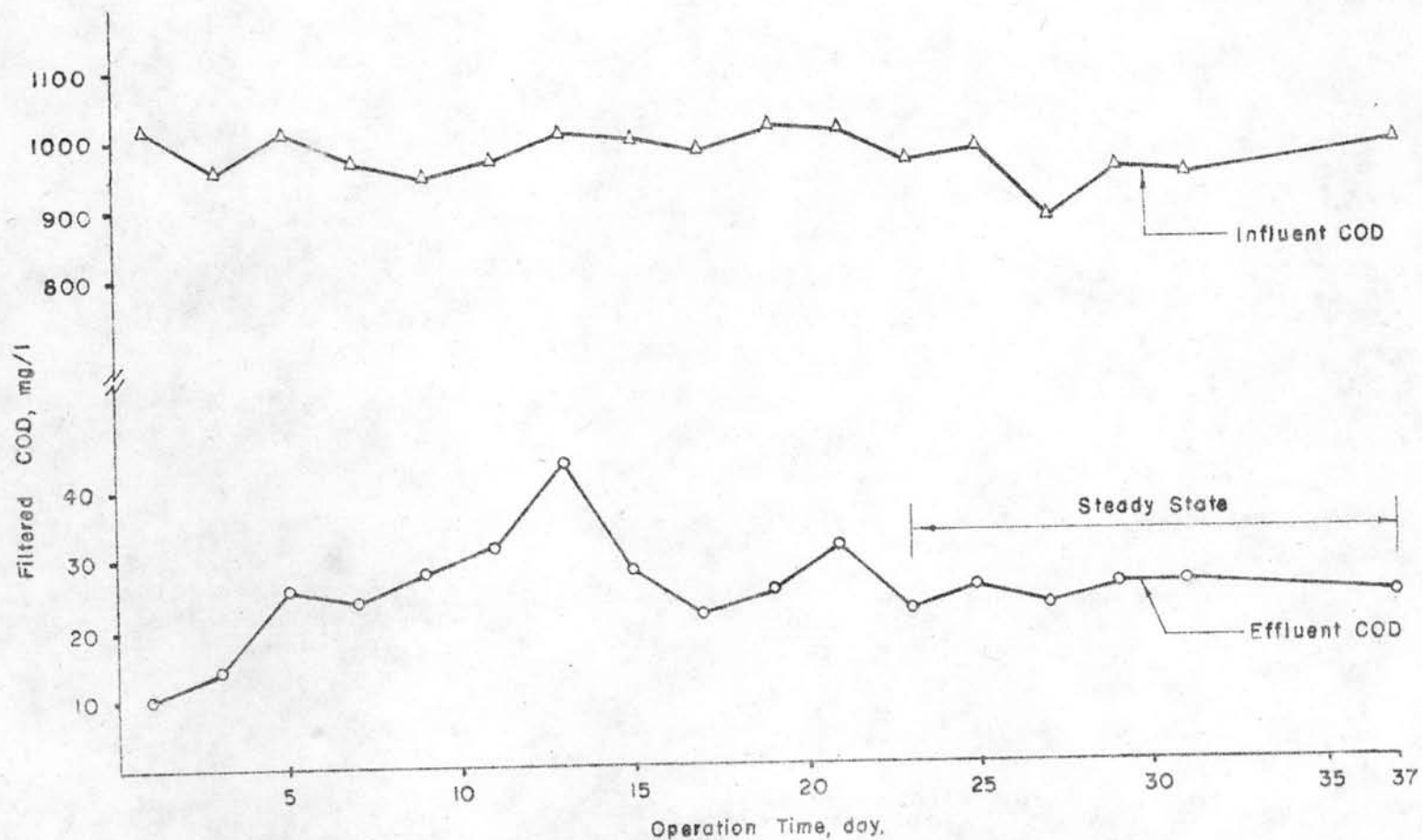
4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัด

การทดลองเริ่มต้นโดยใช้เวลาในการเติมอากาศ 15 วัน เติมน้ำทิ้งเข้าในระบบทั้งสองวันละ 2 ลิตร รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า COD ของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อขนาด 30 ลิตรไปกับระยะเวลาในการทดลอง หลังจากระยะเวลา 15 วัน น้ำทิ้งที่เติมลงไปแทนที่น้ำทิ้งเดิมในบ่อเติมอากาศหมด หลังจากนั้นเพียง 23 วันค่า COD ของน้ำทิ้งจะอยู่ในสถานะคงที่ คือไม่เปลี่ยนแปลงมากนักกับระยะเวลา ทั้งนี้เป็นเพราะอุณหภูมิและคุณลักษณะของน้ำทิ้งก่อนการกำจัดค่อนข้างคงที่ ในการทดลองที่เวลาในการเติมอากาศอื่น ๆ จึงเก็บตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียวหลังจากที่เปลี่ยนอัตราการเติมน้ำทิ้งเป็นเวลานานเท่ากับ 2 เท่าของเวลาในการเติมอากาศ โดยถือว่าตัวอย่างนี้เป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมด เมื่อระบบกำจัดทำงานในสถานะคงที่

ตารางที่ 4.1 การเริ่มต้นการทดลองที่เวลาในการกำจัด 15 วัน

วันที่	น้ำทิ้งก่อนการกำจัด, มก./ล.			น้ำทิ้งหลังการกำจัด, มก./ล.			
	COD	BOD	SS	COD	BOD	MLSS	pH
190419	1020	610	47	10	2	402	7.2
190421	955	540	37	14	2.3	380	7.2
190423	1011	435	28	26	2.0	375	7.3
190425	969	491	45	24	3.5	335	7.4
190427	947	540	40	28	3.2	320	7.3
190429	970	520	37	32	3.2	315	7.3
190501	1012	571	34	44	3.9	279	7.5
190503	1000	486	25	28	3.0	290	7.5
190505	980	554	38	22	3.1	301	7.5
190507	1021	577	34	25	3.5	285	7.4
190509	1010	600	45	32	2.8	295	7.6
190511	967	540	52	22	2.6	285	7.7
190513	989	558	20	26	3.0	280	7.5
190515	882	530	28	23	2.6	274	7.8
190517	954	527	22	26	2.8	290	7.5
190519	944	522	36	26	3.1	250	7.6

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า COD ของน้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัด
 กัมมะระยะเวลาในการกำจัด 15 วัน



ตารางที่ 4.2 และ 4.3 สรุปข้อมูลคุณลักษณะของน้ำทิ้งหลังการกำจัด
 ที่เวลาในการเติมอากาศต่าง ๆ กันภายใต้สภาวะคงที่ รูปที่ 4.4 แสดงความ
 สัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำลาย COD และ BOD กับเวลาในการเติม-
 อากาศ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ของระบบสูงมากระหว่าง
 86 - 96 % สำหรับเวลาในการเติมอากาศตั้งแต่ 2.67 - 15 วัน ส่วน
 ประสิทธิภาพการทำลาย COD มีค่าค่อนข้างต่ำเพียง 24 - 83 % แต่เมื่อนำ
 น้ำทิ้งไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 41 เพื่อกำจัดตะกอนจุลินทรีย์
 ออก ประสิทธิภาพในการทำลาย BOD และ COD จะไม่ต่างกันมากนัก กล่าว
 คือเปอร์เซ็นต์การลด BOD จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 98.4 - 99.7 % ส่วน
 เปอร์เซ็นต์การลด COD เพิ่มขึ้นมากเป็น 89 - 97.2 % แสดงว่าสารอินทรีย์
 หรือ COD ส่วนใหญ่เป็นตะกอนจุลินทรีย์ จึงจะเห็นได้จากค่า MLSS ของน้ำทิ้ง
 หลังการกำจัดในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งเป็นปฏิภาคกลับกับเวลาในการ
 เติมอากาศที่เวลาในการเติมอากาศ 2.67 วัน ซึ่งปริมาณ BOD เข้าสู่ระบบ
 เป็น 2.5 กรัม/วัน ค่า MLSS สูงถึง 483 มก./ล. เมื่อเวลาในการเติม
 อากาศเพิ่มขึ้นหรือปริมาณ BOD ลดลง ค่า MLSS จะลดลงเนื่องจากแบคที-
 รีย่อยในระบบกำจัดนํานและมีอาหารน้อย อัตราการเติบโตสุทธิ (Net Growth)
 จึงต่ำ เพราะส่วนใหญ่แบคทีเรียจะดำรงชีพใน Endogeneous Phase

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพของการกำจัดโดยไขมันเดี่ยว

เวลาในการทดลอง	เวลาในการกำจัด, วัน	อัตราการเติมน้ำทิ้ง, ลิตร/วัน	คุณลักษณะ	นำผานการกำจัด			
				Filtered	% R	Unfiltered	% R
20 พค. 19 -	15	2	BOD, มก./ล.	4	99.4	23.3	95.7
23 มิย. 19			COD, มก./ล.	24	97.6	173	82.7
			MLSS, มก./ล.	-	-	283	-
24 มิย. 19 -	10	3	BOD, มก./ล.	2.5	99.5	52	90.5
24 กค. 19			COD, มก./ล.	38	96.2	406	59.4
			MLSS, มก./ล.	-	-	292	-
25 กค. 19 -	8	3.75	BOD, มก./ล.	2	99.6	38	93.1
4 สค. 19			COD, มก./ล.	23	97.7	537	46.3
			MLSS, มก./ล.	-	-	320	-

Influent COD = 1,000 มก./ล.

pH = 7 - 7.8

BOD/COD = 0.547

Temp. = 28 - 32 ° C.

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดโดยไซมอ 3 บ่อเรียงกันเป็นอนุกรม

เวลาในการทดลอง	เวลาในการกำจัด, วัน	อัตราการเพิ่มน้ำทิ้ง, ลิตร/วัน	คุณสมบัติ	น้ำผานการกำจัด บ่อ 1		น้ำผานการกำจัด บ่อ 2		น้ำผานการกำจัด บ่อ 3							
				Filtered %R	Unfiltered %R	Filtered %R	Unfiltered %R	Filtered %R	Unfiltered %R						
20 พค. 19 -	15	2	BOD, มก./ล.	-	-	-	-	-	-	5	99.1	15.5	97.2		
23 มีย. 19			COD, มก./ล.	-	-	-	-	-	-	15	97.7	95	96.3		
			MLSS, มก./ล.	-	-	245	-	-	-	118	-	-	91	-	
24 มีย. 19 -	10	3	BOD, มก./ล.	9	98.4	52	90.5	3.5	99.4	47	91.4	3.5	99.4	29	94.7
24 กค. 19			COD, มก./ล.	111	88.9	484	51.6	48	95.2	367	63.3	29	97.1	290	71
			MLSS, มก./ล.	-	-	279	-	-	-	233	-	-	-	187	-
25 กค. 19 -	8	3.75	BOD, มก./ล.	1.5	99.7	75	86.3	1.3	99.8	54	90.1	3.5	99.4	43	92.1
4 สค. 19			COD, มก./ล.	28	97.2	754	24.6	18	98.2	537	46.3	28	97	283	71.8
			MLSS, มก./ล.	-	-	483	-	-	-	324	-	-	-	228	-

COD = 1,000 มก./ล.

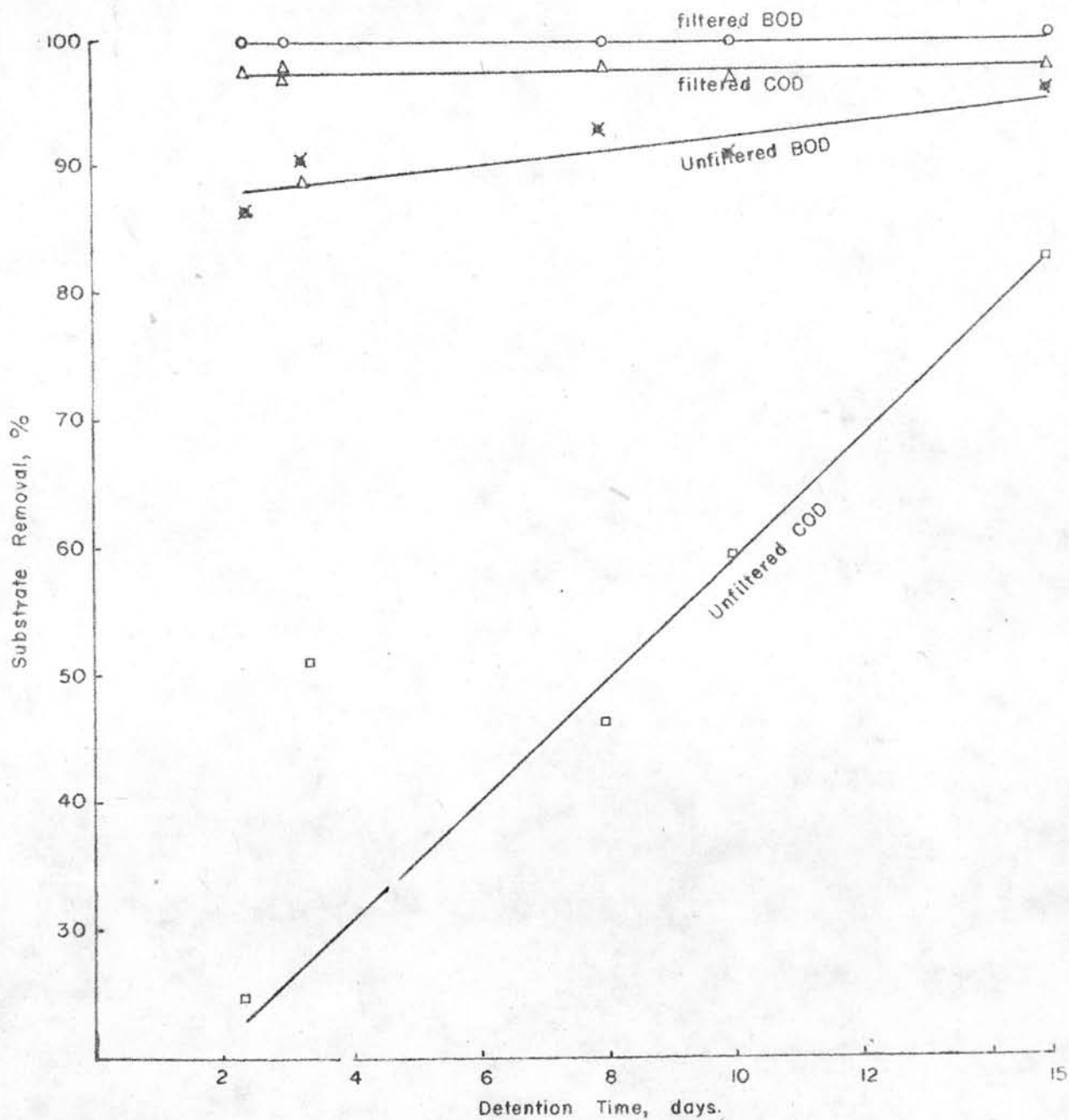
BOD/COD = 0.547

pH = 7 - 7.8

Temp. = 28 - 32 ° C.



รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดกับเวลาในการกำจัด
ของการกำจัดโดยใช้ออกซิเจน



ข้อสังเกตที่สำคัญคือสำหรับน้ำทิ้งประเภทนี้ การกำจัดจะโดยลัดถึง
แม้เวลาในการกำจัดจะสั้นเพียง 2.67 วัน แต่เนื่องจากน้ำทิ้งมีตะกอนแขวนลอยที่เรีย
มาก หากใช้เวลาในการกำจัดสั้น จำเป็นต้องแยกตะกอนออกจากน้ำทิ้ง

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบ่อเติมอากาศทั้งสองระบบ จะ
เห็นได้ว่า ที่เวลาในการเติมอากาศ 10 วัน บ่อเติมอากาศขนาด 30 ลิตร
กำจัด BOD และ COD ได้ 90.5 และ 59.4 % ตามลำดับ และเมื่อกรอง
ตะกอนออก ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD และ COD จะเพิ่มเป็น 99.5 และ
96.2 % ตามลำดับ ส่วนระบบบ่อเติมอากาศขนาด 10 ลิตร 3 บ่อ นั้น ปรากฏ
ว่ากำจัด BOD และ COD ได้ 94.7 และ 71 % ตามลำดับ และเพิ่มเป็น
99.4 และ 97.1 % ตามลำดับ หลังจากที่ยกรองตะกอนแขวนลอยที่เรียออก แสดง
ว่าการไหลบ่อย่อย ๆ หลายบ่อจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการไหลบ่อเดี่ยวเล็กน้อย
แต่การไหลบ่อย่อย ๆ หลายบ่อจะให้น้ำทิ้งมีค่า SS ต่ำกว่า ในกรณีนี้ค่า SS 187
มก./ล. ต่ำกว่าค่า SS 292 มก./ล. ของน้ำทิ้งจากบ่อขนาด 30 ลิตรมาก

ประเด็นที่น่าสนใจคือการเปลี่ยนแปลงของค่า COD, BOD และ MLSS
ของน้ำทิ้งในบ่อขนาด 10 ลิตร แต่ละบ่อ บ่อแรกจะเป็นบ่อที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด
ในการกำจัด COD และ BOD เช่นในกรณีนี้ใช้เวลาในการเติมอากาศ 10 วัน
บ่อแรกกำจัด BOD และ COD ได้ถึง 90.5 % และ 51.6 % ตามลำดับ
ในบ่อที่สองกำจัด BOD และ COD ได้อีกเพียง 9.6 % และ 24.2 % ตามลำดับ
ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด BOD และ COD ทั้งหมดเพิ่มเป็น 91.4 % และ
63.3 % ตามลำดับ ในบ่อสุดท้าย BOD และ COD ถูกกำจัดอีก 38.3 % และ
21 % ตามลำดับ ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด BOD และ COD ทั้งหมดเพิ่มเป็น
96.1 % และ 71 % สำหรับค่า MLSS นั้นลดจาก 279 มก./ล. ในบ่อ
ที่ 1 เหลือ 233 มก./ล. ในบ่อที่ 2 และ 187 มก./ล. ในบ่อสุดท้าย

ตัวเลขเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในบ่อแรกจะอยู่ใน Log Growth Phase แล้วเปลี่ยนไปหา Endogeneous Phase ในบ่อที่ 2 และที่ 3 ดังนั้นบ่อที่ 2 และที่ 3 จึงทำหน้าที่ช่วยย่อยตะกอนแบคทีเรีย เป็นสำคัญ

4.4 สัมประสิทธิ์การทำลายสารอินทรีย์

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อเติมอากาศโดยแบคทีเรียนี้ จะเป็นไปได้ตามสมการ (5)

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{1 + Kt}$$

ซึ่งอาจเขียนได้ใหม่เป็น

$$\frac{S_0 - S}{S_0} = \frac{Kt}{1 + Kt} \quad (21)$$

ถ้าให้

$$R = \frac{S_0 - S}{S_0}$$

= ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD คิดเป็นตัวเลข ทศนิยม

สมการ (21) จะเขียนใหม่ได้เป็น

$$R = \frac{Kt}{1 + Kt}$$

$$\text{หรือ} \quad \frac{1}{R} = \frac{1 + Kt}{Kt} = \frac{1}{Kt} + 1 \quad (22)$$

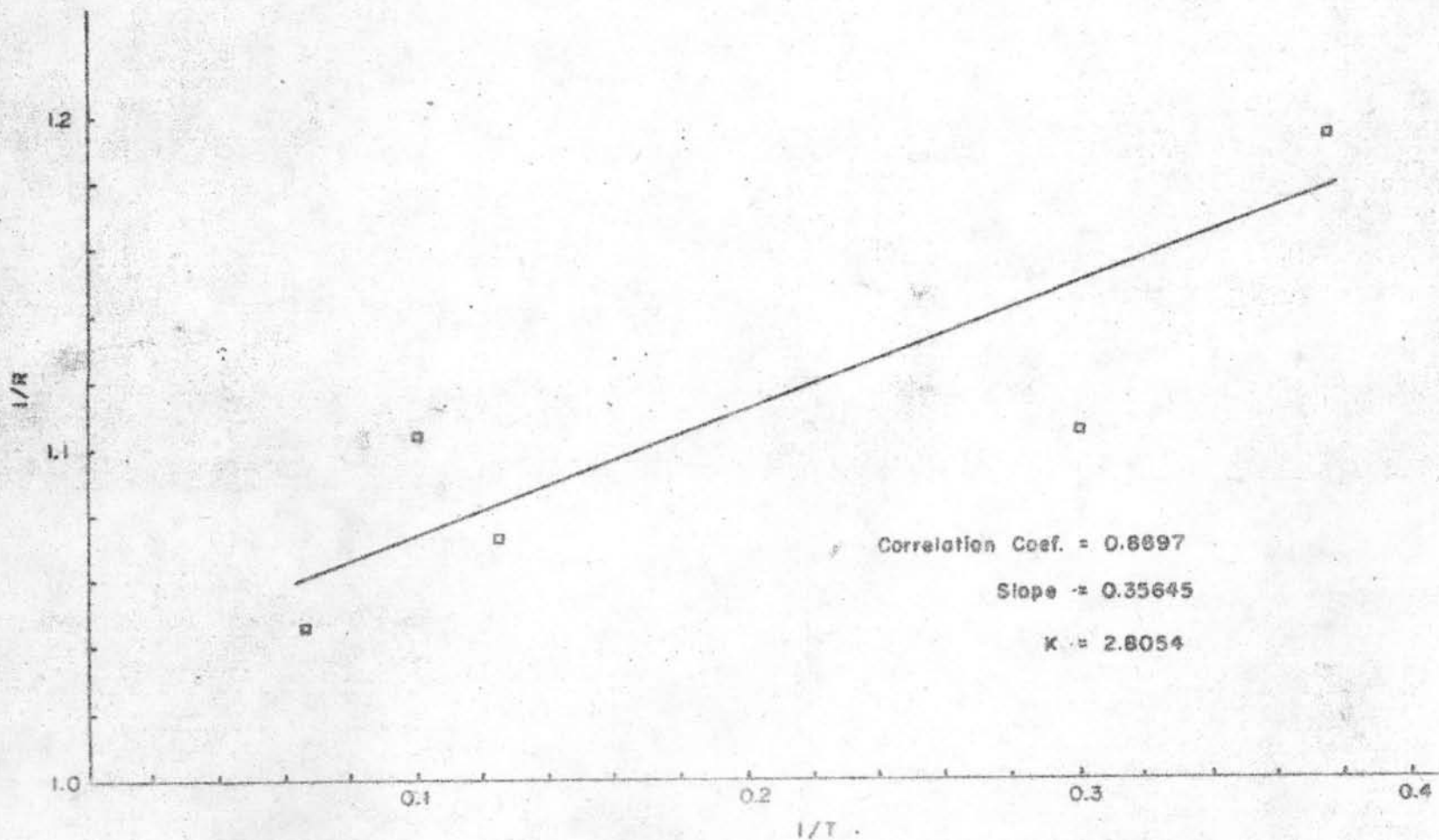
ดังนั้นเมื่อพลอตค่า $\frac{1}{R}$ กับ $\frac{1}{t}$ จะได้เส้นตรงซึ่งมีความชัน (Slope) เท่ากับ $\frac{1}{K}$

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{R}$ กับ $\frac{1}{t}$ ของบ่อเติมอากาศบ่อเดี่ยว การพลอตไอโซพอลเกี่ยวข้องกับในรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า สำหรับค่า Unfiltered BOD นั้นให้สมการเส้นตรงซึ่งมีความชันเท่ากับ 0.356 คิดค่า K ได้ 2.81 ต่อวัน (ดูรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวกที่ ๘.1) ส่วนค่า Unfiltered COD นั้นไม่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง การที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะค่า COD รวมสารอินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งบางสวแบบก็ย่อยสลายไม่ได้

ค่า K ที่คำนวณได้นี้มีค่าค่อนข้างสูงมาก เมื่อเทียบกับค่า K ของระบบกำจัดน้ำทิ้งของโรงงานน้ำตาล ซึ่งมีค่าประมาณ 1 (VISUTHIRUNGSRIURI, 1976) เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองนี้ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล ค่า K ของทั้งสองกรณีจึงเปรียบเทียบกันได้ การที่ค่า K ที่ได้จากการทดลองค่อนข้างสูงนั้นคงเป็นเพราะบ่อเติมอากาศมีลักษณะเป็น Complete Mix ดีกว่า รวมทั้งมีการควบคุมปริมาณอาหารเสริมสร้าง และ pH ดีกว่าด้วย ดังนั้นการนำค่า K ที่ได้จากการทดลองไปใช้ในทางปฏิบัติ จึงอาจจะเป็นค่าที่สูงเกินไป อาจจำเป็นต้องลดค่า K ลง 50 % เพื่อให้ระบบกำจัดทำงานได้อย่างแท้จริง

สำหรับระบบบ่อเติมอากาศขนาด 10 ลิตร 3 บ่อนั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่า BOD และ COD ในบ่อที่ 2 และ 3 มีน้อยมาก ค่า BOD และ COD ต่ำมาก และไม่มีข้อมูลมากพอ จึงไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่า K ได้ อย่างไรก็ตามตัวเลขในตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงอัตราการลดลงของค่า K ในบ่อที่ 2 และที่ 3 เช่นในกรณีที่เวลาในการเติมอากาศทั้งหมดเป็น 8 วัน หรือบ่อละ 2.67 วันนั้น ค่า Unfiltered BOD ในบ่อที่ 2 และที่ 3 ลดลง 28 % และ 20.37 % ตามลำดับ คิดค่า K จากสมการ (5) ได้เพียง 0.145 ต่อวัน และ 0.096 ต่อวัน ตามลำดับ ค่า K นี้ถึงแม้จะไม่ถูกต้อง เพราะคำนวณจากตัวเลขการทดลองสุกเดี่ยว แต่ก็แสดงให้เห็นถึงการผันแปรของค่า K ไปตามขั้นตอนของการกำจัด ในกรณีนี้ค่า K ลดลงอย่างมากภายใต้เมื่อ-

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำลาย BOD กับเวลาในการกำจัด

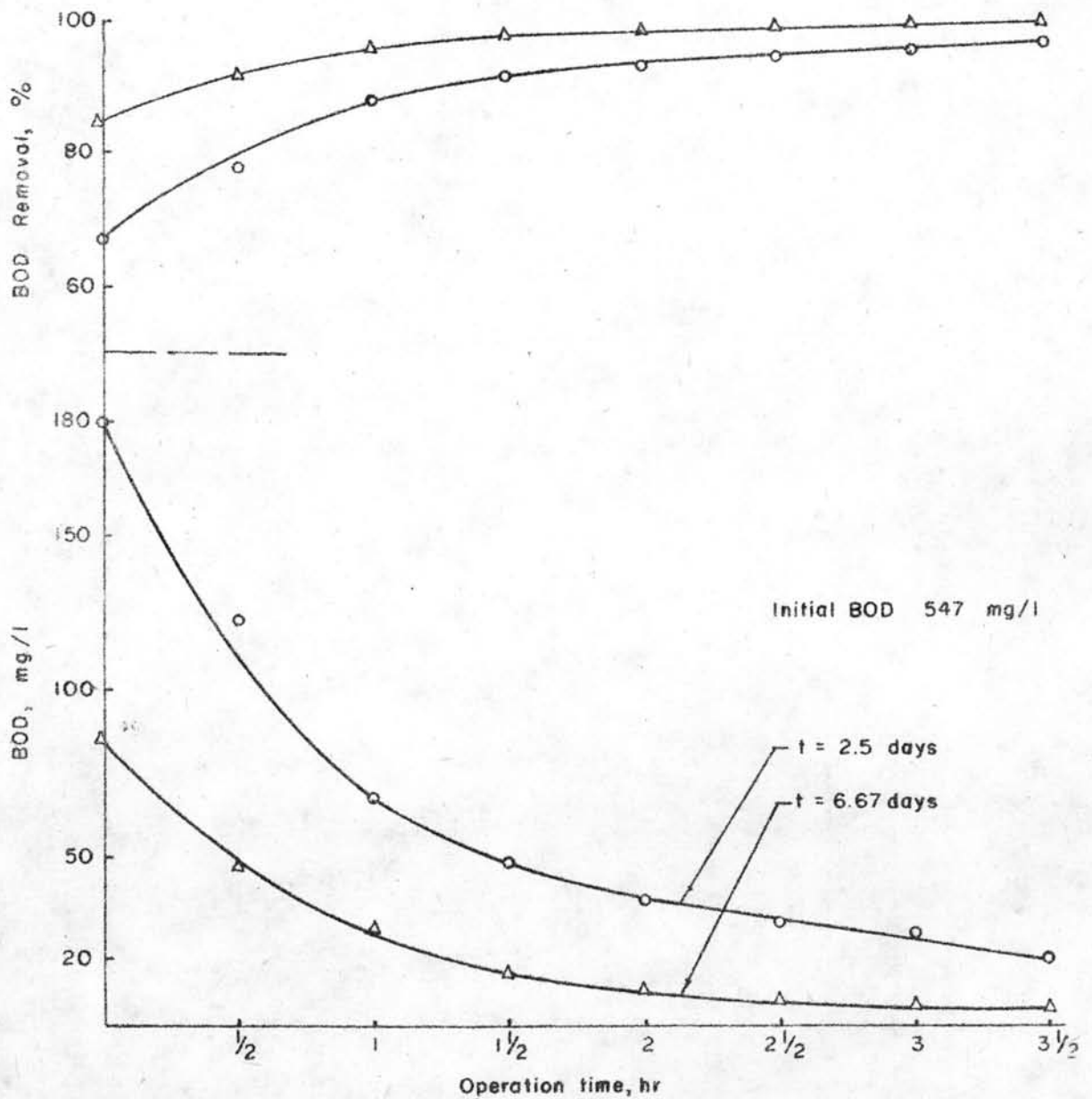


ค่านี้ถึงค่า K ในบ่อแรก ซึ่งสูงถึง 2.81 ต่อวัน

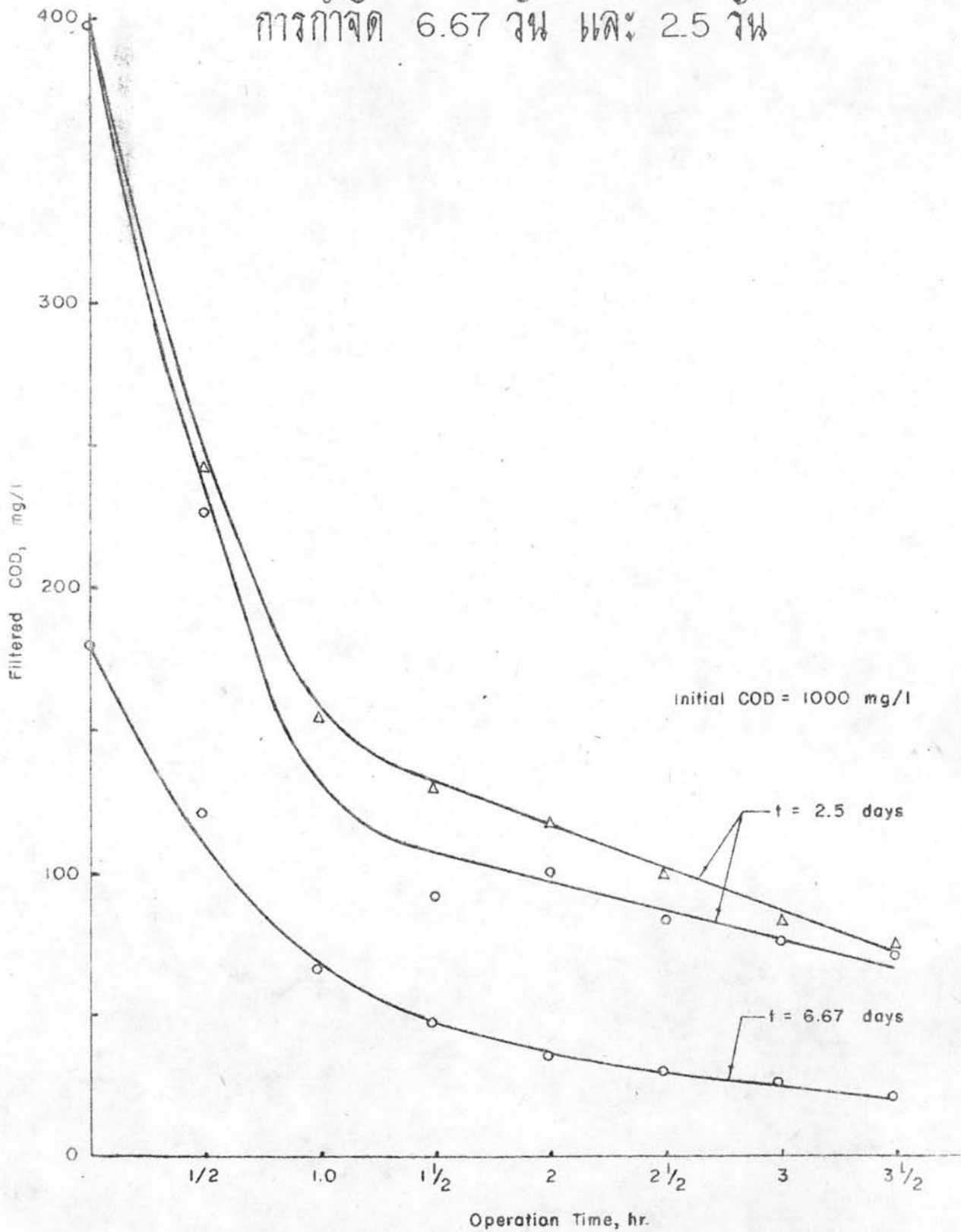
การที่ค่า K ในบ่อที่ 2 และ 3 จะลดลงจากค่า K ในบ่อที่ 1 มากน้อยเพียงใดนั้น ควรจะขึ้นอยู่กับว่าบ่อที่ 1 กำจัดสารอินทรีย์ได้มากน้อยเพียงใด ถ้าวบ่อแรกกำจัด BOD ไม่ไคมาก สารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งที่เข้าสู่อบ่อที่ 2 ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ที่กำจัดไคยาก ค่า K จะต่ำมาก เช่นในกรณีของการทดลองครั้งนี้ ถ้าวบ่อแรกกำจัด BOD ไม่ไคมาก จะยังมีสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายไคง่ายเหลืออยู่มาก ค่า K ในบ่อที่ 2 และที่ 3 จะลดลงไม่มากนัก ในกรณีของระบบบ่อเติมอากาศสำหรับกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาล พบว่าค่า K ของแต่ละบ่อไม่ต่างกัน คงมีค่าประมาณ 1 เท่ากันทุกบ่อ (VISUTHIRUNGSRIURI, 1976)

เนื่องจากค่า BOD ของน้ำทิ้งลดลงอย่างรวดเร็วในบ่อแรก จึงไคคิดตามลักษณะการสลายตัวของสารอินทรีย์นับตั้งแต่เริ่มเติมน้ำทิ้งเข้าสู่อบ่อ รูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า BOD ในช่วงระยะเวลา 3.5 ชั่วโมง หลังจากเติมน้ำทิ้งเข้าสู่อบ่อ สำหรับเวลาในการเติมอากาศ 6.67 วัน และ 2.5 วัน จะเห็นไคว่าเมื่อน้ำทิ้งเข้าสู่อบ่อ ค่า BOD จะลดลงโดยทันที เนื่องจากถูกเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู๋ในบ่อเติมอากาศ ค่า BOD จะลดลงทันทีจาก 547 มก./ล. เหลือเพียง 180 มก./ล. ในกรณีที่เวลาการเติมอากาศเป็น 2.5 วัน และเหลือ 86 มก./ล. ในกรณีที่เวลาในการเติมอากาศเป็น 6.67 วัน จากนั้นค่า BOD จะลดลงอย่างรวดเร็วจนเข้าสู่อุณหภูมิต่ำหลังจากเวลาเพียงประมาณ 3.5 ชั่วโมง โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD จะสูงถึง 96.3 % และ 99.0 % ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเมื่อครบ 24 ชั่วโมง รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า COD ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงของ BOD

รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดที่เวลาในการกำจัด
6.67 วัน และ 2.5 วัน



รูปที่ 4.7 การทำลาย COD ที่เวลาในการกำจัด 6.67 วัน และ 2.5 วัน



การที่ค่า BOD ลดลงอย่างรวดเร็วภายในเวลา 3.5 ชั่วโมงนั้นมิได้หมายความว่า จะสามารถกำจัดน้ำทิ้งนี้ได้โดยใช้เวลาในการเติมอากาศเพียง 3.5 ชั่วโมง เนื่องจากการเติมน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบเป็นแบบ Fill and Draw โดยเติมน้ำทิ้งทุกระยะ 24 ชั่วโมง ดังนั้นเวลา 3.5 ชั่วโมงนี้จึงคิดเป็นเวลาเติมอากาศในระบบ Continuous ได้เป็น 0.973 วัน ในกรณีที่เวลาในการเติมอากาศ 6.67 วัน ($= \frac{3.5}{24} \times 6.67$) และ 0.365 วันในกรณีที่เวลาในการเติมอากาศเป็น 2.5 วัน เวลาในการเติมอากาศนี้แม้ว่าสั้นเกินไป แบบที่เรียบจะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ทันกับที่สูญเสียไปกับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกำจัด ดังนั้น ถ้าเริ่มต้นการกำจัดโดยใช้เวลาในการเติมอากาศเพียง 0.973 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดจะต่ำมาก

4.5 อิทธิพลของอาหารเสริมสร้างที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบกำจัด

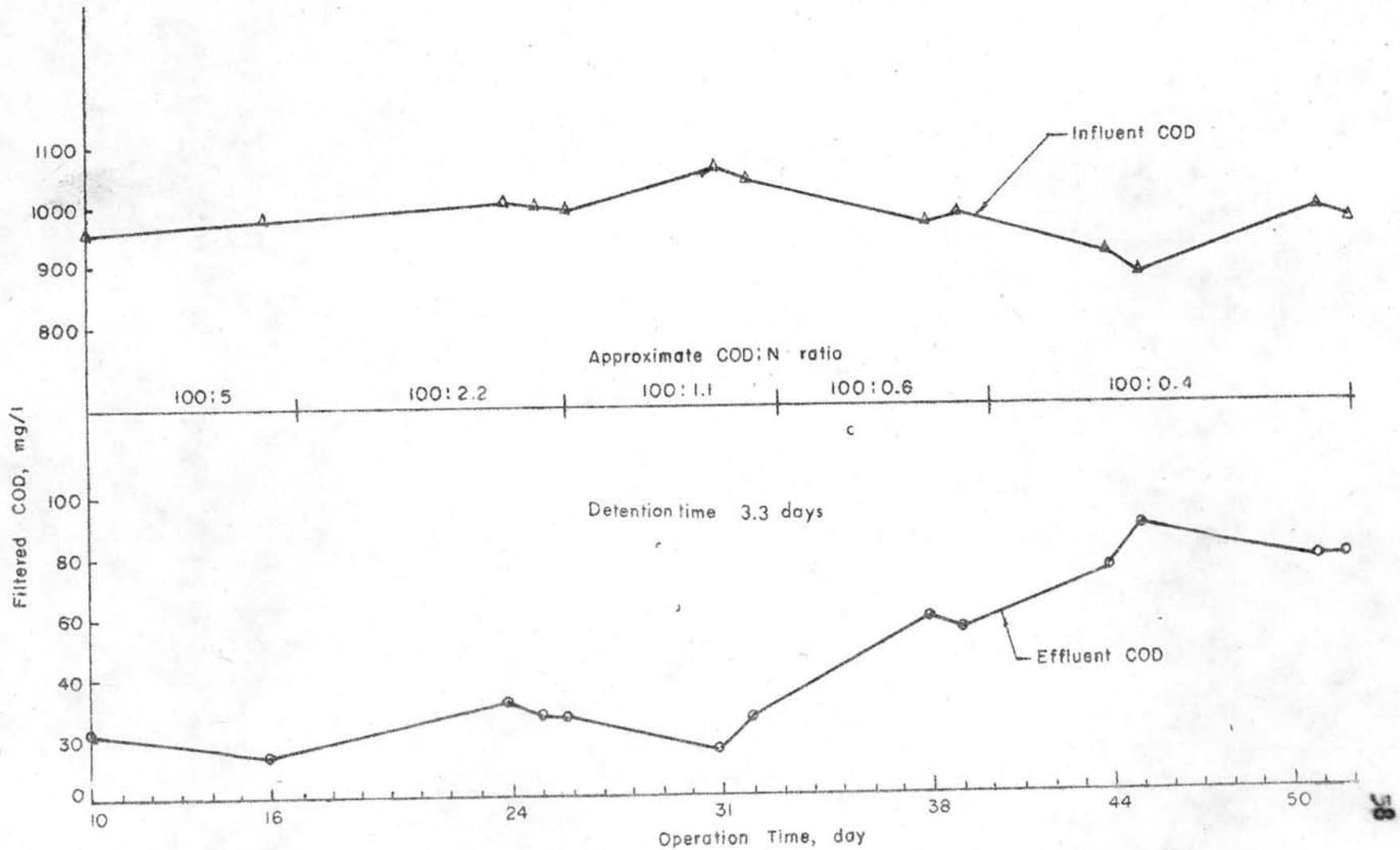
การศึกษาอิทธิพลของไนโตรเจนที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบกำจัดกระทำในบ่อเติมอากาศขนาด 10 ลิตร โดยใช้เวลาในการกำจัด 2.5 วัน การทดลองเริ่มโดยใช้อัตราส่วน COD : N = 100 : 5 หลังจากทดลองในอัตราส่วนนี้ไม่ต่ำกว่า 6 วันจึงลดปริมาณ N ลง การทดลองครอบคลุมอัตราส่วน COD : N ระหว่าง 100 : 5 ถึง 100 : 0.4

รูปที่ 4.8 แสดงการผันแปรของค่า COD กับระยะเวลาในการทดลองที่อัตราส่วน COD : N ต่าง ๆ กัน จะเห็นได้ว่าในช่วงที่อัตราส่วน COD : N มีค่าตั้งแต่ 100 : 5 ถึง 100 : 1.1 ค่า COD ของน้ำทิ้งไม่เปลี่ยนแปลงนัก เมื่ออัตราส่วน COD : N มีค่าลดต่ำกว่า 100 : 1.1 ค่า COD ของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัด BOD และ COD กับปริมาณไนโตรเจน อิทธิพลของไนโตรเจนที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบกำจัด จะปรากฏให้เห็นชัดเมื่ออัตราส่วน BOD : N น้อยกว่า

ตารางที่ 4.4 อิทธิพลของไนโตรเจนที่เวลาในการกำจัด 2.5 วัน

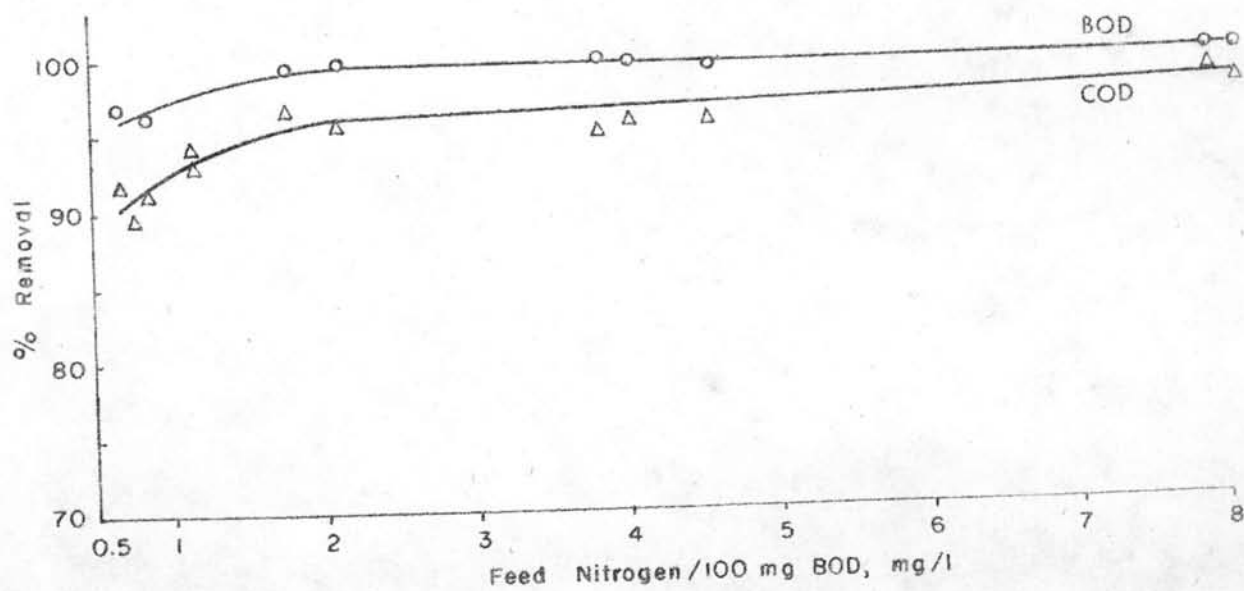
วันที่	น้ำทิ้งก่อนการกำจัด, มก./ล.			อัตราส่วน, %		น้ำทิ้งหลังการกำจัด, มก./ล.				pH	อุณหภูมิ, °C.
	Total-N	COD	BOD	N:COD	N:BOD	Total-N	COD	BOD	MLSS		
200622	42.6	954	540	4.98	7.9	-	21.6	1.1	500	8.5	29
200628	45.1	980	560	4.6	8.1	2.8	13.6	0.9	542	8.5	33
200706	22.12	1019	575	2.19	3.85	0.6	32	1.5	520	8.6	29
200707	22.4	1000	480	2.24	4.66	1.2	26.3	2.5	520	8.75	28
200708	22.4	989	552	2.26	4.06	1.1	26.2	2.3	486	8.55	27
200713	11.5	1067	642	1.08	1.79	1.0	15.5	1.7	506	8.5	29
200714	12.3	1041	577	1.18	2.13	0.9	25.7	0.6	604	8.3	28
200720	6.4	964	544	0.66	1.18	1.2	59	-	568	8.2	28
200721	6.2	989	538	0.63	1.15	0.4	54.1	-	604	8.2	28.5
200726	3.9	920	-	0.42	-	0.7	75.4	-	-	8.45	29
200727	4.1	882	533	0.46	0.77	0.8	89.2	-	512	8.3	27
200802	3.5	994	520	0.35	0.67	0.9	78	15.3	508	8.4	28
200803	4.0	968	464	0.41	0.86	1.0	78	15.8	520	8.4	28

รูปที่ 4.8 อิทธิพลของ N ต่อการกำจัดของระนบ





รูปที่ 4.9 อิทธิพลของ N ต่อประสิทธิภาพการกำจัด



100 : 2 หรือ COD : N น้อยกว่า 100 : 1 ประสิทธิภาพในการกำจัด COD และ BOD ถือว่ามีความคาดหวังในช่วงที่อัตราส่วน BOD : N สูงกว่า 100 : 2 ขึ้นไป ที่อัตราส่วน BOD : N ต่ำกว่านี้ ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดจากเดิมที่อัตราส่วน BOD : N = 100 : 2 เหลือ 96 % ที่อัตราส่วน BOD : N = 100 : 0.7 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD ลดลงเร็วกว่าประสิทธิภาพในการกำจัด BOD

ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า การกำจัดน้ำทิ้งประเภทที่ด้วยระบบบ่อเติมอากาศต้องการไนโตรเจนไม่มากนัก เพียงประมาณ 2 % ของปริมาณ BOD ใดๆก็ตามในทางปฏิบัติอาจจะใช้เพียง 0.7 % เท่านั้น โดยยอมให้ประสิทธิภาพในการกำจัดลดลงบ้างเล็กน้อย ตัวเลขความต้องการไนโตรเจนประมาณ 0.7 → 2 % ของ BOD ที่พบในการทดลองนี้ ใกล้เคียงกับตัวเลขสำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษที่รายงานโดย GELLMAN (1963) ในอัตราส่วน BOD : N = 60 : 1 หรือ 100 : 1.67 การที่ความต้องการไนโตรเจนค่อนข้างต่ำนั้น เป็นเพราะในระบบบ่อเติมอากาศนั้น สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกย่อยสลายเป็นพลังงานมากกว่าที่จะไปใช้ในการสังเคราะห์เซลล์ใหม่ อีกประการหนึ่งอาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในกรณีนี้เป็นอัลจีซึ่งมีความต้องการไนโตรเจนน้อยกว่าแบคทีเรีย

ปริมาณไนโตรเจนที่ความต้องการนั้นน่าจะลดน้อยลงหากเวลาในการกำจัดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์จะดำรงชีพอยู่ใน Endogeneous Phase มากยิ่งขึ้น ใดๆก็ตาม เนื่องจากเวลาในการศึกษาทดลองมีจำกัด จึงมีได้ศึกษาอิทธิพลของไนโตรเจนที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบกำจัดสำหรับเวลาในการกำจัดอื่น ๆ

4.6 อิทธิพลของ pH ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบกำจัด

การศึกษอิทธิพลของ pH ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบกำจัดกระทำในบ่อเติมอากาศขนาด 10 ลิตร ใช้เวลาในการกำจัด 25 วัน การทดลองกระทำ

ในช่วงค่า pH ระหว่าง 5 - 10 รูปที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Total Alkalinity pH ของน้ำในบ่อเติมอากาศ และค่า COD ของน้ำทิ้งจากบ่อเติมอากาศหลังจากที่กรองตะกอนแบคทีเรียออกแล้ว

ก่อนเริ่มการทดลอง pH ของน้ำในบ่อเติมอากาศมีค่าประมาณ 8 เมื่อเติมน้ำทิ้งที่มีค่า pH 5 ลงไป ปรากฏว่าในระยะ 3 - 4 วันแรกค่า COD ของน้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัดแล้วจะเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย จากนั้นจะกลับลดลงอีกจนกลับคืนระดับเดิมภายในเวลา 3 - 4 วันต่อมา ในช่วงที่น้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบมีค่า pH 7 - 10 นั้น ประสิทธิภาพในการกำจัดไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะเห็นได้จากค่า COD ของน้ำทิ้งที่คงที่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่า Total Alkalinity จะเพิ่มขึ้นก็ตาม ข้อสังเกตที่สำคัญคือ ค่า pH ของน้ำทิ้งในบ่อเติมอากาศแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วงระหว่าง 7 - 9 ตลอดเวลาถึงแม้ในช่วงที่ค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบจะลดลงเหลือเพียง 5 ก็ตาม อย่างไรก็ตาม ค่า Total Alkalinity ของน้ำในบ่อเติมอากาศแปรผันไปตามค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบ ซึ่งเป็นธรรมดาเพราะ Total Alkalinity นั้นเกี่ยวพันอย่างใกล้ชิดกับค่า pH

เมื่อวิเคราะห์การผันแปรของค่า COD จะเห็นได้ชัดว่า บ่อเติมอากาศในกรณีนี้สามารถเปลี่ยนแปลงค่า pH ในทางที่เป็นตรงได้ดีกว่าในทางที่เป็นกรด ทั้งนี้เป็นเพราะในระบบกำจัดที่ใช้เวลาในการเติมอากาศนาน เช่นระบบบ่อเติมอากาศ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นจะละลายน้ำกลายเป็น H_2CO_3 ซึ่งจะช่วยให้ละลายค่างได้

ตารางที่ 4.5 อิทธิพลของ pH ที่เวลาในการกำจัด 2.5 วัน

วันที่	pH		น้ำทิ้งก่อนการกำจัด, มก./ล.		น้ำทิ้งหลังการกำจัด, มก./ล.			
	ของน้ำทิ้ง	ของน้ำในระบบกำจัด	COD	BOD	COD	BOD	MLSS	Alkalinity
200718	7.0	8.0	-	-	-	-	-	-
200719	7.0	8.3	1000	604	35	5.1	486	301
200720	7.0	8.35	969	554	44	6.7	494	355
200721	7.0	8.3	989	538	36.9	6.1	538	344
200722	7.0	8.15	-	-	-	-	-	330
200723	7.0	8.0	-	-	-	-	-	326
200724	7.0	8.4	-	-	-	-	-	326
200725	7.0	8.1	-	-	-	-	-	322
200726	7.0	8.4	920	-	51.1	7.6	520	317
200727	5.0	8.3	882	533	55.4	>7.3	520	315
200728	5.0	8.1	957	527	55	>7.8	460	240
200729	5.0	7.6	-	-	80.5	>7.6	-	180
200730	5.0	7.95	-	-	82.5	>7.9	-	179
200731	5.0	7.9	-	-	-	-	-	-
200801	5.0	7.65	-	-	-	-	-	-
200802	5.0	8.1	994	520	36.8	5.4	466	149

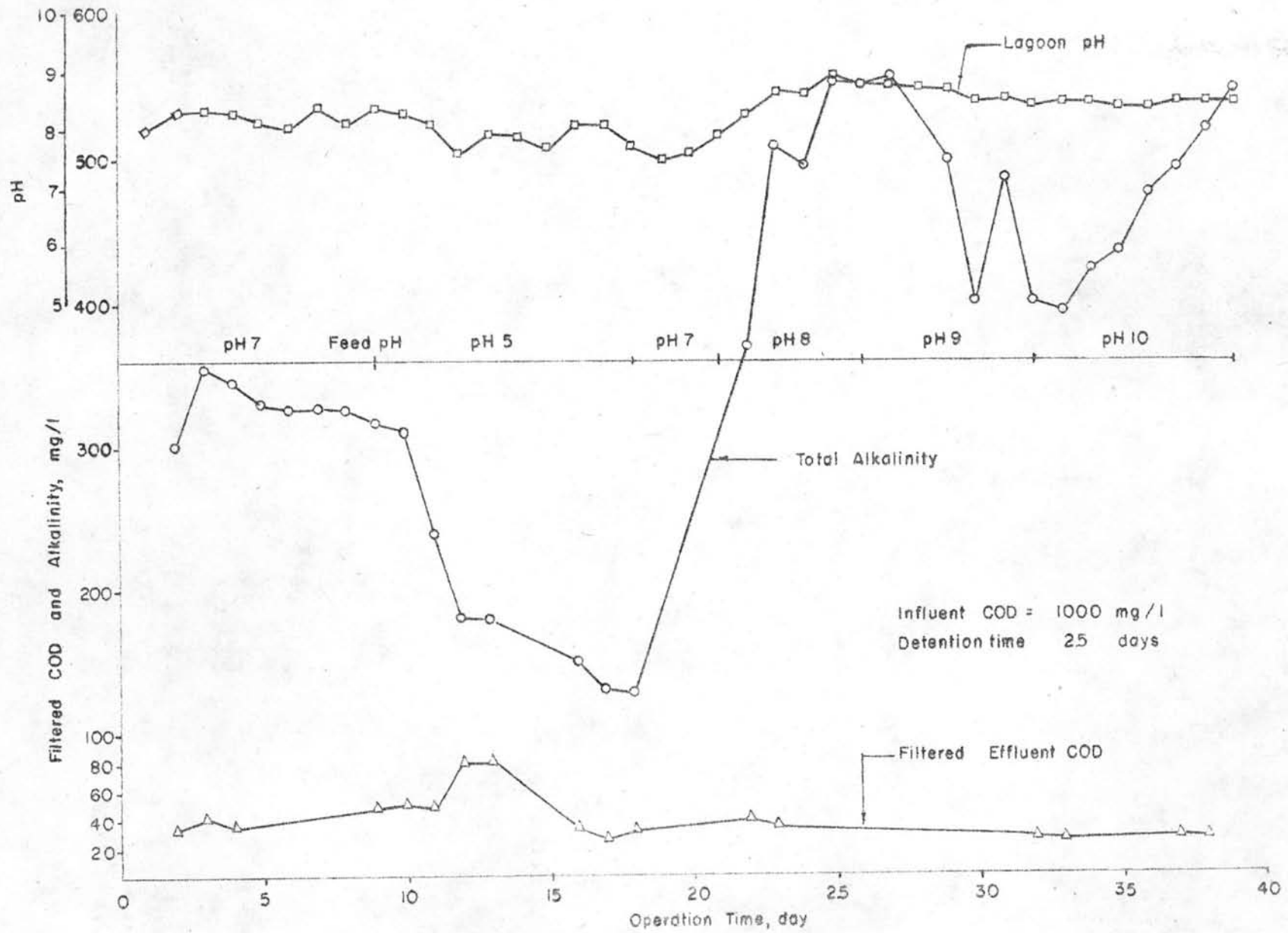
ตารางที่ 4.5 อิทธิพลของ pH ที่เวลาในการกำจัด 2.5 วัน (ต่อ)

วันที่	pH		น้ำทิ้งก่อนการกำจัด, มก./ล.		น้ำทิ้งหลังการกำจัด, มก./ล.			
	ของน้ำทิ้ง	ของน้ำในระบบกำจัด	COD	BOD	COD	BOD	MLSS	Alkalinity
200803	5.0	8.1	968	464	26	1.3	490	132
200804	7.0	7.7	-	-	33	-	-	127
200805	7.0	7.5	-	-	-	-	-	-
200806	7.0	7.6	-	-	-	-	-	-
200807	8.0	7.9	-	-	-	-	-	-
200808	8.0	8.3	984	-	41.2	1.9	554	368
200809	8.0	8.65	949	462	35.7	1.5	540	509
200810	8.0	8.6	-	-	17	-	-	493
200811	8.0	8.8	-	-	-	-	-	557
200812	8.0	8.8	994	575	24	1.9	418	554
200813	9.0	8.8	964	581	12	0.7	-	547
200814	9.0	8.7	-	-	-	-	-	390
200815	9.0	8.7	-	-	-	-	-	502
200816	9.0	8.5	1000	520	-	-	434	406
200817	9.0	8.55	-	-	27	1.3	450	489
200818	10.0	8.4	1060	558	26	1.1	472	406

ตารางที่ 4.5 อิทธิพลของ pH ที่เวลาในการกำจัด 2.5 วัน (ต่อ)

วันที่	pH		น้ำทิ้งก่อนการกำจัด, มก./ล.		น้ำทิ้งหลังการกำจัด, มก./ล.			
	ของน้ำทิ้ง	ของน้ำในระบบกำจัด	COD	BOD	COD	BOD	MLSS	Alkalinity
200819	10.0	8.5	-	-	-	-	-	394
200820	10.0	8.5	-	-	-	-	-	422
200821	10.0	8.4	-	-	-	-	-	438
200822	10.0	8.4	-	-	-	-	-	478
200823	10.0	8.5	990	516	28	0.9	504	496
200824	10.0	8.5	992	562	28	1.1	541	523
200825	10.0	8.5	-	-	-	-	-	550

รูปที่ 4.10 อิทธิพลของ pH ต่อระบบกำจัด



4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง MLSS กับ BOD และ COD

ในการกำจัดน้ำทิ้งควยระบบบอเติมอากาศแบบ Complete Mix ค่า SS ของน้ำทิ้งที่ออกจากบอเติมอากาศจะเท่ากับค่า MLSS ของบอเติมอากาศ ตะกอนแบคทีเรียที่ปนติดไปกับน้ำทิ้งนี้ ส่วนหนึ่งจะทำให้ค่า BOD และ COD ของน้ำทิ้งที่ออกจากบอกำจัดสูงขึ้น เช่นในกรณีค่า MLSS เป็น 483 มก./ล. ค่า BOD สูงถึง 75 มก./ล. แต่เมื่อกรองตะกอนออก ค่า BOD จะลดลงเหลือเพียง 1.5 มก./ล. เท่านั้น ดังนั้นค่า BOD และ COD จึงมีความสัมพันธ์กับค่า MLSS

รูปที่ 4.11 และ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unfiltered COD และ Unfiltered BOD กับค่า MLSS ซึ่งจะเห็นได้ว่าพอประมาณได้เป็นเส้นตรง เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Least Square ก็จะได้รายละเอียดในภาคผนวก พบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$$\text{MLSS} = 46.75 + 5.098 (\text{BOD}) \quad (23)$$

หรือ $\text{BOD} = 0.196 \text{ MLSS} - 9.17$

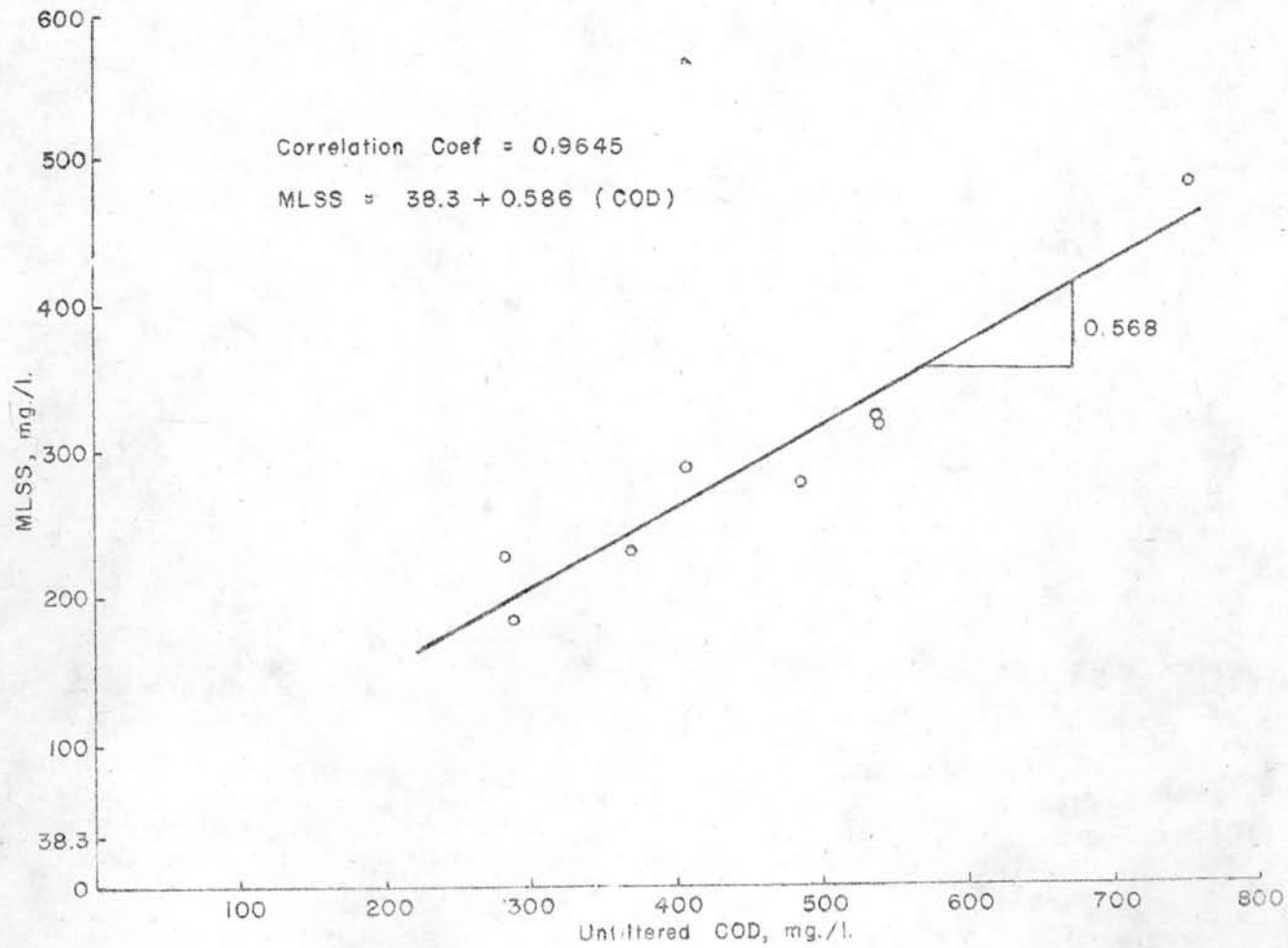
และ $\text{MLSS} = 38.3 + 0.586 (\text{COD})$

หรือ $\text{COD} = 1.706 \text{ MLSS} - 65.36 \quad (24)$

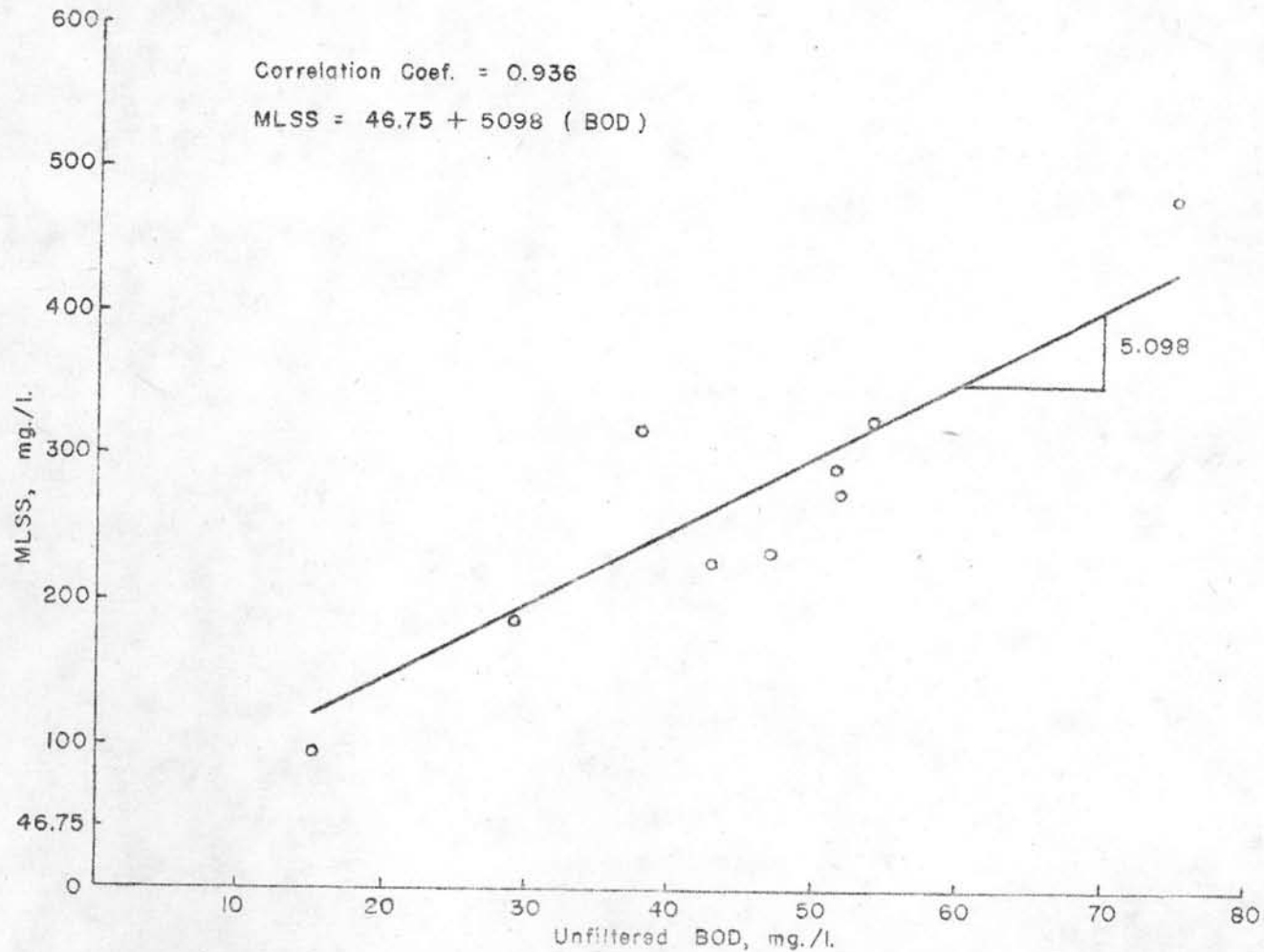
สมการ (23) และ (24) สามารถใช้ประมาณค่า COD และ BOD ของน้ำทิ้งชนิดนี้ได้จากค่า MLSS ซึ่งจะมีประโยชน์ในทางปฏิบัติเพราะการวิเคราะห์ค่า COD และ BOD ต้องใช้เวลามากกว่า SS นอกจากนี้สมการ (23) และ (24) ช่วยให้เห็นได้ชัดว่า ค่า BOD ส่วนใหญ่ในน้ำทิ้งหลังจากการกำจัดเป็นตะกอนมากกว่าสารละลาย

เมื่อทดลองพลอตค่า Unfiltered BOD กับค่า Filtered BOD
และค่า Unfiltered COD กับค่า Filtered COD ปรากฏว่าไม่มี ความ
สัมพันธ์กันดังจะเห็นได้ในรูปที่ 4.13 และ 4.14

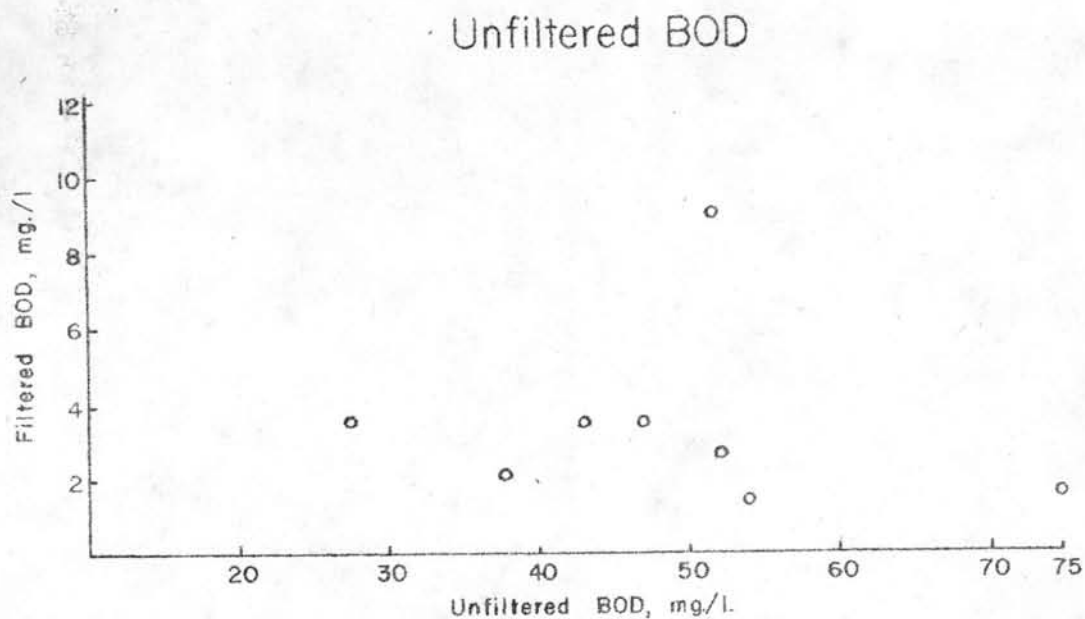
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Unfiltered COD กับ MLSS



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Unfiltered BOD กับ MLSS



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Filtered BOD กับ



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Filtered COD กับ

